

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YALIN LOJİSTİK TABANLI SİSTEMİN BAĞIMSIZLIK  
VE BİLGİ AKSİYOMLARI KULLANILARAK  
TASARLANMASI VE BİR FİRMA UYGULAMASI**

Endüstri Yük. Müh. Engin KURTCAN

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi** : 08 Temmuz 2009  
**Tez Danışmanı** : Prof. Dr. Mesut ÖZGÜRLER (YTÜ)  
**Jüri Üyeleri** : Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU (İTÜ)  
: Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL (YTÜ)  
: Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)  
: Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN (YTÜ)

**İSTANBUL, 2009**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	vi
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xiv
ÖNSÖZ .....	xv
ÖZET .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE LOJİSTİK.....	4
2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi.....	4
2.1.1 Tedarik Zinciri Çeşitleri .....	5
2.1.2 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı .....	7
2.2 Lojistiğin Tanımı ve Önemi .....	8
2.2.1 Lojistiğin Bölümleri .....	9
2.2.2 Lojistik Yönetiminde Performans Ölçütleri .....	10
2.2.3 Tedarik Zinciri ve Lojistik İlişkisi .....	11
2.2.4 Tedarik Zinciri (TZ) Stratejileri .....	12
2.2.4.1 İtme Tabanlı TZ Stratejisi .....	12
2.2.4.2 Çekme Tabanlı TZ Stratejisi .....	13
2.2.4.3 İtme-Çekme Hibrit Sistem TZ Stratejisi .....	14
3. YALIN DÜŞÜNCE VE YALIN LOJİSTİK.....	15
3.1 Yalın Üretim.....	15
3.1.1 Yalın Üretimin Tanımı .....	15
3.1.2 Yalın Üretim Sisteminin Teknikleri .....	17
3.1.3 Yalın Üretimde İsraf.....	17
3.2 Yalın Lojistik Kavramı ve Önemi .....	21
3.2.1 Yalın Lojistiğin Amacı ve Sağladıkları.....	23
3.2.2 Geleneksel Lojistik ile Yalın Lojistik Arasındaki Farklar .....	24
3.2.3 Yalın Lojistiğin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkisi .....	26
3.2.4 Yalın Lojistik Sisteminde Tedarikçiler ile İlişkiler.....	26
3.2.5 Yalın Lojistik Teknikleri .....	27
3.2.5.1 Üçüncü Parti Lojistik .....	28
3.2.5.2 Dördüncü Parti Lojistik .....	29
3.2.5.3 Doğrudan Ambara Nakliyeler .....	30
3.2.5.4 Döngüsel Sefer ve Çapraz Havuzlama Sistemleri.....	31
3.2.5.4.1 Döngüsel Seferin Kullanımı ve Uzak Tedarikçiler .....	33

3.2.5.4.1.1	Tedarikçi Depolarının Müşteri Fabrikaya Yakın Olması Yaklaşımı .....	33
3.2.5.4.1.2	Lokal-Uzaklıktaki Döngüsel Sefer Yaklaşımı .....	34
3.2.5.4.1.3	Tedarikçilerin Yakınında Olan Bir Çapraz Havuzlama Sistemiyle Lokal-Uzak Döngüsel Sefer Yaklaşımı.....	35
3.2.5.4.1.4	Uzak Mesafe Döngüsel Sefer Yaklaşımı .....	35
3.2.5.4.2	Döngüsel Sefer için Kullanılabilecek Kamyon Türleri.....	35
3.2.5.4.3	Çapraz Havuzlama Sistemi .....	36
3.2.5.4.3.1	Çapraz Havuzlama Sistemi Uygulanan ve Uygulanmayan Durumların Karşılaştırılması .....	38
3.2.5.5	Döngüsel Sefer ile Çapraz Havuzlama Entegrasyonu.....	39
3.2.5.6	Fabrika İçi Döngüsel Sefer Sistemi.....	40
3.2.5.7	Özelleşmiş Taşıma Şebekeleri .....	41
3.2.5.8	Ambar Yönetim Sistemi (WMS).....	42
3.2.5.9	Tedarikçi Kontrolündeki Envanter Yönetimi (VMI) Vendor Managed Inventory) .....	43
3.2.5.10	Kartonu Kübik Olarak Bölme (Carton Cubing).....	43
3.2.5.11	Römorku Kübik Olarak Bölme (Trailer Cubing).....	43
3.2.5.12	Karışık Paletlerin İnşası.....	43
3.2.5.13	Malzemelerin Fabrika İçine Getirilme Stratejileri .....	44
3.2.5.13.1	Body-on-Sequence Stratejisi .....	44
3.2.5.13.2	Süpermarket Stratejisi .....	44
4.	YALIN LOJİSTİK TEKNİKLERİNDEN DÖNGÜSEL SEFER VE ÇAPRAZ HAVUZLAMA SİSTEMLERİ .....	45
4.1	Döngüsel Sefer Taşıma Sistemi .....	45
4.1.1	Döngüsel Sefer Taşıma Sistemi Avantajları .....	45
4.1.2	Döngüsel Sefer Taşıma Sisteminin Dezavantajları .....	46
4.1.3	Döngüsel Sefer Taşıma Sisteminin Uygulanışı.....	46
4.1.4	Bir A Otomobil Firması (Alman Otomobil Firması) için Lojistik Sağlayıcısı X Lojistik A.Ş. Tarafından Uygulanan Döngüsel Sefer Projesi.....	47
4.1.4.1	X Lojistik ve A Otomobil Firması Arasındaki Hizmet Yapısı.....	47
4.1.4.2	Döngüsel Sefer Sistemi .....	54
4.1.5	B Otomobil Firmasının Türkiye'deki Fabrikası için Lojistik Sağlayıcısı Y Lojistik A.Ş. Tarafından Uygulanan Döngüsel Sefer Projesi.....	58
4.1.5.1	B Otomobil Firması ile Y Lojistik Sağlayıcısı Arasındaki Operasyon Yönetimi.....	58
4.1.5.2	B Fabrikası – Y Lojistik Firması Arasındaki Sürekli Sevkiyat Örnek Prosesleri .....	59
4.1.5.3	Y Lojistik Firması Sürekli Sevkiyat Teknolojileri .....	62
4.1.5.4	Döngüsel Sefer Operasyonu.....	64
4.1.5.5	Optimum Araç Planlaması için Taşıyıcı Lojistik Firması ve Tedarikçi Firmanın Uygulamadaki Ortak Sorumlulukları .....	68
4.1.5.6	B Otomobil Firmasının Türkiye Fabrikası ve C Otomobil Firmasının (Japon Otomobil Firmasının) Türkiye Fabrikası Arasındaki Döngüsel Sefer Yönetim Farklılıkları .....	72
4.1.5.7	Sürekli Sevkiyat Sisteminin Sağladığı Sonuçlar .....	73
4.1.5.8	Sistem Geliştirme ve İyileştirme .....	73
4.2	Çapraz Havuzlama Sistemi ve Uygulanma Durumları .....	74
4.2.1	Çapraz Havuzlama Sisteminin Ön Koşulları .....	75

4.2.2	Çapraz Havuzlama Sisteminin Avantajları .....	76
4.2.3	Çapraz Havuzlama Sisteminin Dezavantajları .....	77
4.2.4	Çapraz Havuzlama Sisteminin Adım Adım Uygulanması .....	77
4.2.5	Z Lojistik Firmasında Çapraz Havuzlama Sistemi Uygulaması ve İş Akışı .....	80
5.	YALIN TABANLI LOJİSTİK SİSTEMLERİ (DÖNGÜSEL SEFER- ÇAPRAZ HAVUZLAMA) İÇİN TASARIM METODOLOJİSİ .....	85
5.1	Yöntem Hakkında Genel Bilgi .....	85
5.2	Ön Hazırlık Aşaması ( $T_0$ ) .....	88
5.3	Bulanık Mantık .....	89
5.3.1	Bulanık Kümeler ve Bulanık Sayılar .....	91
5.3.1.1	Bulanık Kümeler .....	91
5.3.1.2	Bulanık Sayılar .....	93
5.3.1.3	Bulanık Sayılarda İşlemler .....	94
5.3.1.4	Üyelik Fonksiyonları .....	95
5.3.1.5	Birleşme Özelliği .....	100
5.3.1.6	Kesişme Özelliği .....	101
5.3.1.7	Evrik Alma Özelliği .....	101
5.3.1.8	Standart Formlar ve Sınırlar .....	102
5.3.1.9	Bulanık Kümelerde Kural Tabanı ve Çıkarım Süreci .....	102
5.3.1.10	Bulanıklaştırma .....	103
5.3.1.11	Çıkarım .....	105
5.3.1.12	Durulaştırma .....	106
5.3.1.12.1	Ağırlık Merkezi Yöntemi .....	106
5.3.1.12.2	Ağırlıklı Ortalama Yöntemi .....	107
5.3.1.12.3	En Büyük Üyelik Derecesi .....	107
5.4	Bulanık Aksiyomlarla Tasarım .....	107
5.4.1	Bulanık Bilgi Aksiyomu Yaklaşımı ( $T_1$ ) .....	107
5.4.2	Ağırlıklı Bulanık Bilgi Aksiyomu Yaklaşımı ( $T_2$ ) .....	109
5.4.3	Sonuçların Değerlendirilmesi ve Yöntemin Kararlaştırılması ( $T_3$ ) .....	110
5.5	Tasarım Yöntemleri ve Aksiyomlarla Tasarım ( $T_4$ ) .....	110
5.5.1	Tasarım .....	110
5.5.2	Çeşitli Tasarım Yöntemleri .....	113
5.5.3	Aksiyomlarla Tasarım .....	114
5.5.3.1	Aksiyomlarla Tasarımın Amacı .....	114
5.5.3.2	Aksiyomlarla Tasarım Terimleri .....	115
5.5.3.3	Tasarımın Fonksiyonel İhtiyaçları .....	115
5.5.3.4	Bilgi Sahaları ve Haritalandırma .....	116
5.5.3.5	Tasarımın Zikzak ile Ayrıştırılması .....	117
5.5.3.6	Aksiyomlarla Tasarım Aksiyomları .....	117
5.5.3.7	Tasarım Sonuçları .....	118
5.5.3.8	Tasarım Teoremleri .....	120
5.5.3.9	Tasarım Matrisi .....	121
5.5.3.10	Bilgi İçeriğinin Hesaplanması .....	122
5.6	Tasarımın Uygulanması ( $T_5$ ) .....	125
5.7	Tasarımın Belirlenen Performans Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi ( $T_6$ ) ....	126
5.8	AD İlkelerine Göre Performans Geliştirme Prosedürü ( $T_7$ ) .....	126
5.9	Mevcut Taşıma Sisteminin Geliştirilmesi ( $T_8$ ) .....	126
5.10	Yeni Hedeflerin Belirlenmesi ( $T_9$ ) .....	126

6.	AKSİYOMLARLA TASARIM LİTERATÜR TARAMASI.....	127
6.1	Aksiyomlarla Tasarım Literatürü .....	127
7.	YALIN LOJİSTİK SİSTEMİ İÇİN ÖNERİLEN TASARIM METODOLOJİSİ UYGULAMASI .....	139
7.1	En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulaması .....	139
7.2	En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Ağırlıklandırılmış Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulaması .....	174
7.3	Yalın Lojistik Sisteminin Aksiyomlarla Tasarım Prensiplerine Göre Tasarımı	181
7.4	Aksiyomlarla Tasarım Prensiplerine Göre Performans Geliştirme Prosedürü .	225
8.	SONUÇLAR .....	252
	KAYNAKLAR.....	255
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	264
	EKLER.....	265
Ek 1	En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulamasının Hesaplamaları .....	266
Ek 2	En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Ağırlıklandırılmış Bulanık Aksiyomatik Tasarım Uygulaması Hesaplamaları .....	277
	ÖZGEÇMİŞ .....	284

## SİMGE LİSTESİ

$I$	Bilgi içeriği
$p$	Fonksiyonel ihtiyacı gerçekleştirme olasılığı
$dr$	Tasarım aralığı
$dr^l$	Sistemin alt sınırı
$dr^u$	Sistemin üst sınırı
$p_s$	Sistem olasılık yoğunluk fonksiyonu
$s_r$	Sistem aralığı
$c_r$	Ortak alan
$A_{sr}$	Sistem aralığının altındaki alan
$A_{cr}$	Ortak aralığın altındaki alan
$w_j$	j Kriterinin ağırlığı
$p_{ij}$	i. Yöntemin j kriterini (fonksiyonel ihtiyacını) gerçekleştirme olasılığı
$I_{ij}$	i. Yöntemin j kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iTK}$	i. Yöntemin teslim kalitesi kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iTS}$	i. Yöntemin teslim süresi kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iE}$	i. Yöntemin esneklik kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iSM}$	i. Yöntemin stok maliyeti kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iTM}$	i. Yöntemin taşıma maliyeti kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iKK}$	i. Yöntemin koordinasyon kolaylığı kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iU}$	i. Yöntemin uygunluk kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iG}$	i. Yöntemin güvenilirlik kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$I_{iGR}$	i. Yöntemin geçerlilik ve rekabet kriteri için elde edilen bilgi içeriği
$x_a$	X ekseninde herhangi bir sayı
$x_b$	X ekseninde herhangi bir sayı
$x_s$	Risk derecesinin durulaştırılmış değeri
$\mu$	Üyelik derecesi
$\mu_A(x)$	x Değerinin A kümesindeki üyelik derecesi

## KISALTMA LİSTESİ

3PL	Üçüncü Parti Lojistik
4PL	Dördüncü Parti Lojistik
A1	Bağımsızlık Aksiyomu
A2	Bilgi Aksiyomu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AD	Axiomatic Design – Aksiyomlarla Tasarım
Ado-oSS	Axiomatic Design of Object-Oriented Software Systems – Amaç Odaklı Yazılım Sisteminin Aksiyomlarla Tasarımı
ANP	Analytical Network Process – Analitik Ağ Prosesi
ASN	Advance Shipment Notice – Elektronik İrsaliye
ATF	Ambar Tesellüm Fişi
CAD	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
CAE	Computer Aided Engineering – Bilgisayar Destekli Mühendislik
CAs	Customer Appetite – Müşteri İhtiyaçları
CE	Concurrent Engineering – Eş Zamanlı Mühendislik
CKD	Complete Knock Down – Araç Montajı İçin Gerekli Olan Tüm Takımlar
ÇH	Çapraz Havuzlama
DCI	Daily Call in – Üretim Planlamadan Alınan Üretim Programları
DFM	Design for Manufacturing – Üretim İçin Tasarım
DFSS	Design for Six Sigma – 6 Sigma İçin Tasarım
DM	Dağıtım Merkezi
DPs	Design Parameters – Tasarım Parametreleri
DS	Döngüsel Sefer
EDI	Electronic Data Interchange – Elektronik Bilgi Değişimi
EPS	Expanded Polistiren – Genleştirilmiş Polistiren
ERP	Enterprise Resource Planning – İşletme Kaynakları Planlaması
FIFO	First in First Out – İlk Giren İlk Çıkar
FMEA	Failure Mode Effect and Analysis – Hata Türü Etkileri ve Analizi
FOSN	Firm of Otomobile Supply Network – Otomobil Firması Tedarikçi Ağı
FRs	Functional Requirement – Fonksiyonel Gereksinim
GPS	Global Positioning System – Global Pozisyonlama Sistemi
IT	Information Technologies – Bilgi Teknolojileri
JIT	Just in Time – Tam Zamanında Üretim
LIFO	Last in First Out – Son Giren İlk Çıkar
LLP	Lead Logistics Provider – Ana Lojistik Sağlayıcısı
LTL	Less Than Truck Load – Tam Yüklü Olmayan Araç
MGL	Metro Group Lojistik
MSDD	Manufacturing System Design Decomposition – Üretim Sistemi Tasarımı Ayırışımı
NASA	National Aeronautics and Space Administration – ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OEE	Overall Equipment Efficiency – Ekipman Etkinlik Oranı
OEM	Original Equipment Manufacturers – Orjinal Ekipman Üreticileri
OPLOG	Optimum Logistics System – En İyi Lojistik Sistemi
PVs	Process Variables – Proses Değişkenleri
PWT	Powertrain
QFD	Quality Function Deployment – Kalite Fonksiyon Yayılımı
RD	Robust Design – Robust Tasarım
ROI	Return on Investment – Yatırımın Geri Dönüşü

SMED	Single Minute Exchange of Dies – Tek Dakikada Kalıp Değiştirme
SPC	Statistical Process Control – İstatistiksel Proses Kontrolü
TL	Truck Loaded – Tam Yüklü Araç
TMS	Transportation Management System – Taşıma Yönetim Sistemi
TPM	Total Productive Maintenance – Toplam Üretken Bakım
TTİ	Toplu Taşıma İrsaliyesi
TRIZ	Theory of Inventive Problem Solving – Yaratıcı Problem Çözme Teorisi
TZ	Tedarik Zinciri
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
VA	Value Analysis – Değer Analizi
VMI	Vendor Managed Inventory – Tedarikçi Kontrolündeki Envanter Yönetimi
WIP	Work in Process – Süreç İçi Stok
WMS	Warehouse Management System – Depo Yönetim Sistemi



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Tedarik zinciri safhaları ..... 4
Şekil 2.2	Tedarik zincirinde ürün akışı..... 5
Şekil 2.3	Temel tek safhalı tedarik zinciri ..... 6
Şekil 2.4	Çok safhalı tedarik zinciri ..... 6
Şekil 2.5	Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları..... 7
Şekil 2.6	Tedarik zincirindeki lojistik faaliyetler ..... 11
Şekil 2.7	Müşteri ve tedarikçi arasında e-kanban akışı ..... 13
Şekil 2.8	Müşteriyi kanbanlarla sorumlu tutmak ..... 14
Şekil 3.1	Yalın üretimde başarı faktörleri ..... 16
Şekil 3.2	Üçüncü parti lojistik ..... 29
Şekil 3.3	Döngüsel sefer ve çapraz havuzlama sistemleri..... 31
Şekil 3.4	a) Çoklu üreticilere döngüsel sefer sistemi b) Çoklu tedarikçilerden döngüsel sefer sistemi ..... 32
Şekil 3.5	Sürekli sevkiyat sisteminde örnek bir bilgi akışı yapısı ..... 33
Şekil 3.6	Yerel bir depo kullanan uzaktaki tedarikçi ..... 34
Şekil 3.7	“Slip-Seat” sistemli yerel uzak döngüsel sefer ..... 34
Şekil 3.8	Uzak mesafe döngüsel sefer yaklaşımı ..... 35
Şekil 3.9	Arkadan yüklenene karşın yandan yüklenen kamyon..... 36
Şekil 3.10	Çapraz havuzlama sisteminin yapısı ..... 37
Şekil 3.11	Dağıtım merkezinden yapılan taşıma (çapraz havuzlama) ..... 38
Şekil 3.12	Çapraz havuzlama sistemi uygulanmadan önceki durum ..... 38
Şekil 3.13	Çapraz havuzlama sisteminin uygulandığı sistem ..... 39
Şekil 3.14	a) Dağıtım merkezi sonrası (çapraz havuzlama – döngüsel sefer) b) Dağıtım merkezi öncesi (dağıtım merkezi – çapraz havuzlama)..... 40
Şekil 3.15	Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer (döngüsel sefer – çapraz havuzlama – döngüsel sefer) ..... 40
Şekil 3.16	Fabrika içi döngüsel sefer ..... 41
Şekil 3.17	Süpermarkete dağıtım ..... 44
Şekil 4.1	X lojistik firmasının A otomobil fabrikasına sunduğu hizmet yapısı ..... 47
Şekil 4.2	İtme sistemine göre temin ..... 48
Şekil 4.3	Çekme sistemine göre temin ..... 49
Şekil 4.4	Süreç içerisinde bilgi akışı ..... 49
Şekil 4.5	Yerli imalatçılardan gelen malzeme hacmi ..... 52
Şekil 4.6	Yıllara göre araç sevki..... 52
Şekil 4.7	Tedarikçi ile LLP arasındaki bilgi akışı ..... 53
Şekil 4.8	Döngüsel sefer örnek yapısı ..... 54
Şekil 4.9	Döngüsel sefer sistemi işleyişi ..... 55
Şekil 4.10	Belirlenen sürekli sevkiyat rotaları ile toplama sistemi ..... 55
Şekil 4.11	A firması döngüsel sefer uygulaması ..... 56
Şekil 4.12	Operasyon yönetiminin yapısı..... 59
Şekil 4.13	Taşıma prosesleri..... 60
Şekil 4.14	Sefer çalışma prosesi ..... 61
Şekil 4.15	Gece operasyonu prosesi ..... 62
Şekil 4.16	OPLOG menüsü ..... 63
Şekil 4.17	Sürekli sevkiyat operasyonu..... 65
Şekil 4.18	B otomobil fabrikası sürekli sevkiyat sistemi ..... 66
Şekil 4.19	Çok tedarikçi ile döngüsel sefer sistemi..... 67
Şekil 4.20	E-Kanban sistemi ..... 67
Şekil 4.21	Sistem geliştirme ve iyileştirme prosedürü ..... 74

Şekil 4.22	Çapraz havuzlama sisteminin avantajları .....	77
Şekil 4.23	Çapraz havuzlama operasyonunda adımlar-a .....	79
Şekil 4.24	Çapraz havuzlama operasyonunda adımlar-b .....	79
Şekil 4.25	a) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı başlangıcı .....	81
	b) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 1. bölüm .....	82
	c) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 2. bölüm .....	83
	d) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 3. bölüm .....	84
Şekil 5.1	Geri beslemeli yalın taşıma sistemi tasarım prosedürü .....	87
Şekil 5.2	Klasik mantık modeli .....	93
Şekil 5.3	Bulanık mantık modeli .....	93
Şekil 5.4	Mesafe bulanık alt kümeleri .....	96
Şekil 5.5	Bitişik dikdörtgen gösterim .....	97
Şekil 5.6	Örtüşmeli üçgen gösterim .....	97
Şekil 5.7	Bir bulanık kümenin çekirdek, destek ve sınır kısımları .....	98
Şekil 5.8	Subnormal bulanık küme .....	99
Şekil 5.9	Konveks normal bulanık küme .....	99
Şekil 5.10	Konveks olmayan normal bulanık küme .....	100
Şekil 5.11	Bulanık kümelerin birleşme özelliği .....	100
Şekil 5.12	Bulanık kümelerin kesişme özelliği .....	101
Şekil 5.13	Bulanık kümelerin evrik alma özelliği .....	102
Şekil 5.14	Bir girdi altkümesinin bir çıktı altkümesine gitmesi .....	103
Şekil 5.15	Servis kalitesi değişkeninin üyelik fonksiyonu .....	104
Şekil 5.16	Yemek kalitesi değişkeninin üyelik fonksiyonu .....	104
Şekil 5.17	İki girdi değişkeninin bulanıklaştırılması .....	105
Şekil 5.18	Bahış miktarı değişkeninin üyelik fonksiyonu .....	105
Şekil 5.19	Bulanık çıkarım kümesi .....	106
Şekil 5.20	Ağırlık merkezi yöntemi ile durulaştırma .....	106
Şekil 5.21	Ağırlıklı ortalama yöntemiyle durulaştırma .....	107
Şekil 5.22	Ölçülemeyen faktörler için sayısal yaklaşım sistemi .....	108
Şekil 5.23	Ölçülebilen faktörler için sayısal yaklaşım sistemi .....	108
Şekil 5.24	Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı .....	109
Şekil 5.25	Tasarımdan beklentiler .....	112
Şekil 5.26	Değişik faaliyet alanlarının ürün tasarım sürecine katkıları .....	113
Şekil 5.27	Tasarımın kontrol geri besleme çevrimi .....	113
Şekil 5.28	AD'nin temel işleyişi .....	115
Şekil 5.29	Aksiyomlarla tasarımda ürün geliştirme alan modeli .....	116
Şekil 5.30	Zikzak ile ayırıştırma .....	117
Şekil 5.31	Sonuçların aksiyomlarla ilişkisi .....	119
Şekil 5.32	Fonksiyonel ihtiyaçlar için tasarım aralığı, sistem aralığı ve ortak aralık-1 .....	124
Şekil 5.33	Fonksiyonel ihtiyaçlar için tasarım aralığı, sistem aralığı ve ortak aralık-2 .....	124
Şekil 5.34	Tekdüze olasılık dağılımı .....	125
Şekil 7.1	Alternatif olarak belirlenen tüm sevkiyat tekniklerinin aynı harita üzerinde gösterimi .....	140
Şekil 7.2	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	146
Şekil 7.3	Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	147
Şekil 7.4	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	147
Şekil 7.5	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	148
Şekil 7.6	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	148

Şekil 7.7	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	149
Şekil 7.8	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	150
Şekil 7.9	Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması..	150
Şekil 7.10	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	151
Şekil 7.11	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	151
Şekil 7.12	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	152
Şekil 7.13	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	153
Şekil 7.14	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	154
Şekil 7.15	Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	154
Şekil 7.16	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	155
Şekil 7.17	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	156
Şekil 7.18	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	156
Şekil 7.19	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	157
Şekil 7.20	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	158
Şekil 7.21	Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	158
Şekil 7.22	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	159
Şekil 7.23	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	160
Şekil 7.24	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	160
Şekil 7.25	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	161
Şekil 7.26	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	162
Şekil 7.27	Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	162
Şekil 7.28	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	163
Şekil 7.29	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	163
Şekil 7.30	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	164
Şekil 7.31	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	165
Şekil 7.32	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	165
Şekil 7.33	Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması..	166
Şekil 7.34	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	167
Şekil 7.35	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	167
Şekil 7.36	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	168
Şekil 7.37	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	169
Şekil 7.38	Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	170

Şekil 7.39	Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması..	170
Şekil 7.40	DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	171
Şekil 7.41	Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	171
Şekil 7.42	Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	172
Şekil 7.43	Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması .....	173
Şekil 7.44	Çapraz havuzlama merkezinin ve tedarikçilere uygulanacak çapraz havuzlama yönteminin harita üzerinde gösterimi .....	180
Şekil 7.45	Yalın lojistik (döngüsel sefer- çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması .....	182
Şekil 7.46	Yalın lojistik (döngüsel sefer- çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FRn-DPn) .....	183
Şekil 7.47	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR11n-DP11n) .....	185
Şekil 7.48	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR2n-DP2n) .....	188
Şekil 7.49	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR21n-DP21n) .....	189
Şekil 7.50	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR3n-DP3n) .....	192
Şekil 7.51	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR34n-DP34n) .....	194
Şekil 7.52	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR341n-DP341n) .....	196
Şekil 7.53	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR342n-DP342n) .....	199
Şekil 7.54	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR35n-DP35n) .....	201
Şekil 7.55	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR351n-DP351n) .....	202
Şekil 7.56	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR352n-DP352n) .....	204
Şekil 7.57	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR4n-DP4n) .....	207
Şekil 7.58	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR41n-DP41n) .....	208
Şekil 7.59	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR413n-DP413n) .....	210
Şekil 7.60	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR42n-DP42n) .....	211
Şekil 7.61	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR422n-DP422n) .....	213
Şekil 7.62	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR422n-DP422n) .....	214
Şekil 7.63	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR44n-DP44n) .....	216
Şekil 7.64	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR441n-DP441n) .....	217

Şekil 7.65	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR442n-DP442n).....	219
Şekil 7.66	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR5n-DP5n).....	221
Şekil 7.67	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR52n-DP52n).....	222
Şekil 7.68	Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR53n-DP53n).....	224
Şekil 7.69	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1-DP1).....	226
Şekil 7.70	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1n-DP1n).....	227
Şekil 7.71	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR11n-DP11n).....	228
Şekil 7.72	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR111n-DP111n).....	229
Şekil 7.73	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR12n-DP12n).....	231
Şekil 7.74	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR121n-DP121n).....	233
Şekil 7.75	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR122n-DP122n).....	235
Şekil 7.76	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR123n-DP123n).....	236
Şekil 7.77	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR124n-DP124n).....	238
Şekil 7.78	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR13n-DP13n).....	240
Şekil 7.79	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR131n-DP131n).....	241
Şekil 7.80	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR132n-DP132n).....	243
Şekil 7.81	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR133n-DP133n).....	244
Şekil 7.82	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1331n-DP1331n).....	246
Şekil 7.83	Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1332n-DP1332n).....	247
Şekil 7.84	Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması.....	250
Şekil 7.85	Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistemin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması.....	251

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri .....	16
Çizelge 3.2 Yalın lojistiğin sağladığı ölçülebilir sonuçlar .....	24
Çizelge 3.3 Geleneksel lojistik anlayışı ile yalın lojistik kavramı arasındaki farklar .....	24
Çizelge 3.4 Yalın lojistiğin düşünce sisteminde tedarikçi-üretici arasındaki ilişkinin, yalın lojistik öncesi dönem ile kıyaslanması .....	27
Çizelge 3.5 Farklı taşıma şebeke modellerinin avantajları ve dezavantajları .....	42
Çizelge 4.1 LLP ile beraber sunulan yeni sürecin eski süreçle karşılaştırılması .....	51
Çizelge 4.2 Geleneksel yöntemle döngüsel sefer sisteminin karşılaştırılması .....	57
Çizelge 4.3 A otomobil fabrikasının döngüsel sefer uygulamasının sonuçları ve malzeme akışındaki avantajlar .....	58
Çizelge 4.4 B ve C fabrikaları arasındaki sürekli sevkiyat yönetim farklılıkları .....	72
Çizelge 6.1 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-1 .....	127
Çizelge 6.2 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-2 .....	128
Çizelge 6.3 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-3 .....	129
Çizelge 7.1 Alternatif teknikler için sistem aralık verisi .....	143
Çizelge 7.2 Lojistik uzmanlarının belirlediği tasarım aralık verisi .....	143
Çizelge 7.3 Taşıma yöntemleri için bilgi içeriği sonuçları .....	173
Çizelge 7.4 Ağırlıklandırılmış bulanık aksiyom için karşılaştırma tablosu .....	174
Çizelge 7.5 Ağırlıklı bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar .....	179
Çizelge 7.6 Bulanık aksiyomatik tasarım ve ağırlıklı aksiyomatik tasarım yöntemleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması .....	179

## ÖNSÖZ

Hızlı bir değişim içinde olan dünyamızda, tüm firmalar, departmanlar ve süreçler sürekli bir gelişim içinde olma zorunluluğundadır. Bu değişim tüm proseslere kar, zaman ve enerji kazandıracak nitelikte olmalıdır. Bu aşamada yalın düşünce bünyesinde barındırdığı muda (israf) eliminasyonuna yönelik teknikleri ve felsefeleri ile maliyet düşürmede kullanılabilecek en etkili araçlardan biri olmaktadır. Yalın düşünce felsefesi tüm değer katan ve katmayan süreçlerin ayrılmasını, kayıpların belirlenmesini, nedenlerinin derinlemesine analiz edilmesini, kayıpların nedenleriyle beraber ortadan kaldırılmasını ve yapı içerisinde hiçbir israf unsuru ve faktörü kalmamasını hedefleyen bir düşünce yapısıdır.

Yalın düşünce felsefesi ilk olarak Japonya’da “Yalın üretim” adı altında üretim sektöründe uygulanmış, verimlilik ve üretkenlik verilerinde yüksek artışlar, maliyet kalemlerinde önemli azalmalar elde edilmiştir. Japon sanayiindeki bu gelişmeye tanık olan diğer dünya ülkelerinin de yalın üretim tekniklerini bünyelerinde uygulamaları ve olumlu sonuçlar elde etmeleriyle beraber yalın düşünce felsefesi tüm dünyada popüler bir hale ulaşmıştır. Yalın düşünce ve beraberinde getirdiği rekabet üstünlüğü sağlayan sonuçların lojistik sektörüne uygulanmasıyla “Yalın lojistik” kavramı elde edilmiştir. Her geçen gün önemi ve firma sayısı artan lojistik sektöründe, bünyesinde yalın teknikleri uygulayan firmalar büyük rekabet üstünlükleri sağlamaya başlamışlardır.

Yalın lojistik sisteminin günümüzün rekabetçi ortamında lojistik sektöründe kullanılması gereken kaçınılmaz bir teknik olduğuna, tüm yeni sistemlerin tasarlanmasında aksiyomlarla tasarım yönteminin çok etkili ve önemli bir klavuz niteliği taşıdığına ve yalınlaşma sürecinde önerdiğim bulanık mantık ve aksiyomlarla tasarım tekniklerini kapsayan bir metodolojiye değindiğim tez çalışmamın hazırlanması sırasında ve tezi hazırlama sürecinde sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesini benimle paylaşıp bana her koşulda manevi destek olan çok değerli hocam Prof. Dr. Mesut ÖZGÜRLER’e, tez izleme sürecinde ve tezin şekillenmesinde öneri ve destekleri ile çalışmaya değer katan, kendi konularında uzman olan değerli hocalarım Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU, Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN, Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN’e ve eğitimim süresince emeği geçen tüm hocalarıma, tez çalışmam süresince yorulmadan ve yılmadan fikirleri ve emekleriyle bana her türlü yardımı sağlayan, her zaman manevi desteğiyle beni güçlü kılan ve her alanda yanımda olduğunu bildiğim sevgili Kim. Müh. G. Ceyda ÖZTÜRK’e, bugünlere gelmemde çok büyük emek veren, sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim ve hissedeceğim çok değerli annem Ayfer KURTCAN’a, çok değerli babam Güngör KURTCAN’a, sevgili ablam Deniz KURTCAN’a ve canım yeğenim D. Can AKKUŞ’a teşekkürlerimi sunarım.

Endüstri Yüksek Mühendisi Engin KURTCAN  
İstanbul, 2009

## ÖZET

Yalın lojistik yalın düşünce felsefesinin lojistik boyutudur. Yalın lojistiğin ilk amacı doğru malzemeyi doğru yere doğru miktarda ve doğru sunumla ulaştırmaktır. İkinci amacı bunların hepsini verimli olarak gerçekleştirmektir.

Döngüsel sefer ve çapraz havuzlama, yalın lojistik hedeflerine ulaşabilmek için kullanılabilecek iki yalın lojistik tekniğidir. Döngüsel sefer sisteminde bir araç tek bir tedarikçiden birçok perakendeciye veya birçok tedarikçiden tek bir perakendeciye ürünleri dağıtır. Çapraz havuzlama sisteminde ise birçok tedarikçiden küçük sevkiyatlarda araçlarla gelen ürünler gideceği her bir tedarikçi için tek bir araca yüklenir. Bu tekniklerin amacı taşımanın maliyetini düşürmek ve verimliliğini arttırmaktır.

Aksiyomlarla tasarım, tasarım aktiviteleri için bilimsel bir temel kuran bir araçtır. Birinci tasarım aksiyomu, fonksiyonel gereksinimlerin bağımsızlığını sürdürmeyi amaçlayan bağımsızlık aksiyomudur, ikinci aksiyom bilgi içeriğini en azlamayı amaçlayan bilgi aksiyomudur.

Bu çalışmada, gerçek bir vaka için alternatif taşıma yöntemleri arasında en az bilgi içeriğine sahip olan en uygun taşıma yönteminin seçimi, bulanık aksiyomlarla tasarım ve ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemleriyle yapılmış ve her iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Seçilen taşıma yönteminin tasarımı bağımsızlık aksiyomu kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca tasarlanan sistem performansını sürekli olarak geliştirmek için bağımsızlık aksiyomu kullanılarak performans geliştirme sistemi tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tedarik zinciri, lojistik, yalın lojistik, çok ölçütlü analiz, aksiyomlarla tasarım



# **DESIGNING OF LEAN LOGISTICS BASED SYSTEM USING INDEPENDENCE AND INFORMATION AXIOMS AND A FIRM APPLICATION**

## **ABSTRACT**

Lean logistics is the logistics dimension of lean thinking philosophy. Its first objective is to deliver the right materials to the right locations, in the right quantities and in the right presentations. Its second objective is to do all of them efficiently.

Milk run and cross dock are two lean logistics techniques which can be used to reach lean logistics targets. Milk run is a system in which a truck either delivers product from a single supplier to multiple retailers or goes from multiple suppliers to a single retailer. In cross dock system products arriving from many suppliers on trucks by breaking each shipment into smaller shipments that are then loaded onto trucks going to each retail store. The main goals of these systems are to decrease costs and increase efficiency of transportation.

Axiomatic design is a tool which establishes a scientific basis for design activities. The first design axiom is known as the independence axiom which aims at maintaining the independence of functional requirements, the second axiom is known as the information axiom which aims to minimize the information content.

In this study, an application of selecting the most appropriate transportation method among the alternative transportation methods has been done using fuzzy axiomatic design and weighted fuzzy axiomatic design and results of both methods have been compared. The design of selected method has been done using independence axiom. Additionally, performance development system has been designed using independence axiom in order to improve designed system performance continuously.

**Key Words:** Supply chain, logistics, lean logistics, multi-attribute analysis, axiomatic design

## 1. GİRİŞ

Dünyamızda hızlı bir teknolojik ve ekonomik gelişme yaşanmaktadır. Bu gelişmeler küreselleşme adı verilen olguyu her geçen gün daha da ileriye götürmektedir. Böylelikle rekabet ortamı da küresel düzeye taşınmaktadır. Küresel düzeyde rekabet; şirketleri, ürünlerini daha iyi yapmaya, daha hızlı hazırlamaya ve daha çabuk teslim etmeye doğru zorlamakta, uluslararası piyasalarda pazar payını muhafaza etme ve arttırmada, düşük maliyetle girdi teminini, ayrıca üretilen malların yine uluslar arası piyasalara rekabet edebilir fiyatlarla, zamanında arzını gerekli kılmaktadır. Bu amaçları elde edebilmek için işletmeler bir yalınlaşma ve değişim süreci içine girmişlerdir.

Günümüzde üretim maliyetleri yakın değer arz etmektedir. Üretim maliyetlerinin yakın olduğu bir ortamda rekabet edebilir olmak için, kullanılabilecek en önemli araçlar tedarik zinciri ve lojistikdir. Lojistik faaliyetler üzerinde yapılacak oynamalarla rakiplerin bir adım önünde olmak mümkün olabilmektedir. Böylece bir rekabet ortamında pazar payının ve karın arttırılabilmesi ile muhafazasının en önemli ayağı, düşük maliyetle girdi teminini ve malların rekabet edebilir fiyatlarla zamanında piyasaya sunulmasını sağlayan lojistik faaliyetlerdir. Bunun için de bilgi, yeniliklerin takip edilebilmesi ve esneklik en önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Lojistik yönetimi, uzun yıllardan beri hem endüstri çevresinin hem de akademik çevrenin yoğun ilgisini çekmiştir. Geleneksel olarak lojistik yönetimde, lojistik kararları sistemin her bir aşaması için (inbound lojistik, operasyon, outbound lojistik) birbirinden bağımsız olarak alınmaktadır. İnternetin yaygınlaşması ve diğer bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişmesi, yeni taşıma alt yapısı ve artan küresel rekabet, lojistik sistemin her bir aşamasında yapılan operasyonları zorunlu olarak değiştirmektedir. Müşteriler servis seviyesinde, ürün fiyatlarında ve teslim zamanlarında yüksek beklenti içersindedirler. Bu nedenle endüstri ve akademik çevreler sistem maliyetlerinin azalması ile sistem performansının gelişmesi için daha etkili ve verimli lojistik sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması için çalışmaktadırlar. Bu bağlamda çalışmanın ikinci bölümünde tedarik zinciri yönetimi ve lojistik kavramlarına ilişkin bilgiler verilmiştir.

Her türlü israfın ve hatanın eliminasyonunu hedefleyen yalın düşünce kavramı ile lojistik kavramlarının birleştirilmesiyle yalın lojistik kavramı ortaya çıkmıştır. Yalın lojistik, yalın üretimin bir devamıdır ve tamamı ile bir yalın işletmeye ulaşılabilmesi için aşılması gereken bir adımdır. Firmaların yalın üretim sistemini uygulamaları ile yalın düşünce açısından

istenilen seviyeye ulaşacağını söylemek zordur; bu sebeple yalın lojistik tamamlayıcı fakat hayata geçirilmesi zorunlu bir uygulama alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yalın lojistiğin ana amacı, doğru parçaları, doğru ambalajlarda, doğru yerde, doğru kalite ve miktarda, doğru zamanda teslim ederek malzeme stoklarını ve lojistik maliyetlerini düşürmektir. Yalın lojistik düşünce yapısının temelinde sistem içindeki israfların ve etkin olmayan akışların detaylı olarak anlaşılması vardır. Operasyonel strateji olarak, yalın lojistik, bir firmanın rakiplerine kıyasla daha düşük maliyetlerle müşteri beklentilerini karşılmasına olanak vermektedir. Bu bağlamda üçüncü bölümde yalın lojistik teriminin amacına ve önemine değinilmiştir.

Yalın lojistik sisteminin sağlanabilmesi amacıyla kullanılabilecek çeşitli teknikler mevcuttur. Milk run (döngüsel sefer) ve cross dock (çapraz havuzlama) transportasyon aşamasında kullanılabilecek yalın lojistik tekniklerinden ikisini oluşturmaktadır. Döngüsel sefer, tedarikçilere ayrı ayrı araç gönderilerek gerekli parçaların toplanması yerine, öncesinde bölgelere ayrılmış tedarikçi gruplarından belirli rotalar ve sıralarda mümkün olduğunca en az araçla parça toplama işleminin gerçekleştirilmesidir. Çapraz havuzlama ise, tedarikçiden temin edilen mallar depoya alınmadan tasnif edilerek, müşterilerin ihtiyaçlarına göre sevk edilmektedir. Bu sistem ürünün tedarikçiden alıcıya varıncaya kadar stoklanmadan hareket etmesini sağlamaktadır.

Yalın lojistik hedeflerine ulaşmada kullanılan ve önemli rekabet avantajları sağlayan döngüsel sefer ve çapraz havuzlama yöntemlerine ilişkin bilgiler dördüncü bölümde incelenmiş, bu tekniklerin Türkiye’deki farklı lojistik firmaları tarafından uygulanmasıyla ortaya çıkan uygulama sonuçları ile birlikte açıklanmasına çalışılmıştır.

Literatürde yalın lojistiği, tekniklerini ve rekabet ortamında önemini açıklayan çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Bununla beraber, mevcut taşıma sisteminden yalın lojistik tabanlı bir taşıma sistemine dönüşüm sürecinde tasarımcıya bütünsel bir yol gösteren çalışma çok az sayıda bulunmaktadır. Bu amaçla beşinci bölümde yalın lojistik tabanlı taşıma sisteminin seçilmesinden, aksiyomlarla sistem ve performans prosedürlerinin tasarımına kadarki tüm aşamaları kapsayan “Yalın tabanlı lojistik sistemleri (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) için tasarım metodolojisi” önerilmiş ve önerilen metodolojideki tüm adımlar detaylı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümünde, bir önceki bölümde önerilen tasarım metodolojisi, bilgi aksiyomu kapsamında gerçekleştirilen bulanık ve ağırlıklandırılmış bulanık mantık hesaplamalarını ve bağımsızlık aksiyomu çerçevesinde gerçekleştirilen sistemin ve

performans geliştirme prosedürünün aksiyomlarla tasarlanması çalışmalarını kapsayacak biçimde, gerçek bir vaka üzerinde uygulanmaya ve elde edilen uygulama sonuçların da açıklanmasına çalışılmıştır.

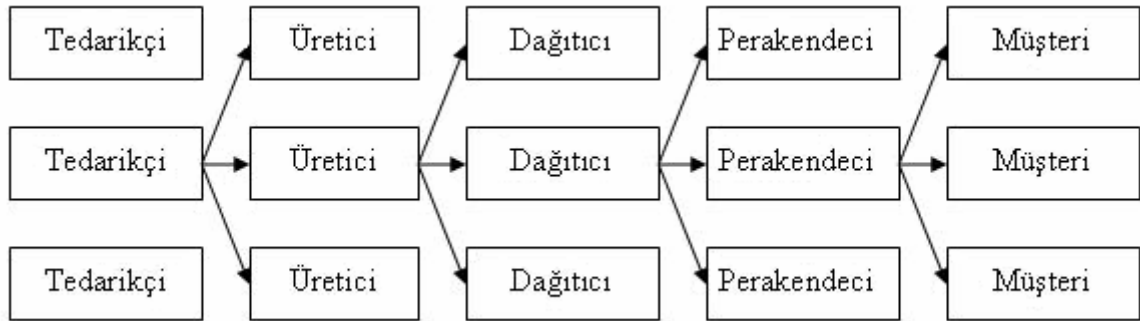
Litetarürde bağımsızlık aksiyomu A1, bilgi aksiyomu ise A2 olarak ifade edilmektedir ancak gerçekleştirilen çalışma kapsamında müşteri istek ve beklentilerine en uygun taşıma sisteminin belirlenmesi için öncelikle bilgi aksiyomu (A2) kullanılmış, daha sonra belirlenen taşıma sisteminin aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre tasarlanması amacıyla bağımsızlık aksiyomundan (A1) yararlanılmıştır.

## 2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ ve LOJİSTİK

Bu bölümde tedarik zinciri yönetimi ve lojistik konularında bilgi verilecektir.

### 2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi

Bugünün global pazarlarındaki güçlü rekabet, kısa ürün yaşam döngüsü, yükselen müşteri beklentileri; işletmeleri, tedarik zincirlerine yeni yatırımlar yapmaya ve bunun üzerine konsantre olmaya zorlamaktadır. Bu, gelişen iletişim ve transportasyon teknolojileriyle beraber (örneğin mobil iletişim, hemen teslim), tedarik zincirlerindeki devamlı bir evrimin ve tedarik zincirini yönetmek için tekniklerin gelişmesini sağlamıştır (Simchi-Levi vd., 2000). Tedarik zinciri bir ürün veya servis için talepleri yerine getirmek üzere gereken değeri meydana getiren aşamaların veya unsurların toplamıdır (Hill, 1998). Bir tedarik zinciri, müşteri isteklerini karşılamadaki tüm direkt ve dolaylı safhaları içerir. Aynı zamanda taşıyıcılar, depolar, perakendeciler ve müşteriler tedarik zincirinin bir parçasıdır. Tedarik zinciri müşteri isteğine cevap vermede önemli olan, yeni ürün geliştirme, pazarlama, operasyonlar, dağıtım, finans ve müşteri hizmetleri gibi fonksiyonları kapsayabilir. Tipik bir tedarik zincirinin çeşitli safhaları Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Chopra ve Meindl, 2001).



Şekil 2.1 Tedarik zinciri safhaları (Chopra ve Meindl, 2001)

Tedarik zinciri tek bir süreç değildir. Tedarik zinciri çabalarının çoğu, potansiyel avantajlarından yoksun kalmaktadır. Çünkü terim genellikle sadece işin tedarik zinciri kısmı tarafı veya satın alma fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir (Wilbur, 1967).

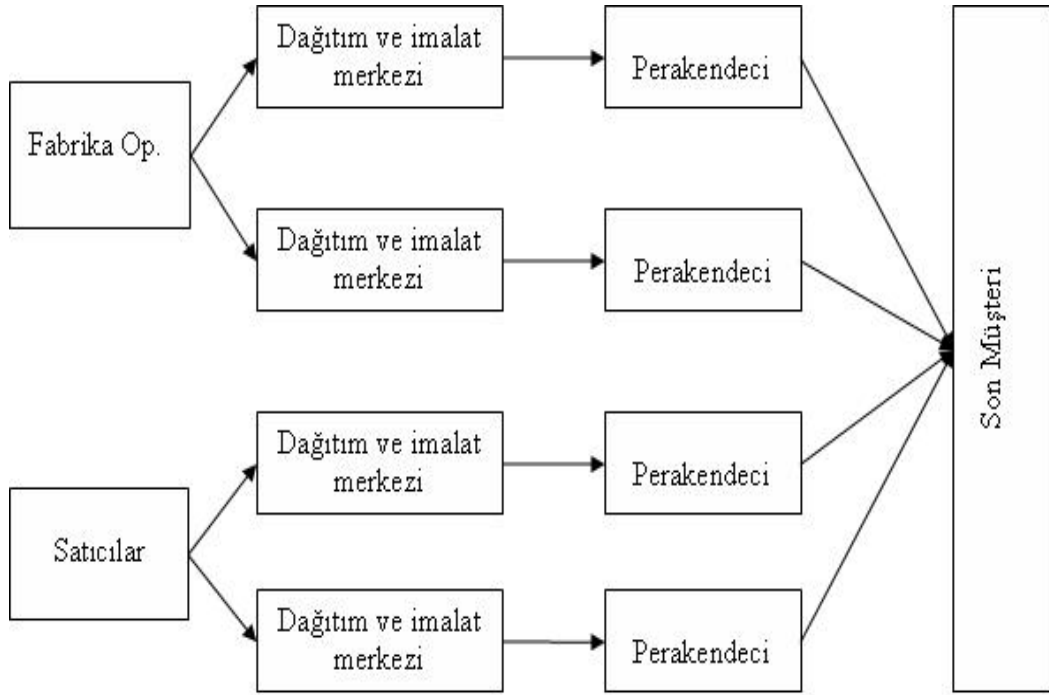
Bir iş ortamında üç çeşit akış mevcuttur. Bunlar [1]:

- Mamulün elde edilmesinden tüketimine kadar olan akışı,
- Satıcılardan iş ortamına ve buradan da müşterilere olan bilgi akışı,
- Satın alma vs. için gerekli fonları sağlayan müşterilerden iş ortamına olan finansal akıştır.

Bir tedarik zincirinin yapısını şunlar oluşturur:

- Tedarikçiler (yan sanayi, taşeron, ana sanayi imalat atölyeleri),
- Ana sanayi (nihai ürünü üreten),
- Dağıtıcılar (genel distribütörler, toptancılar, bayiler (perakendeciler)),
- Müşteri (son kullanıcı).

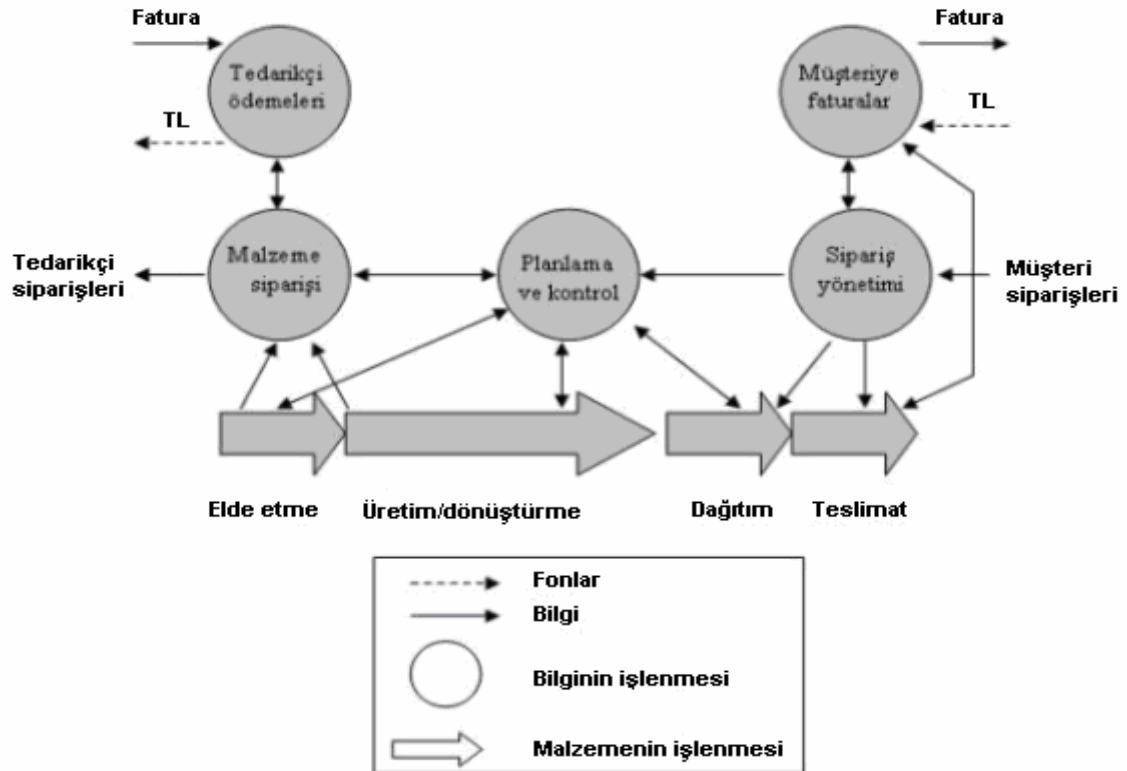
Şekil 2.2’de görüldüğü üzere tedarik zincirinde ürün, zinciri oluşturan işletmelerden geçerek nihai müşterisine ulaşmaktadır. Bu şekilde tedarik zincirinin 3 akışının hepsi gösterilmemektedir. Sadece ürünün müşteriye ulaşması için takip ettiği yol vurgulanmak istenmiştir. Tedarik zincirinde iki yönlü bir bilgi akışı ve ayrıca ürün akışının tersine bir finansal akış da vardır.



Şekil 2.2 Tedarik zincirinde ürün akışı (Porier, 1999)

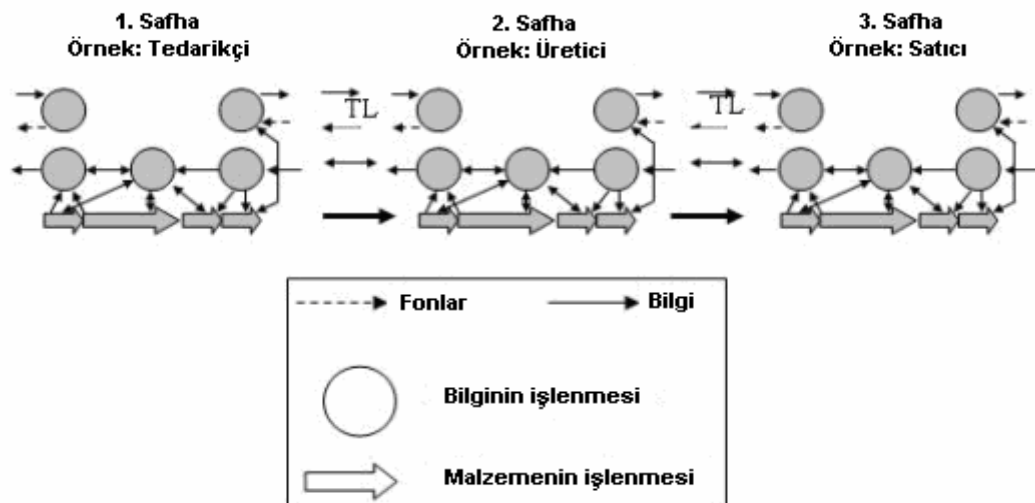
### 2.1.1 Tedarik Zinciri Çeşitleri

Tedarik zincirleri, artan kompleksliğe göre çeşitlilik gösterir. Tek safhalı tedarik zinciri, hammaddelelerin elde edilmesi, üretim ve dağıtımın malzeme akış fonksiyonlarını birleştirir (Şekil 2.3). Bu çeşit tedarik zincirinde birçok bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu bulunmaktadır. Borçlar ve alacaklar formundaki işletme sermayesi, envanter ve ekipman formundaki çalışma sermayesi kadar önemli olduğundan fonların yönetimi de kapsamaktadır [2].



Şekil 2.3 Temel tek safhalı tedarik zinciri [2]

Çok safhalı tedarik zinciri yönetimi, daha önce belirtilen tedarik zinciri tanımına daha iyi bir örnektir. Bunlar tipik olarak çok şirketli tedarik zincirleridir, ancak özellikle tek safhalı tedarik zincirlerinin çoklu kopyalarıdır (Şekil 2.4). Volkswagen çok safhalı tedarik zincirine bir örnek sunmaktadır. Üretici, ilerideki sipariş bilgilerini ve gerçek siparişleri elektronik olarak almak üzere satıcılarıyla birlikte çalışmakta ve günlük otomobil üretim planlaması için verileri girmektedir [2].

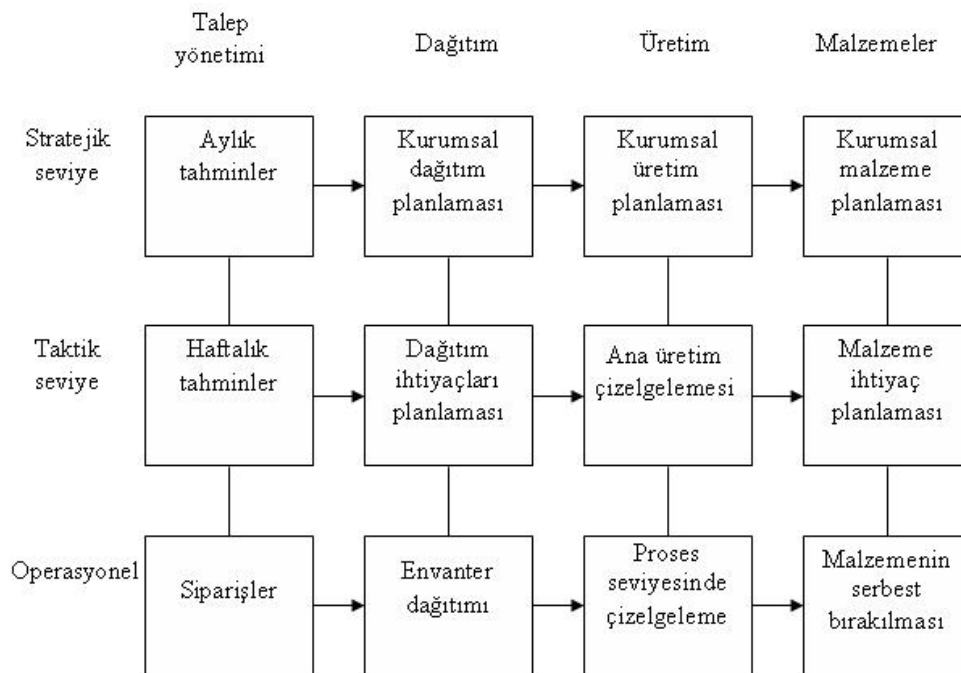


Şekil 2.4 Çok safhalı tedarik zinciri [2]

### 2.1.2 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı

Tedarik zinciri, hammaddelerin tedariğini, üretim ve montajı, depolamayı, stok kontrolünü, sipariş yönetimini, dağıtımını, ürünün müşteriye ulaştırılmasını içeren faaliyetler ve tüm bu faaliyetlerin izlenebilmesi için gerekli olan bilgi sistemleri olarak tanımlanabilir (Lummus ve Vokurka, 1999).

Tedarik zinciri yönetimi ise, işletmelerin rekabet edilebilir fiyatlarla yüksek kaliteli malzemeleri ve bileşenleri sağlayabilmesi için tedarikçileriyle birlikte çalışabilme yeteneği olarak tanımlanabilir (Davis vd., 1999). Tedarik zinciri yönetimi (TZY); tedarikçilerin, üreticilerin, depoların etkili bir şekilde entegrasyonunun sağlanması için, tüm sistemin maliyetlerini azaltarak aynı zamanda hizmet seviyesini de geliştirerek; ürünlerin doğru miktarlarda, doğru yerlerde, doğru zamanda üretilmesi ve dağıtılması için bir dizi yönetim yaklaşımıdır (Simchi-Levi vd., 2000). Tedarik zinciri yönetimi müşteriyi memnun edecek şekilde ürün ve hizmet üretip sunmak için genişleyen faktörler bileşenini planlama ve kontrol etme amacıyla ileri teknolojiyi, bilişim yönetimini ve yöneylem araştırmalarını kullanır. Teknolojisi karmaşık olsa bile, tedarik zinciri yönetiminin en önemli kavramları ve çalışma teknikleri oldukça anlaşılırdır [2]. Pazarda olduğu gibi, üretimin tabanı da dinamik bir yapıdadır. Planlanmamış olayların gerçekleşmesi çizelgelenmiş faaliyetlerden sapmalara yol açabilir. Tedarik zinciri yönetiminin fonksiyonları stratejik, taktik ve operasyonel seviyede Şekil 2.5’te olduğu gibi değerlendirilebilir.



Şekil 2.5 Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları (Fox vd., 1993)

Üretim kontrol sisteminin, planlı bir üretim için, üretim hedeflerini optimize edecek



yöntemlerle bu olaylara cevap vermesi gereklidir. Olaylar bazı durumlarda, söz konusu kısımda kontrol altında olmayan problemlere yol açabilir. Üretim kontrol sistemi, faaliyetlerini planlama, satış ve pazarlama gibi daha üst seviyelerdeki fonksiyonlarla koordine etmelidir (Fox vd., 1993).

Tedarik zinciri yönetiminin etkin olmasının işletmeye getirdiği faydalardan bir kısmı şöyledir [3]:

- Girdilerin teminini garantileyerek, üretimin devamını sağlar,
- Tedarik süresini azaltarak, pazardaki değişikliklere kısa sürede cevap verilmesini sağlar,
- Tüketici taleplerini en iyi şekilde karşılayarak kaliteyi artırır,
- Teknolojiyi kullanarak, yeniliği teşvik eder,
- Toplam maliyetleri azaltır,
- İşletmenin tüm bilgi, materyal ve para akışı yönetilebilir duruma gelir.

## 2.2 Lojistiğin Tanımı ve Önemi

Geçmişte, değişen ihtiyaçlara ve bu alandaki gelişmelere bağlı olarak lojistik yönetimine; fiziksel dağıtım, dağıtım, dağıtım mühendisliği, ticaret lojistiği, pazarlama lojistiği, dağıtım lojistiği, madde/malzeme yönetimi, malzeme lojistiği yönetimi, lojistik, hızlı-yanıt sistemleri, arz ve zincir yönetimi, endüstri lojistiği gibi çeşitli isimler verilmiştir (Lambert ve Stock, 1992). Lojistik, diğer bir yazar tarafından ise, “hammadde, yarı mamul ve mamullerin (ve bunlarla ilgili bilgi akışlarının) tedarik, sevkiyat ve depolama süreçlerinin, hem işletme içerisinde hem de dağıtım kanalı boyunca stratejik yönetiminin gerçekleştirilmesi ve etkin sipariş karşılama yöntemleri ile mevcut ve gelecekteki kar maksimizasyonunun sağlanması” olarak değerlendirilmektedir (Christopher, 1998). Lojistik doğasında tahminleme, planlama, örgütlenme, organizasyon, koordinasyon ve kontrol unsurlarını taşımaktadır. Lojistikte amaç; firmanın varlığını sürdürebilmesi açısından organizasyonu kalite, fiyat, zaman ve hizmet gibi hayati pazar değişkenlerine karşı dayanıklı hale getirmektir (Çancı ve Erdal, 2003). Lojistik sözcüğünün ilk kez 1905 yılında askeri bir fonksiyonu ‘ordulara ait malzeme ile personelin taşınması, tedariki ve yenilenmesi’ şeklinde tanımlamak amacı ile kullanıldığı bilinmektedir (Kaya, 2003). Tarihsel gelişim içinde lojistik, sanayi devriminin gerçekleşmesi ve küreselleşmenin gündemi işgal etmesine kadar sadece askeri alanda sınırlı kalırken; sanayi devrimi, lojistiğin evriminde bir dönüm noktası olarak karşımıza çıkmaktadır (Çalış, 2003).

Lojistik fonksiyonunun gün geçtikçe işletme yönetiminde önem kazanmasının nedenleri şöyle

sıralanabilir (Kaya, 2003):

- Taşıma uzaklıklarının ve maliyetlerinin artması,
- Üretim teknolojilerinin pek çok alanda doyma noktasına ulaşması nedeniyle yöneticilerin maliyet düşürmek amacıyla lojistik alanına yönelmesi,
- Stok kontrolünde tam zamanında tedarik (Tam Zamanında Üretim (JIT), malzeme ihtiyaç planlaması, kanban vb.) sistemlerinin yaygın biçimde kullanılması,
- Mamul çeşitlerinin gelişen ve değişen tüketici isteklerini karşılama zorunluluğu ile hızla artması,
- Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve haberleşme sistemlerinin gelişmesi,
- Çevreyi koruma amacıyla kullanılmış malzemelerin yeniden kullanılmak üzere (recycling) işlenmesi,
- Büyük uluslararası üretim ve satış firmalarının çoğalması.

### 2.2.1 Lojistiğin Bölümleri

Lojistik faaliyetlerini sınıflandırmak için öncelikle mikro ve makro lojistik arasında ayırım yapılmalıdır. Mikro lojistiğin konusu, işletim içindeki ve/veya işletmeler arasındaki mal (malzeme) ve bilgi akışları ile ilgilidir. Makro lojistik ise, ekonominin tamamındaki madde/bilgi akışlarını kapsar.

Lojistiğin işletme içinde ve dışında olmasına göre, işletme içi ve işletme dışı lojistik ayrımı yapılır. İşletme içi lojistik esas itibarıyla üretim lojistiğidir ve daha çok fabrika içi yerleşim düzeni ile doğrudan bağlantılıdır. İşletme dışı lojistik ise işletmeler arası ve işletmeler üstü düzeyde, bölgesel/ulusal veya uluslararası ölçekte gerçekleşebilir. Lojistik konusu olan varlıklara göre, personel, bilgi (enformasyon), malzeme, yarı mamul, ürün, yedek parça, hizmet, enerji/su ile endüstriyel atık ve geri kazanım (imha/uzaklaştırma, arıtma, geri dönüşüm) lojistiği gibi bir sınıflandırma da yapılabilir (Duymaz, 2004).

Lojistik işletmelerin fonksiyon alanları ile destek alanları dikkate alınarak, aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Duymaz, 2004):

- Tedarik lojistiği (işletmeler arası ve/veya işletmeler üstü düzeyde),
- Üretim lojistiği (işletme içi, işletmeler arası düzeyde),
- Dağıtım (ürün ve yedek parça) lojistiği (doğrudan, işletmeler arası düzeyde ve/veya e-ticaret),
- Bilgi lojistiği (işletme içi, işletmeler arası, işletmeler üstü düzeylerde),

- Endüstriyel atık lojistiği (işletmeler arası veya işletmeler üstü düzeylerde).

### 2.2.2 Lojistik Yönetiminde Performans Ölçütleri

En önemli performans ölçütü müşteri memnuniyetidir. Lojistik yönetimi açısından müşteri memnuniyetinin üç temel boyutu vardır: Elde bulundurma, operasyonel performans ve güvenilirlik.

**Elde Bulundurma:** Elde bulundurma, bir müşteri tarafından talep edildiği zamanda ve talep edilen miktarda ürüne/hizmete sahip olma kapasitesidir.

**Operasyonel Performans:** Verilen hizmetin operasyonel açıdan başarısıdır. Hız, tutarlılık, esneklik ve geliştirme gibi ölçütlere göre değerlendirilir.

- *Hız:* Performans çevrim hızı siparişin verildiği zaman ile teslim edilmesi arasında geçen süredir.
- *Tutarlılık:* Bir firmanın teslimatı her zaman (sürekli olarak) beklenen süre içinde gerçekleştirme yeteneğidir.
- *Esneklik:* Bir firmanın olağandışı müşteri hizmeti taleplerini karşılama yeteneğidir.
- *Geliştirme:* Bir firmanın performansını sürekli olarak geliştirme/iyileştirme yeteneğidir.

**Güvenilirlik:** Hizmet standartlarından bağımsız olarak doğru müşteri bilgilerinin hızlı bir şekilde sağlanması isteği ve yeterliliğini içerir. Müşteriler sürprizlerden hoşlanmaz. Bazı durumlarda önceden yeterli bilgi verildiği takdirde müşteriler diğer sorunları anlayışla karşılayabilirler (Tanyaş, 2003).

Lojistik yönetimde başlıca kritik başarı ölçütleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Tanyaş, 2003):

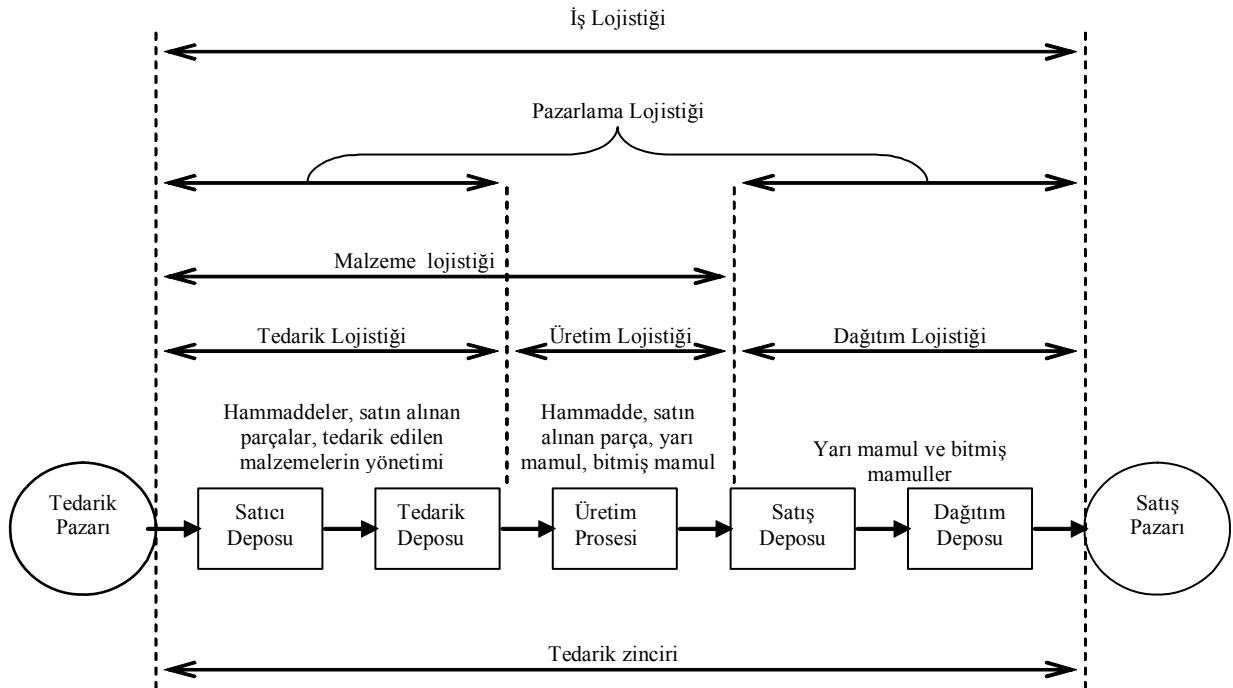
- Maliyetlerin (navlun, depolama, stokta taşıma, vb.) düşürülmesi,
- Zamanında teslim oranının en büyüklenmesi,
- Temin süresinin azaltılması,
- Esnekliğin artırılması, seçenek çözüm sayılarının artırılması,
- Veri güvenilirliğinin ve hızlı erişim oranının yükseltilmesi (miktar, zaman, yer vb.), bilgi/evrak eksikliğinin en aza inmesi,
- Temel yetkinliğe odaklanmanın sağlanması,
- Bozulma/hasar/kayıp oranının en aza inmesi,

- Tedarik zinciri içindeki toplam stokların en aza inmesi,
- Lojistik faaliyetlerin etkinlik (planlara uyma) ve verimlilik (çıktı/girdi) oranlarının artırılması,
- Müşteri ilişkilerinin geliştirilmesi, müşteri odaklılığının artırılması,
- Riskin ve kazancın adil paylaşımı,
- Sabit maliyetlerin değişken maliyet haline dönüştürülmesi,
- Lojistik yönetim giderlerinin azaltılması.

### 2.2.3 Tedarik Zinciri ve Lojistik İlişkisi

Lojistik, tedarik zinciri prosesinin müşteri ihtiyaçlarının karşılanması için başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar olan malların, hizmetler ile ilgili bilgilerin etkin ve verimli bir şekilde akışını ve depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden kısımdır.

Tedarik zincir anlayışı, lojistik faaliyetleri firma ve yakın çevresinde organize etmeye çalışan lojistik yönetimi anlayışının müşteri ve tedarikçileri de kapsayan dağıtım kanalı boyunca genişlemiş hali olarak, olaya daha geniş perspektiften yaklaşan bir anlayış olarak ifade edilebilir. Şekil 2.6 tedarik zinciri üzerinde yürütülen lojistik faaliyetlerin kategorize edilmiş halini göstermektedir.



Şekil 2.6 Tedarik zincirindeki lojistik faaliyetler (Küçüksolak, 2002)

Lojistik çözümler, tedarik zincirinin kilit üyelerinin deneyim ve yeteneklerini akılcı bir şekilde birleştiren çözümler olmalıdır. Tedarik zinciri üyeleri; çekirdek uzmanlık (core competency) geliştirmeli ve lojistik sistem bu uzmanlıkları bir kanal düzenlemesi şeklinde bir araya getirmelidir. Dağıtım kanalının yapısı; bağımsız firmaların gevşek bir biçimde bağlanmalarından oluşmuş bir grup şeklindeki geleneksel yaklaşımın tersine, koordineli bir çaba içine girmiş entegre bir zincir şeklinde olmalıdır. Tedarik zinciri içinde, etkili bir zaman bazlı lojistik yönetimi, rekabet edebilirliği kolaylaştıran bir stratejidir (Yamak, 1999).

## **2.2.4 Tedarik Zinciri (TZ) Stratejileri**

Tedarik zinciri stratejileri itme tabanlı, çekme tabanlı ve hibrit sistem olmak üzere üç başlık altında incelenebilir.

### **2.2.4.1 İtme Tabanlı TZ Stratejisi**

İtme tabanlı TZ’de üretim ve dağıtım kararları uzun dönemli tahminlemeye dayanır. Tipik olarak üreticilerin esas talep tahminleri perakendecilerin depolarından elde edilir. Bu nedenle itme tipi TZ’nin piyasadaki değişimlere ayak uydurması daha fazla zaman alır. Kamçı etkisi nedeniyle, perakendecilerden ve depolardan alınan siparişlerdeki dalgalanma, müşteri taleplerininkinden daha geniş olur.

Dalgalanmadaki bu artışın sonucunda;

- Geniş emniyet stoklarına olan ihtiyaçtan dolayı aşırı envanterler,
- Daha geniş ve değişken üretim kitleleri,
- Kabul edilmeyen servis seviyeleri,
- Ürün eksikliği

ortaya çıkar.

Özellikle, kamçı etkisi planlamayı ve yönetimi zorlaştırdığı için yetersiz kaynaklardan kullanımını gerektirebilir. Örneğin, bir üretici için üretim kapasitesini nasıl tespit edeceği tam olarak belli değildir. Eğer ortalama bir talep olursa, pahalı kaynakları boşa durabilir veya zirve bir talep olursa ekstra ve pahalı bir kapasiteye gereksinim olabilir. Aynı şekilde taşımada da strateji tam olarak belli değildir. Bu nedenle itme tabanlı TZ’de acil üretim değişikliklerinden dolayı yüksek taşıma maliyeti, yüksek envanter seviyesi ve yüksek üretim maliyeti olmaktadır (Baudin, 2004).

### 2.2.4.2 Çekme Tabanlı TZ Stratejisi

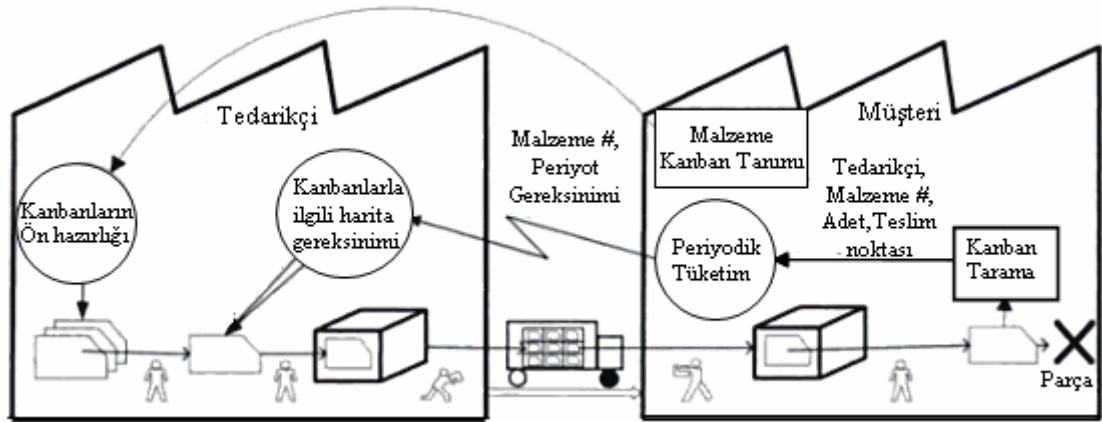
Çekme tabanlı TZ’de üretim ve dağıtım talep tabanlı olduğu için koordinasyon, müşteri talebine göre yapılır ve tahmin tabanlı talepten daha verimli sonuçlar verir. Tam bir çekme sisteminde, firma envanter tutmaz sadece kesin siparişlerden sorumludur. Fakat bu sistem müşteri talepleriyle ilgili bilgileri hızlı biçimde çeşitli TZ üyelerine aktarabilmeyi gerektirdiği için hızlı bir bilgi akış mekanizması olmadan yapılamaz. Çekme sistemi, perakendecilerden gelecek siparişlerle ilgili daha iyi tahmin yapıldığı için;

- Daha düşük temin süresi,
- Perakendecilerde envanter miktarının azalması,
- Sistemin değişkenliğinde azalma, özellikle temin zamanındaki azalmadan dolayı üreticilerin karşılaştığı değişkenlikte azalma,
- Değişkenlikteki azalmadan dolayı üretimde azalan envanter miktarı

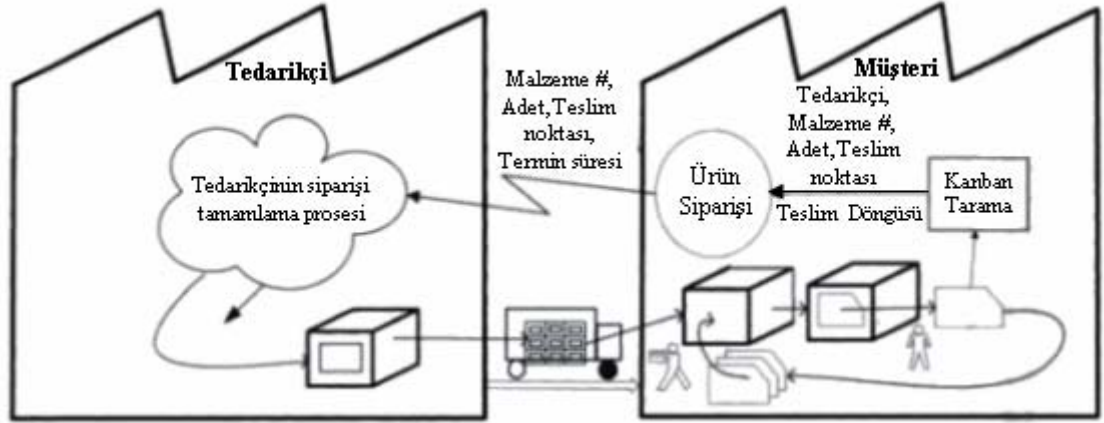
sağlanır.

Bu nedenle çekme tabanlı TZ envanter miktarını düşürür, kaynakların daha iyi yönetimini sağlar, sistem maliyetini itme sistemine göre azaltır. Diğer taraftan, temin zamanının uzun olduğu durumlarda talep bilgilerine cevap verebilmek pratik olmayacağı için çekme tabanlı sistemlerin uygulanması zor olmaktadır. Bu nedenle ileriye dönük planlamalar zamanında yapılmazsa çekme sistemi üretimde ve dağıtımda ölçek ekonomisinin avantajlarından yararlanamamaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar hibrit sistemin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Baudin, 2004).

Şekil 2.7’de, müşteri ile tedarikçi arasında gerçekleşen e-kanban akışı, Şekil 2.8’de ise müşterinin kanbanlardan sorumlu olduğu durumdaki işleyiş gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Müşteri ve tedarikçi arasında e-kanban akışı (Baudin, 2004)



Şekil 2.8 Müşteriyi kanbanlarla sorumlu tutmak (Baudin, 2004)

#### 2.2.4.3 İtme-Çekme Hibrit Sistem TZ Stratejisi

İtme-çekme hibrit sistem TZ’de önceki aşamalar itme tabanlı felsefeye göre yapılırken, sonraki aşamalar çekme tabanlı felsefeye göre yapılır. İtme ve çekme tabanlı aşamalar arasında kalan nokta “itme-çekme sınırı” olarak adlandırılır. Bir bilgisayar üretiminde stoğa üretilen envantere koyulursa ve dağıtımı da tahmine göre yapılırsa, bu itme sistemi olarak değerlendirilir. Ancak parçaların envanteri tahmine dayalı yapılır fakat montajı kesin müşteri siparişine göre yapılırsa bu itme-çekme sistemi olur. Burada üreticinin TZ’nin itme kısmı montajdan önceki kısımdır, çekme kısmı ise müşteri siparişiyle başlar. İtme-çekme sınırı montajda başlar. Bu vaka için “toplam tahminlerin daha kesin olmasının” avantajı kullanılır. Aslında, bir parçaya olan talep o parçayı kullanan tüm bitmiş ürünlerin bir toplamıdır. Toplam tahminlerin daha doğru olmasından itibaren, parçaların taleplerindeki belirsizlik bitmiş ürünlerin talep belirsizliğinden daha az olmuştur ve bu emniyet stoğunun azalmasına liderlik etmiştir (Baudin, 2004).

### 3. YALIN DÜŞÜNCE ve YALIN LOJİSTİK

Muda, Japonca'da israf anlamında kullanılır. Özellikle hiçbir değer yaratmadan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Toyota yöneticisi Taiichi Ohno'ya göre israflar (Womack ve Jones, 1998);

- Yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler,
- Talep edilmeden üretilen ve sonuçta envanterlerde biriken üretim,
- Gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları,
- Çalışanların ve ürünlerin gerçekten gerekli olmadığı halde bir yerden başka bir yere nakliye edilmesi,
- Önceki aşamalarda zamanında tanımlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar,
- Müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetlerdir.

Yalın düşünce, israfı değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak, daha tatmin edici iş çıkarılmasına yol gösterir. Yalın düşünce giderek daha az emek, ekipman, zaman gibi üretim faktörü harcanarak daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerine daha çok yaklaşmayı hedefler (Womack ve Jones, 1990).

#### 3.1 Yalın Üretim

Üretim yapısının kayıp ve israflardan arındırılmasını amaçlayan yalın üretim kavramı ile ilgili olarak bu kısımda bilgiler verilecektir.

##### 3.1.1 Yalın Üretimin Tanımı

21. yüzyılın başlangıcında iş hayatı her zamankinden daha çok artan global rekabet, her zamankinden çok talep eden müşteriler ve kıt kaynaklar tarafından karakterize edilmektedir. Bunlara ek olarak başta bilgi sistemleri ve haberleşme konusunda olmak üzere yeni teknolojilerin büyük etkisi de söylenebilir (Machuca, 2002).

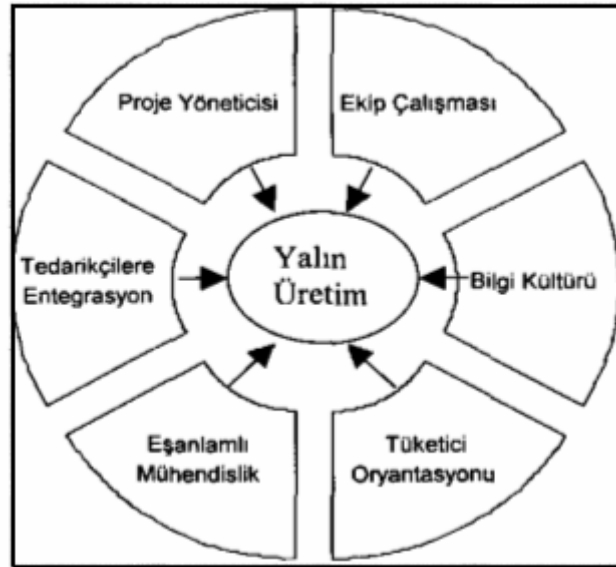
Yalın düşüncenin temel amacı organizasyonlar, teknolojiler ve sabit kıymetler üzerinde odaklanmak yerine, ürüne odaklanarak, kaynakları ürünü etkileyecek çalışmalara kaydırmaktır. Buna bağlı olarak yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların, en aza indirgendiği üretim sistemidir (Katayama, 1996). Çizelge 3.1'de yıllar itibarıyla üretim sistemi özellikleri listelenmiş ve değişimin değerlendirilmesi sağlanmıştır.



Çizelge 3.1 Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri (Krafcik, 1988)

Üretim	Zanaatlar Dönemi (1900+)	Saf Fordizm (1920' li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960' lı yıllar)	Yalın Üretim (1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Ekipler tarafından
Kontrol Alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim Yapısındaki Gereksiz Unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım Alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok küçük
Ekip Çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

Yalın kelimesi Krafcik (1988) tarafından tamponlu üretim (yani ara stoklar ve tamir bölgeleri vs. içeren) tipine karşılık gelen tamponsuz çalışmayı ifade etmek için kullanılmıştır. Batılı üreticiler savaş sonrası dönemde görünen her şey için tampon yaratmışlardır (Krafcik, 1988). Yalın üretim ihtiyaç duyulan stokların yarısından çok daha azının bulundurulmasını gerektirir. Yalın üretim sayesinde çok daha az bozuk ürün çıkar, daha fazla ve gittikçe de artan çeşitlilikte ürünler üretilir (Womack vd., 1990).



Şekil 3.1 Yalın üretimde başarı faktörleri (Utaş, 2001)

Şekil 3.1’de yer alan anahtar faktörleri başarılı bir şekilde uygulamayı öngören bu yaklaşım tarzının kökeninde, kalite anlamı ve sistemini değiştiren “Toplam kalite kontrol sistemi”

bulunmaktadır. Kalitenin "Kalite kontrol" veya "Kalite güvencesi" gibi tek bir departmanın sorumluluğu olmadığını ve kalitenin, mal ve hizmetler oluşturulurken aşama aşama elde edildiğini benimseyen bu sistem, yalın üretimin esas öğelerinden biridir. Çünkü yalın üretimde hedef, kaliteli mallar üretmek suretiyle ilk anda işi doğru yapmaktır (Utaş, 2001).

Yalın üretim sistemi, ürünleri azalan boyutlarda, esnek ekipmanlarla ve kalifiye operatörlerle küçük bir gruptan diğerine hızlı bir şekilde değiştirerek üretir. Böylece süreç içi stok (WIP) minimize edilir. Kısalan üretim döngüsü teslim süresini azaltır. Bunlara ek olarak, daha yüksek verimlilik daha fazla bir pazar payı sağlayacak daha yüksek, rekabetçi bir fiyatlandırma sağlar (Yao vd, 2003). Yalın üretimin ‘yalın’ olmasının sebebi seri üretimle kıyaslandığında her şeyin daha azının kullanıldığının görülmesidir (fabrikadaki insan gücünün yarısını, imalat alanının yarısını, araç-gereç yalıtımının yarısını, yeni bir ürünün aynı zamanda geliştirilmesi için gereken mühendislik saatlerinin yarısını vb.).

### 3.1.2 Yalın Üretim Sisteminin Teknikleri

Yalın üretim sisteminin teknikleri şunlardır;

- 1) JIT – Tam Zamanında Üretim,
- 2) Kanban ya da "Çekme" Sistemi,
- 3) Karışık Yükleme ve Üretimde Düzenlilik,
- 4) Tek Parça Akış ve Tek Parça Akışın Uygulanması,
- 5) Makineler/Atölyeler Arası Senkronizasyon: Toplam İş Denetimi,
- 6) U-Hatları,
- 7) “Sıfır Hata” Üretime Doğru : Poka -Yoke ve Deney Tasarımı,
- 8) Toplam Üretken Bakım (TPM),
- 9) Bir Dakikada Kalıp Değiştirme (SMED),
- 10) Toplam Kalite Yönetimi,
- 11) Jidoka (Otonomasyon),
- 12) Kalite Çemberleri,
- 13) 5S,
- 14) Yalın Tedarik Zinciri’dir.

### 3.1.3 Yalın Üretimde İsraf

İsrafın ilk endüstriyel tanımını Henry Ford, 1921 yılında yazdığı “Today and Tomorrow” (“Bugün ve Yarın”) isimli kitabında şu şekilde yapmıştır: İsraf, bir hammadde veya ürünün ihtiyaçtan fazla olan kısmıdır.

Bir başka tanıma göre israf, ürün veya hizmetlere değer katmayan, firmanın ana hedefinde ilerlemesine destek olmayan, ancak gerçekleştirdiğimiz aktivitelerin tümüdür.

Üretimde yedi temel israf söz konusudur. Bunlar:

**1. Bekleme:** Değer katan herhangi bir işin yapılmadığı boş zamandır. Söz konusu israf, makinenin beklemesi veya insanın beklemesi olarak da açıklanabilir ve uygulamada, aşağıdaki sebeplerden dolayı israfla karşılaşılabilir:

- Bir çalışanın bir makineyi beklemesi,
- Bir makinenin, onu çalıştıracak olan çalışanı beklemesi,
- Arıza ve duruşlara etkin müdahale olmaması,
- Uzun ayar süreleri,
- Tutarsız çalışma yöntemleri,
- Gereken araç ve malzemenin olmaması.

**2. Taşıma:** Malzemenin, ürün ve/veya hizmetlere değer katmayan hareketleri ile aşağıdaki şekillerde karşılaşılır:

- Bir malzemenin birden fazla yerde olması,
- Kullanılmayan malzemenin geri dönüşü,
- Gereğinden fazla forklift (çatal kaldırıcı), konteynır kullanımı,
- Büyük partiler halinde üretim,
- Bozuk malzemenin depolanması.

**3. İşlem:** Değer katmayan işlemler için çaba harcamaktır. Söz konusu işlemler, müşteriye etkilemeyen iyileştirmeler içerir. Bu israfın ortaya çıkış şekli ve sebepleri şunlardır:

- Müşterinin beklentilerini anlayamamak,
- Gereksiz onay mekanizmaları,
- Gereksiz formların doldurulması,
- Gereğinden fazla bilgi ve dokümantasyon,
- Darboğazları yönetememek,
- Üretim bittikten sonra yapılan kalite kontrol.

**4. Envanter:** Üretim veya satış için gerekenden fazla malzeme, yarı mamul ve ürünün stoklanmasıdır. Bu israf türü, şu sonuçları doğurur:

- Düşük devir hızı,
- Operasyonlar arası malzeme yığınları,
- Fazla miktarda yeniden işlem ve tamirat,
- Yeni ürünlerin piyasaya gecikerek çıkması,
- Büyük depo alanları,
- Satılamayacak olanı üretmek ve onun takibi.

#### ***4.1 Fazla Stoğun Sebepleri***

Üretimde oluşan fazla stokun başlıca nedenleri şunlardır:

***Daha kısa teslim süresi veren bir rakibin olması:*** Müşteri siparişlerini daha çabuk teslim edebilmek için akla ilk gelen tedbir, stokları arttırmaktır. Mevcut mamul stokunu arttırmak ise hem yarı mamul hem de hammadde stoklarının arttırır.

***Kalite problemlerinin üstünü örtmek:*** Satın alınan ve üretilen ürünlerin istenilen kalitede olduklarına dair şüpheler var ise biraz fazla almak veya biraz fazla üretmek söz konusu olabilir. Kalite problemlerinin azaltılması ile bu fazlalıklar da azalacaktır.

***Büyük partilerle üretim yapmak:*** Tedarikçilerin izlediği politika, alışkanlıklar, birim fiyatı düşürebilmek için miktarı arttırmak, hazırlık sürelerinin uzun olması gibi sebeplerden dolayı bazen ihtiyaç duyulandan fazlası üretilir ve stoklar arttırılır.

***Kayıtların doğruluğuna güvenememe:*** Stok kayıtlarına güvenilmediği durumlarda, gereğinden fazla satın alma olabilir. Ancak, ürün ağaçlarının doğruluğuna güvenilmiyor ise kullanılmayacak olanı almak veya kullanılacak olanı temin etmemek gibi problemler yaşanabilir.

***Kaynaklara güvenememe:*** Sözüde durmayan tedarikçiler veya verdiği tarihe uyamayan üretim departmanı işletmeyi fazla stoka zorlar. Her iki kaynağın da niçin sözünde durmadığı veya duramadığını araştırılmalı ve çözüm yolu bulunmalıdır.

***Talebin yönetilememesi:*** Talep tahminlerinin fazla iyimser olması, dağıtım ağlarının yeterince hızlı çalışmaması ve düzenli pazarlama faaliyetlerinin olmaması gibi durumlar talebin yönetilememesine sebep olur. Bu problem ise genellikle stoku arttırarak çözülmeye çalışılır.

***Hatalı ürün tasarımı:*** Üretimin zorluğu, kullanılan malzeme veya parçalarda standartlaşmanın sağlanamaması ve her üründe farklı özelliklerde parçaların kullanılması stokları arttırır.

**Malzeme temin sürelerinin uzun olması:** Uzun veya belirsiz temin süreleri ile karşı karşıya olunduğunda genellikle, güvenlik stoku arttırılır. Her türlü belirsizliğin bir bedeli vardır ve her sistem kendisini belirsizliklere karşı korumanın bir yolunu bulur. Bu yüzden, belirsizlikler azaltılmalı ve uzun süreler kısaltılmalıdır.

**Dengesiz ve değişken üretim süreçleri:** Dengesiz veya ortaya ne çıkartacağı belli olmayan üretim süreçleri normalden daha fazla “hurda” oluşmasına sebep olurlar. Bu yüzden, daha fazla kalite kontrol çalışması yapılarak bu dengesizlik giderilmelidir.

**Dağınık ve düzensiz yerleşim:** Düzensiz yerleşim ve dağınıklık; kayıpları arttırır, firma içi taşımayı arttırır, daha fazla kontrol ve daha fazla bilgisayar kullanımı gerektirir. Bunu engellemek için düzenli ve kullanım noktalarına yakın bir yerleşim gerçekleştirilmelidir.

**Bir planlama sisteminin olmayışı:** Bir planlama kurgusunun izlenmemesi ve düşük veri entegrasyonu, bilginin zamanında kullanılabilmesini ve doğruluğunu etkiler. Bilgi sisteminden faydalanmamanın neticesi ise her bölümün kendi başının çaresine bakmasıdır. Bu durumun en doğal sonucu ise sürekli var olan ve artan stoklardır (Aker, 2003).

#### **4.2 Fazla Stoğun Zararları**

Endüstride, üretimi aksatmamak için stoklu çalışma tercih edilebilmektedir. Ancak bu durumda aşağıdaki problemlerle karşılaşılabilir (Aker, 2003):

- Stok maliyetleri ürün maliyetlerine yansır,
- Beklemeler artar,
- Değişikliklerin yönetimi zorlaşır,
- Kalitenin izlenmesi ve kontrolü zorlaşır,
- Görsel yönetim zorlaşır,
- Dengesiz iş yükleri oluşur,
- Yüksek stoklar gerçek problemleri saklar,
- Yönetim tüm zamanını gündelik ve acil durumlarla uğraşmakla geçirir,
- Müşteri isteklerinin çok değişken olduğu ortamlarda, ani talep değişikliklerine, maliyetlerden veya rekabet gücünden taviz vermeden, hızlı bir şekilde cevap vermek zorlaşır.

**5. Hareket:** Çalışanların, ürüne ve/veya hizmete değer katmayan herhangi bir amaç için hareket etmesi ile oluşan israf türüdür. Aşağıdaki durumlarda ortaya çıkar:

- Malzeme ve ekipman aramak,
- Erişim güçlüğü,

- Malzemelerin üretim alanından uzakta olması,
- Bölümler arasında gezinmeye sebep olan prosedürler,
- Fazla harekete sebep olan yerleşim düzeni,
- Fiziksel zorlanmaya sebep olan iş ortamı ve ekipmanlar.

**6. Hurda:** Bir ürün ve/veya hizmeti müşteri istekleri doğrultusunda onarmak, düzeltmek veya tekrarlamaktır. Bu israf türü, aşağıdaki sonuçları doğurur:

- Ek alan, araç ve ekipman tahsisi,
- Ek iş gücü kullanımı,
- Ek envanter,
- Sevkiyatın gecikmesi, teslim tarihinin aşılması,
- Daha düşük karlılık, daha fazla kayıp.

**7. Fazla Üretim:** İhtiyaçtan fazla üretmektir. Sebepleri (Aygün, 1995);

- Önceden üretmek,
- Gereğinden hızlı üretmek,
- Mevcut olanı üretmek,
- Meşgul görünme isteğidir.

Fazla üretimin sonuçları ise (Aygün, 1995);

- Paraya dönüşmeyecek envanterin birikmesi,
- Gereğinden fazla makine ve tezgah yatırımı,
- Dengesiz malzeme akışı,
- Büyük parti büyüklükleri,
- Ekstra saklama alanı, insan gücü gerektirmesidir.

### 3.2 Yalın Lojistik Kavramı ve Önemi

Tüm dünyaya yayılan yalın üretim metodu ile üreticiler yüksek esneklik, etkililik ve düşük maliyetler sağlamak için çaba göstermektedirler. Ancak çoğu şirket, yalın üretimi uyguladıkları halde maksimum yarar sağlayamamaktadır [4].

Günümüz koşullarında en kaliteli malın, en ucuz fiyata üretilmesi yeterli değildir. Aynı zamanda en son kullanıcıya zamanında ulaşılması ve pazar payının büyütülmesi de gerekmektedir, bütün bunları yapabilmenin tek yolu ise etkin lojistik yönetimidir (Büyükçetin, 2003).

Yalın lojistik; istenilen servis düzeyinde ve en düşük maliyetle, ham madenin, süreç içi

stokların ve bitmiş ürünlerin fiziki yerleşimlerini ve hareketlerini kontrol etmek için tasarlanan ve yönetilen sistemlerin oluşturulmasında kullanılan gelişmiş bir yetkinliktir (Jordan, 2002).

Operasyonel strateji olarak, yalın lojistik, bir firmanın rakiplerine kıyasla daha düşük maliyetlerle müşteri beklentilerini karşılmasına olanak verir. Buna karşın, üstün finansal performanslar, verimli operasyonel performanslardan daha fazla şeye ihtiyaç duyar; örneğin mevcut pazarlarda, tedarik zincirini kaynaklarını kullanarak üstün müşteri değerleri yaratılmasını gerektirebilir. Bütün firmalar için en önemlisi ise; memnun edici karların oluşmasını garanti altına alacak, sürekli rekabet avantajları yaratan yeteneklerdir.

Günümüzün yüksek rekabet ortamında, etkin ve verimli lojistik faaliyetleri opsiyonel (isteğe bağlı) bir olgu değil, bir zorunluluktur. Yalın lojistik kavramının altında yatan ana maddeler (Özden, 2004):

- İsrafların ortadan kaldırılması,
- Tedarikçiler ile eş zamanlı akışın sağlanması,
- Tedarikçi ağı boyunca değer akışının tanımlanması,
- Üretim ve iş maliyetlerinin (tedarikçi seçme, sipariş verme vb maliyetlerin) en aza indirilmesi,
- Şeffaflığın sağlanması,
- Karşılıklı iş birliği yapısının kurulması,
- Hızlı cevap verme yeteneğinin geliştirilmesi,
- Belirsizliğin ve riskin yönetilmesi,
- Çekirdek şirket ve tamamlatıcı şirketler arasında stratejik ortaklıklar kurulması,
- Yaratıcılığın ve bilgi paylaşımının arttırılmasıdır.

Toyota yöneticisi Taiichi Ohno'ya göre; değer ile fiyat birbirine karıştırılmamalıdır. Bir müşteri bir ürünü satın aldığı anda, bunu o ürün kendisi için bir değer ifade ettiği için yapar. Maliyetler arttığında, ürünün fiyatını arttırmak kolayca kaçmaktır ve bu yapılmamalıdır. Eğer bir firma ürün fiyatını arttırırken değeri sabit kalıyorsa, bu durum o firmanın müşterilerini kısa süre içerisinde kaybedeceği anlamına gelmektedir. Bu noktadan hareketle, fiyat artışlarını gerçekleştirmenin neredeyse imkansız hale geldiği günümüz şartlarında, maliyetleri düşürmek büyük bir önem kazanmaktadır. Bunun için üretim maliyetlerinin yanı sıra, tedarik zincirindeki israfları da azaltmak gereklidir. Müşteri ihtiyaçlarına daha iyi, daha hızlı ve eşsiz bir şekilde cevap verilmesi sağlanmalıdır.

Yeni model ilk olarak soruları sormak ve daha sonra uyarlanmış amaçlara cevap vermek, müşteri taleplerinin sistemden malzemeyi ve bitmiş ürünü çekmesine izin vermektir. Müşteri taleplerini yerine getirmenin en etkili yolu iletişim ve bilgi paylaşımından geçmektedir. Uyumlu şirketler yalın lojistiği uygulayarak, ürünleri yığın halinde tedarik zincirine itmek yerine onların sistemden çekilmesi için bilgi teknolojilerini kullanacaklardır (Mariotti, 1997).

### **3.2.1 Yalın Lojistiğin Amacı ve Sağladıkları**

Yalın düşüncede amaç; sadece müşterinin istediği ürünleri (fonksiyon, kalite ve fiyat açısından), müşterinin istediği zamanda (pazara sunulduğu zaman, teslim süresi, sevkiyat sıklığı), daha az kaynak harcayarak (emek, ekipman, zaman, alan vb) üretebilmek ve müşteri için bir değer teşkil eden faaliyetlere odaklanabilmektir.

Yalın lojistik düşünce yapısının temelinde, sistem içindeki israfların ve etkin olmayan akışların detaylı olarak anlaşılması yer almaktadır. Bunun gibi akışların tespit edilmesinden sonra radikal veya iyileştirici çalışmaların yapılması yalın lojistik sistemine hizmet edecektir. Bunun yapılabilmesi için gerekli çerçeve sadece “Değer akış haritalandırma” olarak adlandırılır.

Yalın düşünce mantığından hareketle yalın lojistik, lojistik faaliyetlerindeki israfları ve verimsizlikleri ortadan kaldırmayı hedefler (Özden, 2004).

Yalın lojistik ile iç ve dış nakliyat, malzeme depolama, ürünlerin modasının geçmesi, paketleme gibi faaliyetlerdeki israfların ortadan kaldırılmasına çalışılmaktadır [5].

Yalın lojistiğin ana amacı, doğru parçaları, doğru ambalajlarda, doğru yerde, doğru kalite ve miktarda, doğru zamanda teslim ederek malzeme stoklarını ve lojistik maliyetlerini düşürmektir. Yalın lojistik sayesinde, tahminlerden kaynaklanan riskler, gereksiz envanter maliyetleri, parçaların eskime ve hasar görme tehlikeleri ortadan kaldırılır ve yüksek envanter çevrimleri, daha az israflar, yüksek kalite, daha fazla güvenilirlik, düşük maliyetler ve daha kısa işlem süreleri kazanılır [5].

Yalın lojistiğin sağladığı ölçülebilir sonuçlar Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.



Çizelge 3.2 Yalın lojistiğin sağladığı ölçülebilir sonuçlar (Martichenko, 2005)

<b>Artma</b>	<b>Azalma</b>
Ekipman kullanımı	Kutu hacmi
Alan verimliliği	Toplam lojistik maliyetleri
Tedarik zincirinin etkinliği	Bekleme süresi
Sevkiyat sıklığı	Malzeme taşıma
Kalite	İşlem süresi
Yükleme hızı	Çevrim süresi
Doğruluk	Stok alan ihtiyacı
Standardizasyon	Araç trafiği

### 3.2.2 Geleneksel Lojistik ile Yalın Lojistik Arasındaki Farklar

Geleneksel lojistik anlayışı ile yalın lojistik kavramı arasındaki farklar Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Geleneksel lojistik anlayışı ile yalın lojistik kavramı arasındaki farklar [6]

<b>Öge</b>	<b>Geleneksel Lojistik Anlayışı</b>	<b>Yalın Lojistik Anlayışı</b>
<b>Siparişlerin Verilmesi</b>	Faks, Elektronik veri değişimi (EDI), telefon	EDI ve/veya çevrimiçi
<b>Üretim</b>	Stok üzerine kurulu	Sipariş üzerine kurulu
<b>Taşıma</b>	Tam yüklü araç (TL), tam yüklü olmayan araç (LTL), harcanabilir kutular	Sürekli seferle, geri dönüşümlü kutular
<b>Transit Depolama</b>	Ambarlama	Hızlı sevkiyat, çapraz havuzlama
<b>Ambarda Depolama</b>	Fazla bekleme süresi	İhmal edilebilir bekleme süresi
<b>Fabrikada Depolama</b>	Ambarlama	Sürekli akış
<b>Nakliye Sıklığı ve Miktarı</b>	Düşük, büyük hacimlerde	Yüksek, küçük hacimlerde
<b>Taşımalar</b>	Yüksek	Düşük

Hines vd. (1998)'de yaptıkları çalışmalarında elektrik, elektronik ve mekanik parçaların merkezi bir dağıtıcısı (distribütörü) etrafında tedarikçi ağı gelişiminin sağlanması için yalın lojistik yaklaşımının uygulanışını tanımlamaktadır. Bu, firmadaki aktivitelerin haritalanmasını, gelişim için fırsatların tanımlanmasını ve daha sonrada firmayla beraber bir gelişme programının uygulanmasını kapsamaktadır. Sonuçta sekiz ürün kategorisini ve 50 anahtar tedarikçiyi kapsayan tedarikçi ilişki programı elde edilmiştir. Çalışma destek yapısıyla

beraber çalıştırılan methotları keşfetmek ve programın ilk sonuçlarıyla beraber diğerk işletmeler için anahtar öğrenme noktaları ile sonuçlanmaktadır (Hines vd., 1998).

McIvor, R., (2001), yaptığı çalışmada elektronik endüstrisinde bir orijinal ekipman üreticileri grubu (OEM) ile anahtar tedarikçileri arasında yalın tedarik modelinin uygulanabilip uygulanamayacağını araştırmış ve yalın tedarikğin iki anahtar boyutu olan müşteri grubu oluşturmada tedarikçilerinde kapsanması ile tedarikçilerin maliyetlerinin düşürölmesine odaklanmıştır. Çalışmadaki bulgular yeni ürün geliştirme sürecinde; tedarikçilerin ve müşterilerin yüksek seviyede entegrasyonu ve tedarik zincirinde yüksek seviyede bilgi değişimi alanlarında yalın lojistikle ilgili bazı ilkelerin göstergeler tarafından işaret edilmesine rağmen, toplam ‘yalınlık’ bu boyutlarda hala tam olarak sağlanamamıştır. Çalışma aslında partnerler arasında eşitlik koşulunun sağlanamamasından ve kazançların karşılıklı paylaşımından dolayı hala önemli bariyerlerin mevcut olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Yalın tedarik yakın ilişkiler ve karşılıklı güven olmadığı sürece başarılamayacaktır. Bu alışma sadece elektronik endüstrisinde yapıldığından dolayı farklı kollardaki araştırmalar gelecek çalışmalar için önerilmektedir (McIvor, R., 2001).

Cagliano vd. (2004)’de yaptıkları çalışmalarında Avrupa’daki üretim firmalarının tedarik stratejilerini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Entegrasyon mekanizmasının da adaptasyonuyla beraber tedarikçi seçimi kriteri olarak dört dallanma tanımlanmıştır. İki dallanma yalın ve evik modellere benzerken diğerkleri bazı gelişmeleri kapsayan geleneksel tedarik stratejileridir. Daha sonra stratejiler yapısal faktörlere ve üretim performanslarına göre tanımlanmaktadır. Çalışmada yalınlık ve çeviklik tabanlı tedarik zinciri stratejilerinin çok kriterli tedarikçi seçiminde uygun olduğu ve uzun dönemli tedarikçi ortaklığında iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Diğerk taraftan diğerk iki geleneksel yaklaşımda ise kısa dönemli tedarikçi seçimi baz alınmış ve bilgi entegrasyon mekanizması sağlanamamıştır. Ayrıca daha az gelişmiş olan stratejilerin en azından belirli sayıdaki ve konudaki kriterlere göre diğerklerine nazaran daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. Bu alışma sadece metal endüstrisindeki firmalara uygulandığından, diğerk endüstri kollarındaki firmalara uygulanması farklı sonuçlar verebilir. Gelecekteki alışmalar bu yöne kaydırılmalıdır (Cagliano vd., 2004).

Agarwal vd. (2005)’teki çalışmalarında esneklik ve çevikliğin gerektiği noktada tedarik zincirinin de bu parametrelere ayak uydurması gerektiğini ifade etmektedirler. Çalışma tüketim ürünlerinin hızlı taşınmasını baz alan tedarik zinciri örnekleri için temin zamanı, maliyet kalite, servis seviyesi ile çeviklik ve yalınlık arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.

Çalışma neticesinde tedarik zinciri üzerindeki yalın, çevik ve yalın çeviklikten oluşan 3 unsurun pazar payına olan etkisini analiz eden çalışma çerçevesini haklı çıkarmıştır.

Çalışmada ana kriterleri oluşturabilecek alt boyuttaki kriterlerin tedarik zincirini oluşturabilecek 3 paradigma arasından seçim aşamasında nasıl etkili olabileceği araştırılmış ve bu noktada da çok ölçütlü karar verme aracı olarak Analitik Ağ Prosesi (ANP) kullanılmıştır. Bu çalışma sadece hızlı taşınması gereken tüketim ürünleri için yapıldığından diğer çalışma alanlarındaki tedarik zinciri uygulamaları gelecek çalışmalar için önerilmektedir (Agarwal vd. 2005).

### **3.2.3 Yalın Lojistiğin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkisi**

Geleneksel olarak üç parça halinde olan tedarik zinciri; satın alma, üretim ve dağıtım parçaları olarak uzun yıllar birbirinden bağımsız olarak yönetilmiştir. Bahsedilen tarzdaki lojistik zinciri yönetimi artık değişmiştir; özellikle üreticiler, tedarik zincirinin bir parçasına odaklanıp o kısmın performansını arttırmaktansa bütün zincire odaklanmaktadır (Hines, 1998).

Değer akışının nerede başladığını ve bittiğini görmek için işlem gören en uzun akış süresine sahip parça için hammaddeye kadar geri gidilebilir. Diğer taraftan, müşterinin ürünü satın almasıyla değer akışının sona ermediği her işletmenin bilmesi gereken bir bilgidir. Sadece satın alma noktasından itibaren geriye doğru sayılsa bile tedarik zinciri oldukça uzundur.

En iyi model ve hala dünyadaki en etkili tedarik zinciri olan, “Yalın Düşünce”de de tarif edilen Toyota’nın piyasa sonrası parçaları dağıtım sistemidir. Bu sistem hala, yalın dağıtım merkezleri ile, ürünleri ve çapraz sahaları seçen döngüsel sefer karma yüklü teslimatları aracılığıyla yalın bir ikmal sisteminin nasıl çalıştırılacağı üzerine küresel standardı saptamaktadır (Jones, 2005).

### **3.2.4 Yalın Lojistik Sisteminde Tedarikçiler ile İlişkiler**

Ana sanayi kuruluşlarının bir görevi, tedarikçilerine yalın lojistik uygulamaları hakkında kapsamlı eğitim olanakları sunmak ve uygulamaya geçişte tedarikçilerine danışmanlık hizmeti götürmektir. Japon firmalarının ulaştıkları yenilmez konumları, yan sanayilerine büyük bir ciddiyet ve sorumlulukla yaklaşmaları sayesinde olmuştur.

Yalın lojistik kavramının bir gereği olarak tedarikçiler ile senkronize bir yapının kurulması için dikkat edilmesi gereken noktalar (Özden, 2004):

- Tedarikçiler ile birleştirilmiş iletim süreleri ve teslimat planları,
- Tedarikçilerden gelecek ürünün ancak üreticinin çekmesi sonucunda tek parça olarak akması,
- Tedarik ağının sıklığı sayesinde stokların en düşük seviyeye çekilmesi,
- Tedarikçi gerekli malzemeyi tam istenilen anda, istenilen yere getirmesi,
- Ürünün giriş kontrolünün en az seviyeye çekilmesi,
- Tedarikçi ile ürün çizelgeleri ve üretim ile ilgili olarak çift taraflı bir iletişim kanalının kurulması,
- Sıfır kalite hatası için mücadele verilmesi,
- Tedarik ağı boyunca etkinliğin ve karlılığın artırılmasıdır.

Yalın lojistik düşünce sistemindeki tedarikçi-üretici arasındaki ilişki ile yalın lojistik öncesindeki geleneksel durumun değişkenlere göre kıyaslaması Çizelge 3.4'te yapılmıştır.

Çizelge 3.4 Yalın lojistiğin düşünce sisteminde tedarikçi-üretici arasındaki ilişkinin, yalın lojistik öncesi dönem ile kıyaslanması (Özden, 2004)

Değişken	Geleneksel Tarz	Yalın Lojistik Ortamı
Tedarikçi sayısı	Çok	Az
Satın almacı sayısı	Çok	Az
Tedarikçi ile olan ilişkinin odağı	İş odaklı	Karşılıklı fayda odaklı
Tedarikçi ile ilişki uzunluğu	Kısa dönemli	Uzun dönemli
Kalite	Kontrol edilerek alınır	Tedarikçi dizayna dahil edilir
Teslimatlar	Büyük partiler halinde	Küçük partiler halinde
Stok seviyesi	Yüksek	Düşük
İletişim	Az	Çok
Üretim esnekliği	Az	Çok
Teknoloji paylaşımı	Çok sınırlı	Fazla
Tedarikçi için gelecek garantisi	Yok gibi	Oldukça fazla
Tedarikçi seçim kriteri	Fiyat	Performans
Tedarikçi fiyat uygulamaları	Rekabetçi ihaleler ile belirlenir	Hedef maliyet ile belirlenir
Tedarikçinin ürün geliştirmedeki rolü	Çok sınırlı	Oldukça fazla

### 3.2.5 Yalın Lojistik Teknikleri

Bu bölümde kısaca yalın lojistik tekniklerine değinilecektir.

### 3.2.5.1 Üçüncü Parti Lojistik

İşletmelerin lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanmak suretiyle gerçekleştirdikleri faaliyetler üçüncü parti lojistik olarak adlandırılır (Şekil 3.2). Üçüncü parti lojistiğın neden üçüncü olarak nitelendiğı ise birinci ve ikinci parti lojistiğın açıklanmasıyla anlaşılabilir. Dördüncü parti lojistik ise daha sonra ortaya çıkmıştır.

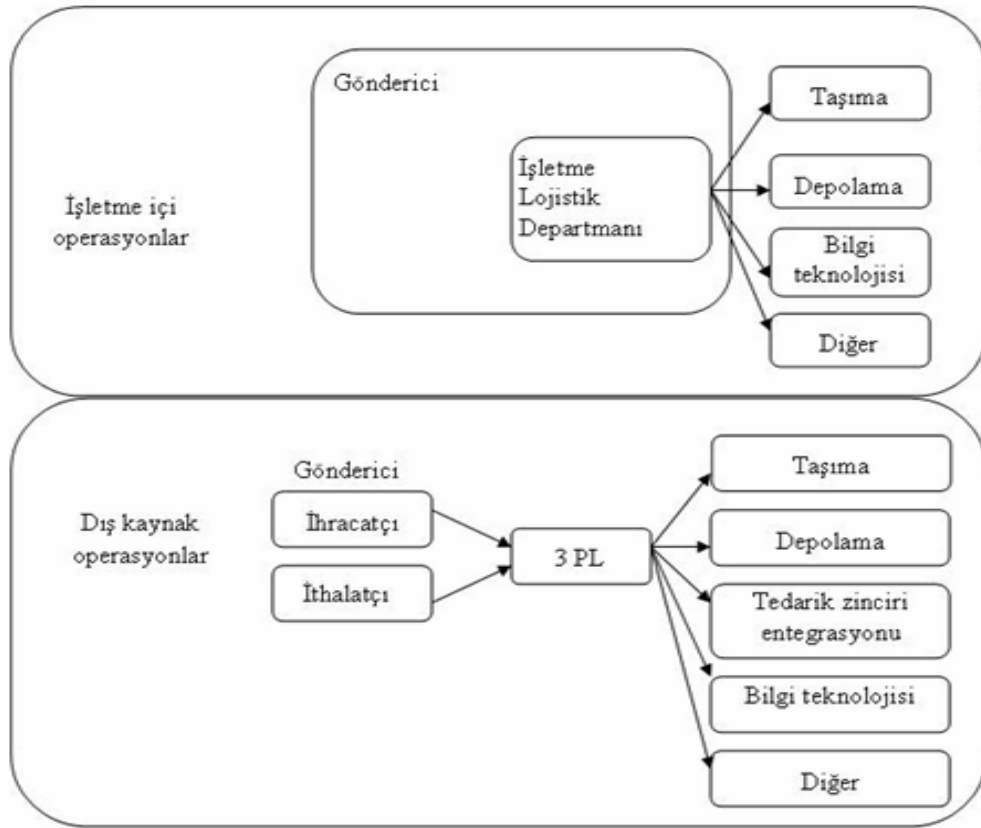
- Birinci parti lojistik: Üretici, toptancı, perakendeci veya göndericidir,
- İkinci parti lojistik: Birinci partinin doğrudan müşterisidir,
- Üçüncü parti lojistik: Lojistik araçlar; hizmet sağlayıcı, taşıyıcı, antrepo işletmecisidir,
- Dördüncü parti lojistik: Lojistik ürün, bilgi akış süreçlerini koordine ve entegre eden işletmedir.

Uluslararası rekabet ortamı işletmeleri uzmanlık alanları dışındaki faaliyetleri konusunda uzman, profesyonel şirketlere devretmeye zorlamaktadır. Bu faaliyetler dizisinin aksamadan hızlı ve ekonomik bir şekilde yapılandırılmasında firma dışında konusunda deneyimli lojistik firmalarına büyük sorumluluklar düşmektedir. Üçüncü Parti Lojistik (3PL) olarak adlandırılan bu anlayış içerisinde hammaddenin ortaya çıkışından fabrikaya taşınması, dahili işlemler ve sonrasında tamamlanmış nihai ürünlerin tüketim merkezlerine ve alıcılara zamanında ulaştırılması belirli düzeyde bilgi birikimi, tecrübe ve işletmecilik becerisi gerektirmektedir.

Üçüncü parti lojistik şirketleri yan sanayiden işletmeye malzeme akışı yani fiziksel tedarik aşamasında, üretim işlemlerinde yani dahili işlemler aşamasında ve işletmeden alıcılara kadar uzanan malzeme akışı faaliyetlerinde hizmet sunabilme yeteneğine sahiptir. Birçok üretici tedarik zinciri yönetimi fonksiyonlarının bir kısmında veya tamamında dış kaynak kullanımına gitmektedir. Üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerle işbirliği yapma nedenlerini aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür (Çancı ve Erdal, 2003):

- Lojistik maliyetlerini azaltmak,
- Lojistik yeteneklerini optimize etmek,
- Müşteri memnuniyetini arttırmak için, müşteri isteklerine karşı daha esnek ve bu beklentilere cevap verecek kapasitede sahip olmak,
- Elde bulunmayan yetenekler için uzmanlık ve kaynak sağlamak,
- Firmanın ana faaliyet alanı üzerine yoğunlaşmak,
- İşgören problemlerinden kaçınmak ve müşteri hizmetlerini geliştirmek,

- Müşterilerine daha iyi hizmet için katma değer yeteneklerini (core competencies) geliştirmek,
- Operasyonları geliştirmek,
- Sermaye bağlamaktan kaçınmak,
- Kontrol, düzeltme ve yeni talimat maliyetlerinden kaçınma,
- Piyasada esneklik ve piyasanın değişen beklentilerine karşı çeviklik kazanmak,
- Operasyonel faaliyetlerdeki avantajların dışında, stratejik çözümler sağlamak ve stratejik ortak elde etmek,
- Talep dalgalanmalarını karşılamak,
- Yeterli düzeyde bilgi ve iletişim teknolojisine sahip olmamak.



Şekil 3.2 Üçüncü parti lojistik (Jiong ve Amelica, 2001)

### 3.2.5.2 Dördüncü Parti Lojistik

Dördüncü Parti Lojistik (4PL) yaklaşımında dışarıdaki uzman firmanın bilgi, deneyim ve teknolojisi de alınarak işletme süreçleri yeniden tasarlanır ve geliştirilir. Lojistik hizmet sağlama anlayışı ile firmalar her bir müşteriye sadece onu ilgilendiren, ona özgü olan problemlere terzi işi çözümler üretirler (Çancı ve Erdal, 2003).

4PL şirketler farklı müşterilerin tedarik zinciri faaliyetlerini yürütmektedirler. Lojistik faaliyetlerini gerçekleştirmede optimizasyonu sağlayacak en başarılı 3PL şirketleri seçilmekte ve 4PL şirketi bunlar arasındaki koordinasyonu sağlamaktadır. Koordinasyon sırasında bilgi teknolojisi oldukça önemli bir yere sahiptir. 4PL işletmelerine olan ihtiyaç lojistiğin gelişmesi ve firmalar için önemli hale gelmesi ile giderek artmaktadır. 3PL'lerin en büyük hataları, sadece maliyet düşürme amacıyla hareket etmeleri, müşteri için değer yaratmaya çalışmamaları, sürekli gelişmenin ve yeniden yapılanmanın üzerinde durmamalarıdır. Dördüncü parti lojistik ve tedarik zinciri yönetimi faaliyetleri bir bütün olarak düşünüldüğünde hem maliyet hem de kalite alanında gelişmeler kaydedilecektir (Çancı ve Erdal, 2003).

4. PL işletmelerinin sundukları hizmetler şunlardır;

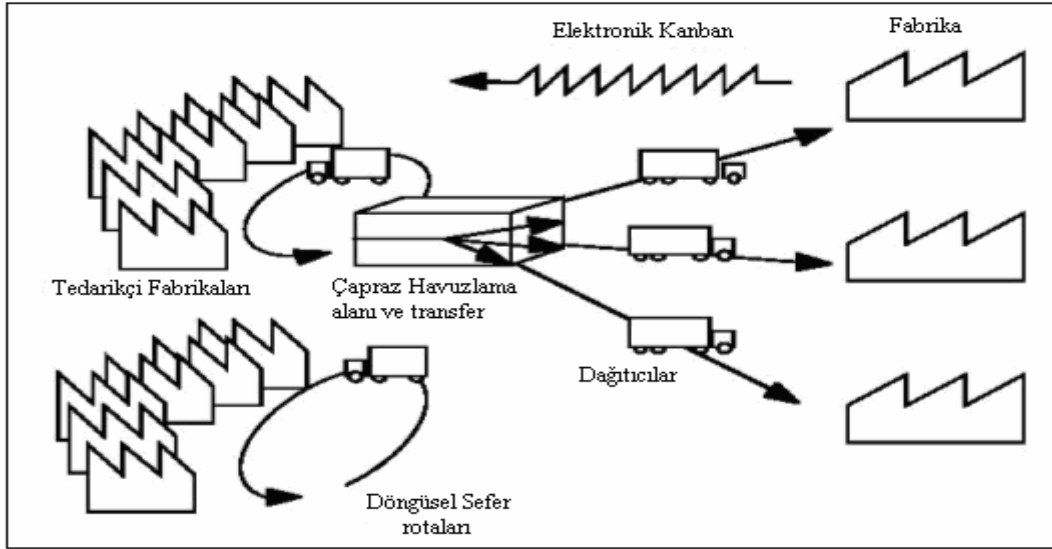
- Taşıma hizmetlerinin yanında dağıtım ve depolama gibi diğer lojistik faaliyetlerini de entegre bir biçimde sağlayabilmek,
- Lojistik alanındaki değişimlerle birlikte organizasyonel konulardaki gelişmeleri de birleştirerek, işletme yönetimine sunabilmek,
- PL sağlayıcıların, çalıştıkları firmaların işlerini kısa bir sürede öğrenerek firma müşterileri için daha iyi çözüm üretmek,
- PL şirketlerin güçlü teknolojik altyapı ile başarılı bir tedarik zinciri uygulaması meydana getirmektir.

### 3.2.5.3 Doğrudan Ambara Nakliyeler

Büyük perakendeciler tedarikçilerden, ürünleri dağıtım merkezine gönderip orada saklamak yerine, direkt olarak ambarlara göndermelerini isterler. Bu, ürüne zaman ve maliyet katan ancak değer katkısı olmayan adımları ortadan kaldırarak yollarda da daha az kamyon ve daha düşük nakliye maliyetleri oluşmasını sağlar (Wall, 2003). Direkt taşıma seçeneğinde tüm taşımalar tedarikçilerden ürecilere veya üreticilerden perakendecilere direkt olarak herhangi bir merkeze uğramadan taşınmaktadır. Direkt taşıma şebekesinde, her bir taşımanın rotalaması o taşımaya özgü bir şekilde yapılmaktadır (Chopra vd., 2001). Direkt taşıma sisteminin avantajları; depoları elimine etmesi, operasyon ve koordinasyon kolaylığı sağlamasıdır. Direkt taşıma şebekesi, eğer perakendeciler yeterli derecede büyükse ve her bir tedarikçiden her bir satıcıya olan optimal tekrar gönderim büyüklükleri, tam gönderime yakınsa uygulamaya konmalıdır.

### 3.2.5.4 Döngüsel Sefer ve Çapraz Havuzlama Sistemleri

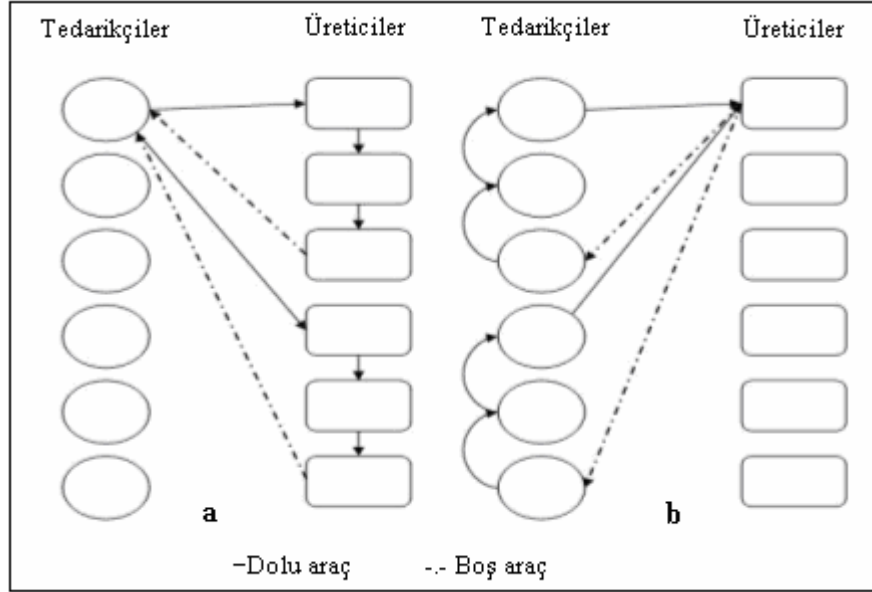
Döngüsel sefer, tedarikçilere ayrı ayrı araç gönderilerek gerekli parçaların toplanması yerine, öncesinde bölgelere ayrılmış tedarikçi gruplarından belirli rotalar ve sıralarda mümkün olduğunca en az araçla parça toplama işleminin gerçekleştirilmesidir. Burada lojistik hizmeti veren firmaya Ana Lojistik Sağlayıcı (LLP) denilmektedir. Döngüsel sefer adı verilen taşıma sisteminde; bir kamyon, gönderici ve alıcı şirketler arasında gidip gelirken, birkaç göndericiye birden hizmet vermektedir. Bu sistemde hizmetler sabit ve esnek hizmetler olmak üzere iki tipte gerçekleştirilmektedir. Sabit sistemde her taşıyıcı her gün aynı miktarları taşımaktadır. Esnek sistemde ise göndericiler, bir gün önce veya aynı günün sabahı ihtiyaçları olan yer miktarını hacmi ile birlikte taşıyıcıya bildirmekte ve taşıyıcı her gün yeni turlar düzenlemektedir. Şekil 3.3'te döngüsel sefer ile sevkiyat ve çapraz havuzlama sistemlerinin birlikte uygulandığı bir yapı görülmektedir. Bu yapıda, döngüsel sefer kamyonları önceden belirlenen çizelgelere göre tedarikçilerden tüm siparişleri toplar ve bunları boşaltmak için çapraz havuzlama deposuna gelirler. Parçalar burada toplanmak için bekletilir ve birkaç saat içerisinde, kamyonlar bu noktaya ulaşmasının ardından bir şekilde yükleme yapılır ve direkt olarak müşteri fabrikasına gönderilir. Dağıtımın ve karmaşık tedarik zincirinin merkezinde olmasına karşın, çapraz havuzlama deposu, yeni teslim edilen ve bir sonraki sevkiyat için hazır bekleyen bu parçalardan başka stok bulundurmaz (Eranıl, 2005).



Şekil 3.3 Döngüsel sefer ve çapraz havuzlama sistemleri (Eranıl, 2005)

Bir döngüsel sefer sistemi iki çeşit rotalanabilir, birinci seçenekte (Şekil 3.4 a), taşıyıcı araç (kamyon veya tırlar) burada bir tedarikçiden yükü alır ve farklı üreticileri dolaşarak farklı yerlere boşaltma yapar; ikinci rotalama türünde ise (Şekil 3.4 b), bir kaç tane tedarikçiden çeşitli yükleri alır ve bir tek üreticiye boşaltır (Chopra ve Meindl, 2001).





Şekil 3.4 a) Çoklu üreticilere döngüsel sefer sistemi b) Çoklu tedarikçilerden döngüsel sefer sistemi (Chopra ve Meindl, 2001).

Döngüsel sefer yapısının uygulamaya konulmasının sistem üzerindeki avantajlarından bazıları şöyledir [7]:

- Yüksek stok devir hızı,
- Daha az stok ve stok sahası ihtiyacı,
- Daha kolay stok kayıt ve takibi,
- Hız ve esneklik avantajı,
- Zaman kazancı,
- Nakliye maliyeti tasarrufu,
- Sistem içersinde paketlerin dönüşü ,
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol,
- Doklardaki birikmenin önlenmesi,
- Ana sanayi için yan sanayi üzerinde etkin kontrol,
- Yan sanayi için ölçek ekonomisi yaratma ve etkin birleşme sağlayabilme olanağı,
- Yan sanayi için farklı kullanıcıların birlikte hizmet alması ve verimliliğin artırılması.

Sürekli sevkiyat sisteminde örnek bir bilgi akışı yapısı Şekil 3.5'te görülebilir.



Şekil 3.5 Sürekli sevkiyat sisteminde örnek bir bilgi akışı yapısı [8]

Buradaki yapıda; ana sanayi ile lojistik sağlayıcısı arasındaki ve lojistik sağlayıcı şirket ile yan sanayi arasındaki bilgi akışı genellikle lojistik sağlayıcı şirket tarafından geliştirilen bir yazılım üzerinden gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra ana sanayi ile yan sanayi arasında da EDI yardımıyla bilgi akışı sağlanmaktadır. Sistem dahilinde, teslim gününden bir gün önce tedarikçiden gelen bilgiye göre malzemeler alınır. Malzemeler depoda konsolide edilir. Teslim günü depodan hareketle ana sanayiye sevkiyat yapılır. Eğer acil bir durum varsa saatlik sevkiyatlar da gerçekleştirilebilir. Ana sanayide boşaltma gerçekleşir ve boş ambalajlar için süreç tersine işletilir.

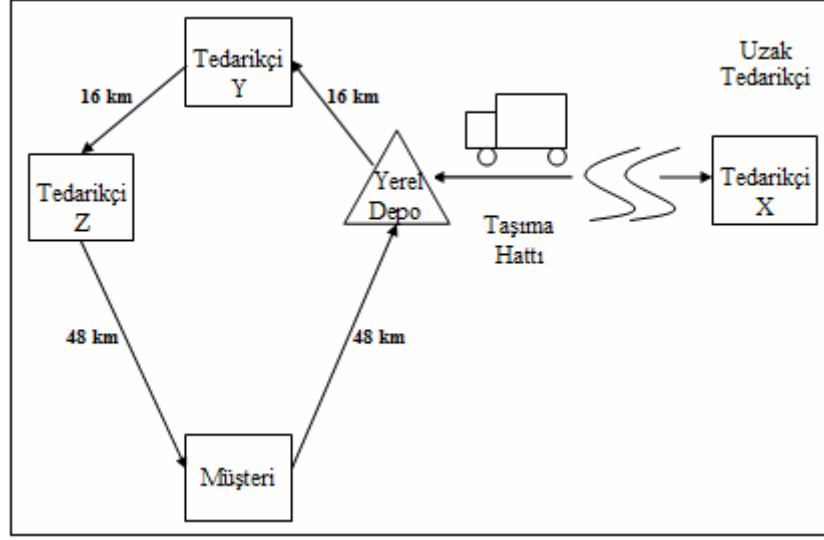
#### 3.2.5.4.1 Döngüsel Seferin Kullanımı ve Uzak Tedarikçiler

Döngüsel sefer taşıma sisteminin farklı koşullarda kullanımına ilişkin bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

##### 3.2.5.4.1.1. Tedarikçi Depolarının Müşteri Fabrikaya Yakın Olması Yaklaşımı

Bu yaklaşımda tedarikçiler müşteri tesisinin yakınındadır ve ürünler döngüsel sefer sistemiyle fabrikaya gelmektedir. Uzakta olan tedarikçiler için de yerel bir depoya taşıma yapılarak döngüsel sefer sistemine bağlantı yapılır. Eğer uzaktaki tedarikçi yerel depoyu besleme açısından yeterli olamıyorsa bir tane daha kurulabilir. Uzaktaki tedarikçilerden malzemelerin alınabilmesi için kullanılabilecek diğer bir seçenek birleştirme merkezi (consolidation

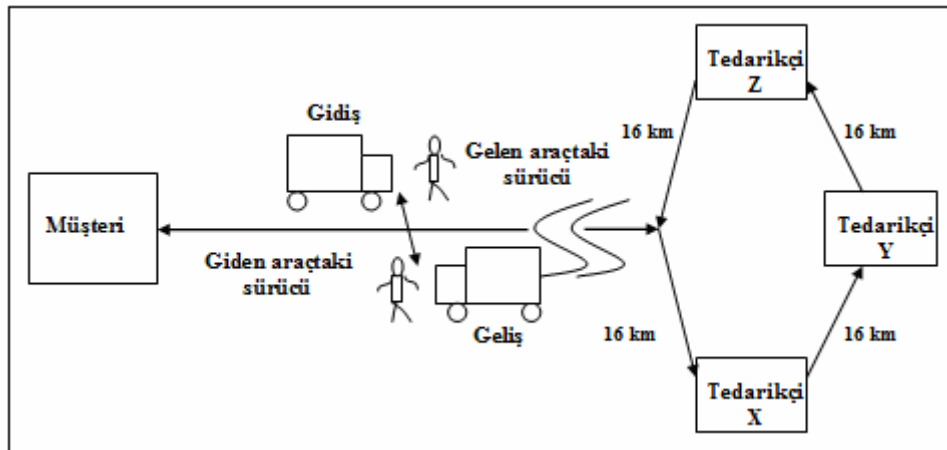
center)’dır. Şekil 3.6’da görüldüğü gibi bazı üreticiler birleştirme merkezleri kurarak, onlarca parçadan binlerce parçaya kadar parçaları uzaktaki tedarikçilerden almaktadır (Baudin, 2004).



Şekil 3.6 Yerel bir depo kullanan uzaktaki tedarikçi (Baudin, 2004).

#### 3.2.5.4.1.2. Lokal-Uzaklıktaki Döngüsel Sefer Yaklaşımı

Döngüsel sefer yaklaşımı coğrafik olarak, tedarikçilerin birbirlerine yakın oldukları fakat hepsinin topluca esas üretici olan müşteriye uzak oldukları durumunda genişletilebilir. Bir otomotiv endüstrisinde bu sistem 960 km’den daha uzaktaki tedarikçilerle gerçekleştirilmektedir. Tedarikçilerin çok uzakta olduğu sistemlerde tedarikçilerden gelen kamyonla, dağıtım yapmış ve dönmekte olan kamyon şoförleri arasında slip-seat (koltuk değiştirme) uygulaması yapılabilir (Şekil 3.7). Bunun için her iki kamyonunda şoförünün gidişlerde ve dönüşlerde bulunduğu belirli bir yer olmakta ve şoförler buralarda kamyonlarını değiştirebilmektedir (Baudin, 2004).



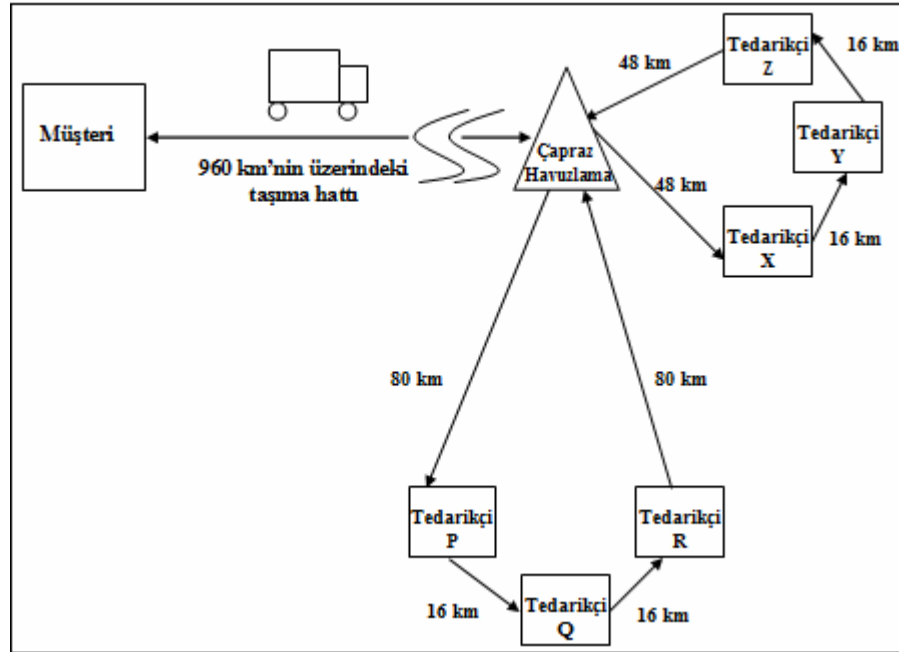
Şekil 3.7 “Slip-Seat” sistemli yerel uzak döngüsel sefer (Baudin, 2004).

### 3.2.5.4.1.3 Tedarikçilerin Yakınında Olan Bir Çapraz Havuzlama Sistemiyle Lokal-Uzak Döngüsel Sefer Yaklaşımı

Bu sistemde birbirlerine yakın olan farklı gruptaki tedarikçiler mevcuttur. Fakat bu tedarikçiler diğer grubu oluşturan tedarikçilere ve müşteriye uzaktırlar. Bu durumda, tedarikçi grupları arasında ayrı ayrı döngüsel sefer uygulamaları yapılır ve ürünler kamyonlarla müşteriye belirli bir mesafede bulunan çapraz havuzlama deposuna getirilir. Çapraz havuzlama deposundan ürünler sıralanarak ve tasnif edilerek müşteriye gönderilir (Baudin, 2004).

### 3.2.5.4.1.4 Uzak Mesafe Döngüsel Sefer Yaklaşımı

Taşıma faaliyetlerini ekonomikliği taşıma mesafesine göre değişiklik göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) taşıma mesafesi 960 km'yi aştığında, tedarikçi gruplarının merkezine bir birleştirme merkezi konularak, taşımaların buraya yapılması sağlanır (Şekil 3.8), buradan da taşımalar intermodel taşımacılık tekniğiyle veya fabrikaya yakın olan yerlere kadar demiryoluyla da yapılabilir (Baudin, 2004).

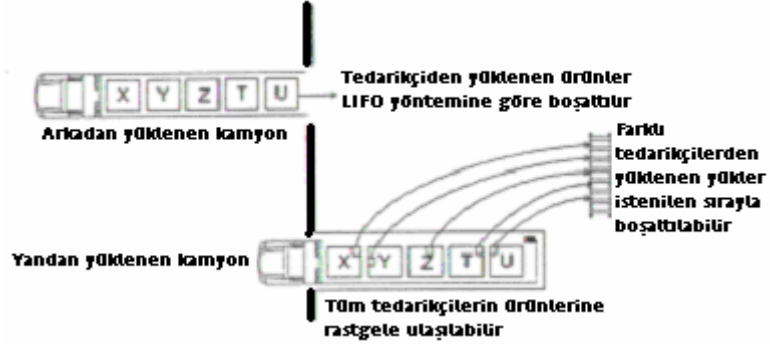


Şekil 3.8 Uzak mesafe döngüsel sefer yaklaşımı (Baudin, 2004).

### 3.2.5.4.2 Döngüsel Sefer için Kullanılabilecek Kamyon Türleri

ABD'de birçok kamyon arka kısmından yüklenilir ve arka kısmından boşaltılır ve bu kamyonlar 9-12 fit genişliğinde ve yerden 42-60 inç yüksekliğindedir (Şekil 3.9). Bu kamyonlar sadece Son Giren İlk Çıkar (LIFO) yöntemine göre boşaltılabilir. Eğer beş

tedarikçiden ürün yüklenmişse, ilk yüklenen ürün sonraki dört ürün boşaltılmadan boşaltılamamaktadır. Boşaltma hızı ise kamyonun genişliği ile sınırlanmaktadır. Az kamyonun sahip olduğu yandan yükleme özelliği sayesinde, farklı tedarikçilerden yüklenen yükler istenilen sıraya göre boşaltılabilir (Baudin, 2004).



Şekil 3.9 Arkadan yüklenene karşın yandan yüklenen kamyon (Baudin, 2004).

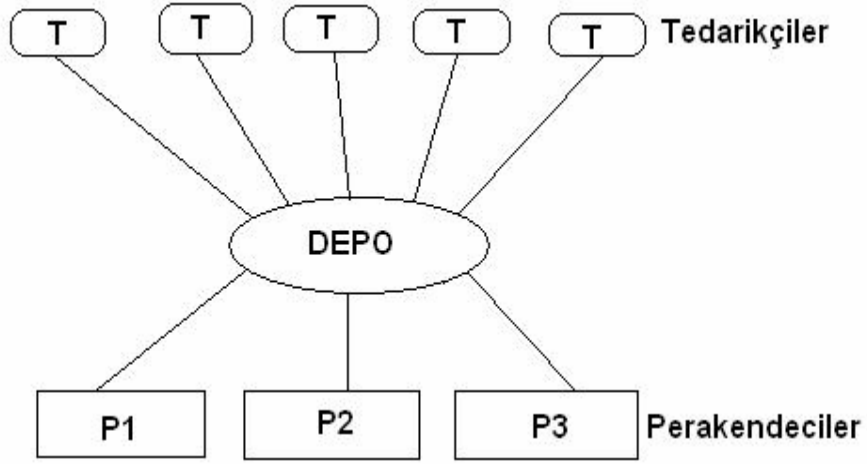
#### 3.2.5.4.3 Çapraz Havuzlama Sistemi

Bu ürünlerin dağıtım merkezi boyunca hareketini kolaylaştırmak için kullanılan bir prosestir (Wall, 2003). Ürünün tedarikçiden alıcıya varıncaya kadar stoklanmadan hareket etmesini sağlar. Bir veya daha fazla çıkış noktasından, bir veya daha fazla varış noktasına hareket edecek ürünler konsolide edilir. Çapraz havuzlamada siparişler alıcıların isteğine göre bütünleştirilir ya da parçalanır.

Ürünü alıp, depoya koyup, depodan çekip, etiketleyip, daha sonra göndermek yerine; çapraz havuzlama adından anlaşılacağı gibi, bir kamyonun bir palet veya konteynırı çeker veya yeniden paletler ya da direkt olarak havuzlama alanındaki başka bir kamyonu taşır. Bu birçok değer katmayan adımın elenerek zaman hızını artırılmasını sağlar. Etkili çapraz havuzlama sağlamak için gelişmiş nakliye bilgilerinden dağıtım merkezlerine nelerin geldiği ile ilgili gelişmiş bilgiye sahip olunması ve kartonların veya paletlerin tedarikçiler tarafından önceden etiketlenmiş olması etkili yollardır (Wall, 2003).

Çapraz havuzlama tedarikçiden temin edilen malların depoya alınmadan tasnif edilerek müşterilerin ihtiyaçlarına göre sevk edilmesi işlemidir [9]. Çapraz havuzlama stokta beklemeleri, depolamaları ve bir ambarın siparişlerini toplama fonksiyonlarını elimine eden, aynı zamanda da ambarın siparişleri alma ve sevk etme fonksiyonlarına hizmet eden bir lojistik tekniğidir. Bu teknik şirketlere aynı zamanda envanter maliyetlerini elimine etme ve taşıma maliyetlerini düşürme imkanı da sağlamaktadır.

Çapraz havuzlama sisteminin yapısı Şekil 3.10'da basit bir şekilde gösterilmiştir.

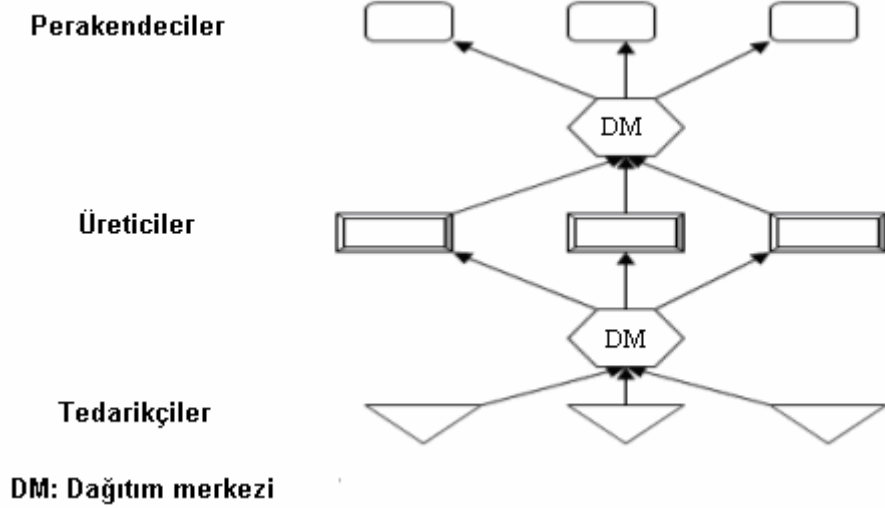


Şekil 3.10 Çapraz havuzlama sisteminin yapısı

Çapraz havuzlama sisteminde, ürünün tedarikçiden alıcıya varıncaya kadar stoklanmadan hareket ettirilmesi sağlanmaktadır. Bu yapıda, bir veya daha fazla çıkış noktasından, bir veya daha fazla varış noktasına hareket edecek ürünler konsolide edilmektedir. Çapraz havuzlama ambarlarında, siparişler alıcıların isteğine göre bütünleştirilmekte ya da bölünmektedir. Çapraz havuzlama ambarlarının normal ambarlardan farkı buradaki stok seviyelerinin çok az olmasıdır. Ayrıca burada iyi bir Bilişim Teknolojileri (IT) desteği olması da bu ambarları diğerlerinden ayıran bir özelliktir [10].

Çapraz havuzlama sisteminin bir özelliği de ithal ürünleri yerli tedarikin içine veya yerli ürünleri ihracat tedarikinin içine taşıyabilmesidir. Bu durum, bugünün lojistik operasyonlarında oldukça yaygın hale gelmektedir.

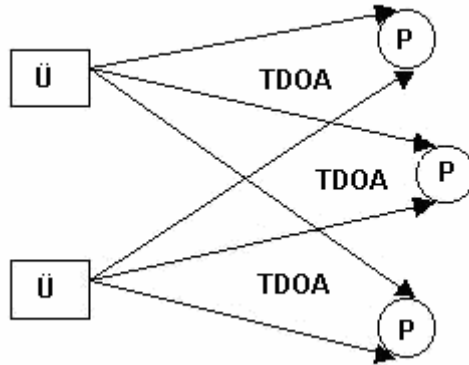
Bu sistemde, tedarikçiler gönderimleri direk olarak perakendecilere göndermezler. Perakendeci zinciri satıcıları coğrafi bölgelere böler ve her bir bölge için bir Dağıtım Merkezi (DM) oluşturulur. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi tedarikçiler, gönderimlerini dağıtım merkezine gönderir ve dağıtım merkezi de uygun gönderimleri her bir üreticiye yönlendirir. Üretici, ihtiyacı olan tedarikleri sağladıktan sonra ürünlerini yine bir dağıtım merkezine gönderir. Tedarikçiler perakendecilerden uzak olduğu ve transportasyon maliyetleri yüksek olduğunda; DM, her iki durumda da lojistik maliyetlerinin düşürülmesine yardım eder (Chopra ve Meindl, 2001).



Şekil 3.11 Dağıtım merkezinden yapılan taşıma (çapraz havuzlama) (Chopra ve Meindl, 2001).

### 3.2.5.4.3.1 Çapraz Havuzlama Sistemi Uygulanan ve Uygulanmayan Durumların Karşılaştırılması

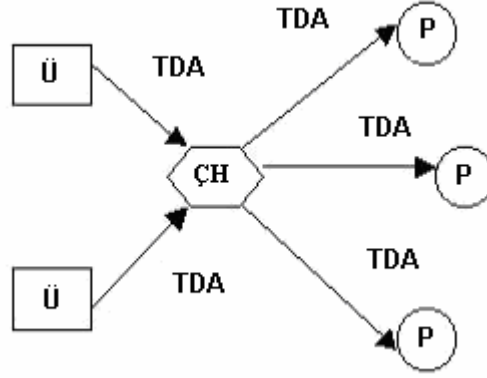
Çapraz havuzlama sistemi uygulanmadan önceki durum Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12 Çapraz havuzlama sistemi uygulanmadan önceki durum [10]

Burada Ü: üreticileri, P: perakendecileri, TDOA: tam dolulukta olmayan araç sevkiyatlarını ifade etmektedir. Şekilde görüldüğü gibi her üretici firma perakendecilerin taleplerini ayrı ayrı ve tam dolulukta olmayan araçlarla karşılamaktadır. Bu durumun oldukça maliyetli olduğu ve israflardan arınması gerektiği açıkça görülmektedir.

Çapraz havuzlama sisteminin uygulanması ile sistem Şekil 3.13’deki yapıya dönüşmektedir.



Şekil 3.13 Çapraz havuzlama sisteminin uygulandığı sistem [10]

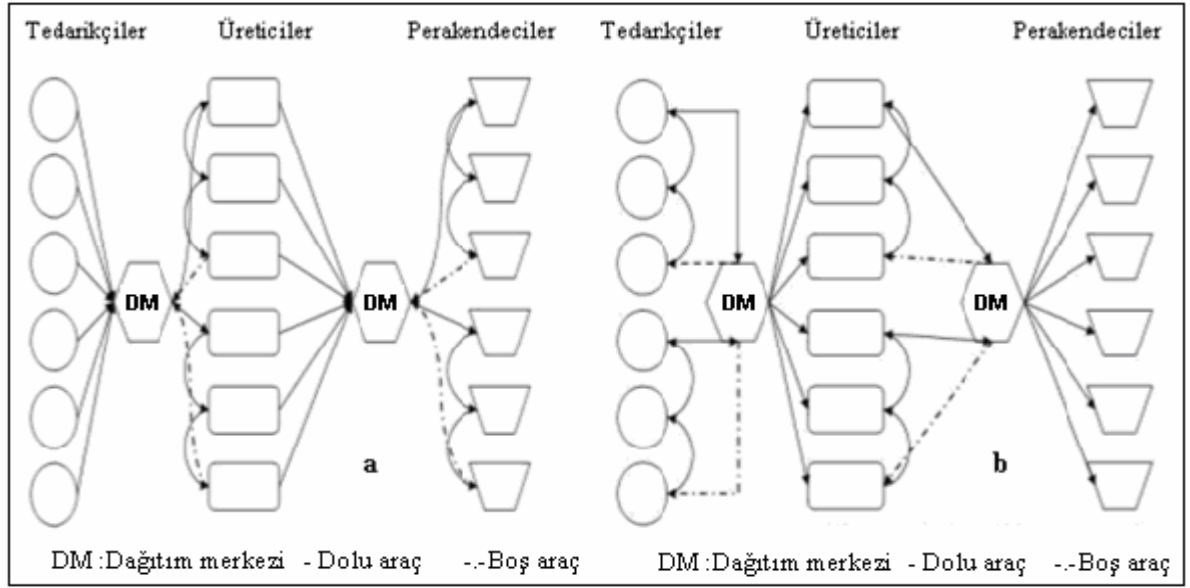
Burada Ü: üreticileri, P: perakendecileri, TDA: tam dolulukta olan araç sevkiyatlarını ifade etmektedir. Önceki durumdan farklı olarak burada üreticiler ürettiklerini çapraz havuzlama depolarına, üç araç yerine bir araçla ve tam dolulukta olmayan araç sevkiyatlarının yerine tam doluluktaki araç sevkiyatları ile göndermektedirler. Parçalar burada toplanmak için beklerler ve birkaç saat içerisinde, araçlar buraya ulaşır, hızlı bir şekilde yükleme yapılır ve direkt olarak perakendecilere gönderilir. Bu arada yine tam doluluktaki araç sevkiyatları gerçekleşir ve parçalar uzun süre stokta beklemeden dağıtılmış olurlar.

### 3.2.5.5 Döngüsel Sefer ile Çapraz Havuzlama Entegrasyonu

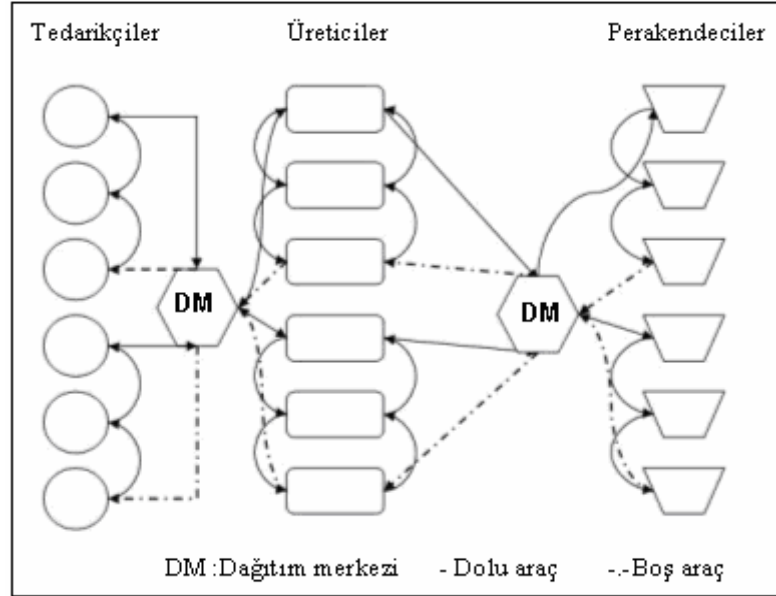
Döngüsel sefer sistemleri, küçük miktardaki yükleri bir araya toplayarak DM'lerden çıkış taşımalarını azaltmaktadır. Çapraz havuzlama ve döngüsel sefer sistemlerini bu şekilde bir arada kullanmak, hem transportasyon maliyetini düşürmekte hem de yükler az miktarlarda dolum oranıyla perakendecilere veya üreticilere ekonomik şekilde gitmektedir (Chopra ve Meindl, 2001). Döngüsel sefer sisteminin çapraz havuzlama ile entegrasyonu, dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer (Şekil 3.14 a), dağıtım merkezi öncesi döngüsel sefer (Şekil 3.14 b), dağıtım merkezi (DM) öncesi ve sonrası döngüsel sefer şekillerinde olabilmektedir (Şekil 3.15). Dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer taşıma sisteminde (Şekil 3.14 a), her bir tedarikçiden veya üreticiden DM'lere taşımalar direk olarak yapılmaktadır. Daha sonra buralarda yük birleştirmeleri yapıp tek araca yüklenen, çeşitli üreticilerin veya perakendecilerin çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden gelen yüklemeleri, döngüsel sefer yapılarak sahipleri olan üreticilere veya perakendecilere dağıtılır. Dağıtım merkezi öncesi döngüsel seferde ise çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden toplanan yüklemeler, döngüsel sefer araçları vasıtasıyla çapraz havuzlama merkezine gelir. Burada yük birleştirmeleri yapıldıktan sonra bu yüklemeler direkt olarak, her bir üreticiye veya perakendeciye direkt taşıma metoduyla ulaştırılır (Şekil 3.14 b). Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer



sisteminde ise, hem dağıtım merkezi öncesinde hem de sonrasında döngüsel sefer yaptırılır (Şekil 3.15).



Şekil 3.14 a) Dağıtım merkezi sonrası (Çapraz havuzlama-Döngüsel sefer) b) Dağıtım merkezi öncesi (Döngüsel sefer-Çapraz havuzlama)



Şekil 3.15 Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer (Döngüsel sefer-Çapraz havuzlama-Döngüsel sefer)

### 3.2.5.6 Fabrika İçi Döngüsel Sefer Sistemi

Forklift kullanımına ihtiyaç duyulduğunda, elde edilebilmesinin zaman alması nedeniyle fabrika içi döngüsel sefer sistemine gerek duyulmuştur. Örnek olarak, eğer bir şehirde 100 adet taksi varsa ve her biri zamanlarının %90'ında dolu olarak yol alıyorsa, çok düşük olasılıkla hepsi aynı anda dolu olacaktır. Bu durumun olasılığı;

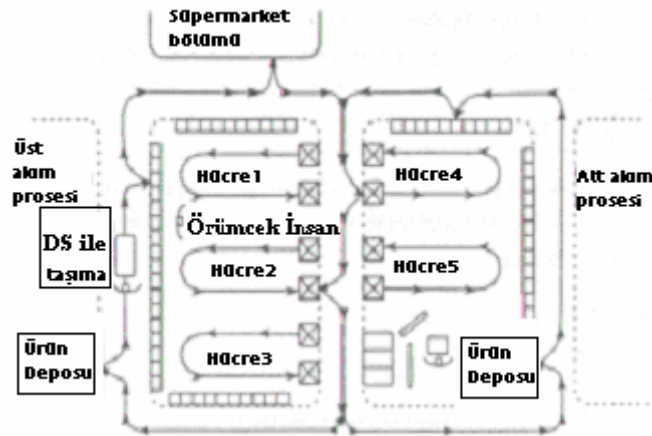
Tüm taksilerin dolu olma olasılığı=  $(\%90)^{100} = 26/\text{milyon}$ ,

fakat bir atölyede 10 forklift olduğunda ve dolu olma olasılıkları %90 iken, tüm forkliftlin dolu olma olasılığı;

$=(\%90)^{10} = \%35$ 'dir.

Şekil 3.16'da görülen üretim döngüsel seferi sisteminde, döngüsel sefer operatörü dolu kapları üretim hücrelerinden oluşan hatların yanına bırakmakta ve boş kapları toplamaktadır. Normal döngüsel sefer sistemiyle, üretim döngüsel sefer sisteminin karşılaştırılması neticesinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Baudin, 2004);

1. Üretim döngüsel seferlerinin tekrarlanma süresi, saatlerce süren zaman dilimleri içerisinde değil, onlarca dakikalık zaman dilimlerinde olmaktadır.
2. Ürünler tek parçadan kutu boyutlarına kadar toplanıp bırakılırlar, normal döngüsel seferde paletlerle yapılır.
3. Tek bir firmanın tek bir departmanı tarafından yönetilirler, normal sistemde tek müşteri, birçok tedarikçi ve belki de 3. parti lojistik sağlayıcısı da kapsanır.
4. Üretim ortamındaki döngüsel seferler havadan veya trafikten etkilenmezler ve çizelgeleri daha güvenilirdir.



Şekil 3.16 Fabrika içi döngüsel sefer (Baudin, 2004).

### 3.2.5.7 Özelleşmiş Taşıma Şebekeleri

Özelleşmiş bir taşıma şebekesinde taşıma; çapraz havuzlama, döngüsel sefer, tam yüklü olan ve tam yüklü olmayan araçlarla taşıma ve paket taşıyıcılarının oluşturduğu bir kombinasyon ile gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde maliyetler istenilen seviyelere çekilebilir ve tedarik zincirinin duyarlılığı artırılabilir. Amaç her bir durum için uygun olan seçeneğin

kullanılabilir. Geniş hacimli ürünlerin yüksek hacimli satış yerlerine direkt taşınmasıyla; düşük hacimli ürünlerin veya gönderimlerin nispeten daha küçük pazar yerlerine taşınmasıysa bunların birleştirme işleminin DM'lerde yapılması ve böylece gönderilmesiyle olabilmektedir. Bu transportasyon şebekesini yönetmek zorlu bir süreçtir çünkü her bir ürün için ve her bir perakendeci için farklı gönderim prosedürleri gerekmektedir.

Özelleşmiş bir transportasyon şebekesini yönetmek ve koordinasyonu kolaylaştırmak, bilgi teknolojisi alt yapısına ciddi bir yatırım gerektirmektedir (Chopra ve Meindl, 2001). Çizelge 3.5 çeşitli transportasyon şebekelerinin avantajlarını ve dezavantajlarını göstermektedir.

Çizelge 3.5 Farklı taşıma şebeke modellerinin avantajları ve dezavantajları (Chopra ve Meindl, 2001)

ŞEBEKE YAPISI	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Direkt taşıma	Ara depolar yoktur Koordinasyon kolaydır	Yüksek stok düzeyleri
Döngüsel sefer sistemiyle direk taşıma	Küçük partiler için daha düşük taşıma masrafları Daha düşük stok seviyeleri	Artan koordinasyon karmaşıklığı
Ara dağıtım merkezinden yapılan stoklu taşıma	Yük birleştirmeye sağlanan daha düşük DM giriş taşıma maliyetleri	Artan envanter maliyetleri Artan DM idare masrafları
Ara dağıtım merkezlerinden (DM) çapraz havuzlama ile taşıma	Çok düşük stok masrafları Yük birleştirmeye sağlanan daha düşük taşıma maliyetleri	Artan koordinasyon karmaşası
Döngüsel sefer sistemini kullarak ara dağıtım merkezli (DM) taşıma	Küçük partiler için daha düşük seviyede taşıma maliyetleri	Daha da fazla koordinasyon zorluğu
Özelleşmiş şebekeler	Ürünün ve satıcıya özgü ihtiyaçları en iyi karşılayan transportasyon seçeneğidir	En fazla koordinasyon karmaşıklığı

### 3.2.5.8 Ambar Yönetim Sistemi (WMS)

Tedarik zincirinin uygulanmasındaki karmaşıklığı yönetmek için kullanılan yazılım, orta ve büyük üreticiler ve dağıtımıcılar için artan bir eğilimdir. HighJump veya Manhattan gibi WMS sağlayıcılar, örnek olarak, dağıtım merkezinde etkinliği maksimize etmek için Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemi ile dağıtım merkezi arasında bir ara birim oluşturan tedarik zinciri uygulaması yazılımı kullanırlar. Bu sistemler aynı zamanda kübik uzunlukları ve nakliye maliyetlerini optimize etmek için Taşıma Yönetim Sistemi (TMS) yazılımını da uygulamaya koyar. Nakliyelerin gerçek zamanlı olarak görülebilmesi, şirketlerin

nakliye ve dağıtımları daha iyi yönetebilmelerine yardımcı olur. Yükleme sırası, römork doldurma ve kutulama gibi operasyonlar WMS ile TMS yazılımları tarafından gerçekleştirilir. Şirketler nakliye giderlerini azaltmak ve yönetmek istedikleri sürece TMS yazılımındaki büyüme devam edecektir (Wall, 2003).

#### **3.2.5.9 Tedarikçi Kontrolündeki Envanter Yönetimi (VMI)**

Tedarikçi kontrolündeki envanter yönetiminde; tedarikçi ile alıcı bir anlaşma imzalar ve tedarikçi sattığı malın tüketimini sürekli bir biçimde gözlemleyebilir (bunun için EDI ya da Internet kullanılır). Alıcı ise sipariş işine karışmaz, tedarikçi ne zaman ve ne kadar mal göndereceğine kendisi karar verir [10].

#### **3.2.5.10 Karton Kübik Olarak Bölme (Carton Cubing)**

Müşteri talepleri ile karton hacimlerini maksimize etmek için kullanılan bir prodestir. Parça boyutlarını, diğer karakteristikleri ve nakliye kartonlarının içinde yer alan ürünlerin kısıtlarını kullanarak, kartonun kapladığı alan azaltılabileceği için nakliye ve çalışma tasarrufları önem kazanır. Daha az kullanılmayan alan, kartonun kendisi için gerekli olan daha az hava ve daha az kırışma anlamına gelir. Kartonda daha az hava, römork başına daha fazla sayıda sipariş anlamına gelir ve bu da yolda daha az kamyon ile daha düşük taşıma maliyeti sağlar (Wall, 2003).

#### **3.2.5.11 Römork Kübik Olarak Bölme (Trailer Cubing)**

Verilen bir römorktaki alanı maksimize etmek için kullanılan bir metottur. TMS-WMS sistemleri de teslimlerin olduğu duraklardaki siparişler sıraya koyulur ve römorku, ürünler ile doldurmak için kullanılan bir yükleme sıralama prosesi geliştirilir (Wall, 2003).

#### **3.2.5.12 Karışık Paletlerin İnşası**

Aynı müşteriye gönderilecek olan çoklu ürünler için, aynı ürün için tek parçadan oluşan bir palet inşa etmek yerine birden fazla stok tutma birimi içeren paletler inşa etmek, yalın ilkeleri destekleyen ve nakliye maliyetlerini minimuma indirmeye çalışan diğer bir yoldur. Karışık palet inşasının tek olumsuz yanı, stok tutma birimlerini paletlemek ve teslim alma prosesi boyunca stok tutma birimlerini boşaltmak için fazladan çalışmaya gereksinim duymasındır. Bu fazladan maliyetlerin, daha sık ve küçük miktarlarda nakliye etmekten kaynaklanan yararlar (gelişmiş müşteri servisleri, düşük envanter seviyeleri vb.) karşılık azaltılması gerekir (Wall, 2003).

### 3.2.5.13 Malzemelerin Fabrika İçine Getirilme Stratejileri

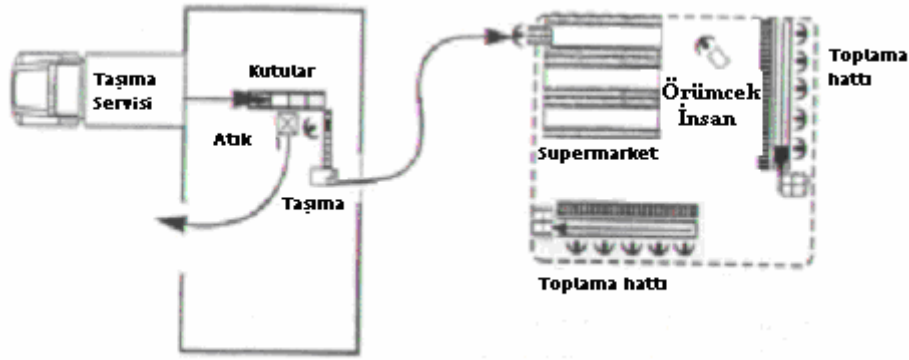
Malzemelerin işletmeye alınma stratejileri kısaca açıklanmıştır.

#### 3.2.5.13.1 Body-on-Sequence Stratejisi

Araba montajlarında, bazı parçalar üretim kapısından alınır ve hiçbir zaman malzeme yönetimi tarafından stoklanmazlar. “Body-on-sequence” olarak adlandırılan bu sistemde, bazı model ve belirli özellikteki parçalar arabanın son montajına başlanıldığı zaman sipariş edilir. Tedarikçi hızlı bir biçimde, üretir ve ürünleri sıralı bir biçimde depolanmaksızın hızlı olarak üretim hattına kamyonlarla gönderirler (Baudin, 2004).

#### 3.2.5.13.2 Süpermarket Stratejisi

Yarı iletken parça endüstrisinde, her bir parçanın milyon dolarlarla ifade edildiği makineler üretilir. Bu makineler, müşteri-istekli mekanik parçalar kadar elektronik parçaları da içerir ve bu parçalar kutularla firmaya taşınır. Firmaya gelen bu parçalar Şekil 3.17’de görüldüğü gibi ufak hacimli miktarlarda üretim alanı içinde yer alan ve “süpermarket” olarak adlandırılan alanlara gönderilir ve “örümcek insan” adı verilen operatörler tarafından hatların beslenmesinde kullanılır (Baudin, 2004).



Şekil 3.17 Süpermarkete dağıtım (Baudin, 2004)

#### **4. YALIN LOJİSTİK TEKNİKLERİNDEN DÖNGÜSEL SEFER VE ÇAPRAZ HAVUZLAMA SİSTEMLERİ**

Döngüsel sefer ve çapraz havuzlama sistemleri birer yalın lojistik uygulamalarıdır. Döngüsel sefer sisteminde, bir araç tarafından bir program çerçevesinde çeşitli noktalardan aynı veya farklı yükler alınarak bir veya birden fazla noktaya teslim edilir, teslimatlar sırasında boş kaplar toplanır veya tüm teslimatlar tamamlandıktan sonra ters güzergah izlenir. Çapraz havuzlama sisteminde ise, tedarikçiden temin edilen mallar depoya alınmadan tasnif edilerek müşterilerin ihtiyaçlarına göre sevk edilir (Ward, 2004).

##### **4.1 Döngüsel Sefer Taşıma Sistemi**

Döngüsel sefer sistemi, küçük miktardaki yükleri bir araya toplayarak, dağıtım merkezinden çıkış taşımalarını azaltmaktadır.

##### **4.1.1 Döngüsel Sefer Taşıma Sistemi Avantajları**

Döngüsel sefer sisteminin birçok avantajı bulunmaktadır. Sevkiyat sıklığının fazla olması düzgün bir programlama ile stok miktarının düşürülmesi sağlanır. Tam zamanında üretim gerçekleştirebilmek için kanban ile çalışan imalatçılarla saatlik sevkiyatların sağlanması gerekir. Ayrıca döngüsel sefer organizasyonu iyi planlandığında nakliye maliyeti daha düşüktür. Parça maliyeti analizlerinde açıkça belirlenmiş olan taşıma maliyetleri tüm hacim için hesaplandığında kamyonların maliyetinin karşılanıp karşılanmadığı ve kar durumu görülebilir.

Döngüsel sefer sistemi kullanıldığında öncelikli olarak aşağıdaki avantajlar sağlanabilir (Sökmen, 2006):

- Toplam nakliye maliyetinden tasarruf,
- Zaman kazancı,
- Sistem içerisinde kullanılan paketin dönüşümlü olması fırsatı,
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol,
- Depolardaki birikmelerin önlenmesi,
- Düşük stok maliyeti,
- Yeterli miktarda stok alanları,
- Kontrollü malzeme sevkiyatı,
- Büyük araç kullanımı,

- Yüksek hacim kullanımı,
- Daha kolay stok kayıt ve takibi,
- Ana sanayi için yan sanayi üzerinde etkin kontrol,
- Yan sanayi için ölçek ekonomisi yaratma ve etkin konsolidasyon sağlayabilme olanağı,
- Yan sanayi için farklı kullanıcıların birlikte hizmet alması ve verimliliğin artırılması.

Görüldüğü gibi döngüsel sefer sistemiyle nakliye gerçekleştiren şirketler, normal taşıma yapan şirketlere karşı önemli avantajlar yakalamaktadır. Günümüzün rekabetçi ortamında daha az girdi ile daha iyi çıktı sağlamaya yönelik çalışan bu sistem firmalar için çok önemlidir.

#### **4.1.2 Döngüsel Sefer Taşıma Sisteminin Dezavantajları**

Döngüsel sefer sisteminin taşıma sistemlerine getirdiği bir takım kısıtlar ve uygulama zorlukları da mevcuttur. Bu dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sökmen, 2006):

- Büyük boyutta ve fazla miktarda ürünlerin taşınması uygun değildir,
- Uzak noktada bulunan bir müşteri ürünü öncelikli olarak isteyebilir, yani her zaman en yakında bulunan müşteriye ilk boşaltma yapmak mümkün değildir. Bu durum da ek bir maliyete sebep olur,
- Talebi sürekli ve fazla miktarlarda olan ürünlerin taşınması için elverişli değildir, çünkü bu tip ürünlerin birden fazla noktaya taşınması için çok büyük hacmi araçlar gerekir.

#### **4.1.3 Döngüsel Sefer Taşıma Sisteminin Uygulanışı**

Döngüsel sefer taşımacılığın uygulanması sırasında şu aşamalar söz konusudur (Sökmen, 2006):

- Başlangıç zamanı belirlenir (her istikamet için),
- İlk alım noktasında kesişene kadar hat rotalanır ve ilk kamyonu atanır,
- Kapasite limitleri aynı olana kadar tarama devam eder. Başka bir kamyon seçilir ve tarama başlangıç noktasına dönene kadar devam edilir,
- Birbiri ardına gelen noktalarla damla şeklini almak suretiyle bir kamyon güzergahı belirlenir.

#### 4.1.4 Bir A Otomobil Firması (Alman Otomobil Firması) için Lojistik Sağlayıcısı X Lojistik A.Ş. Tarafından Uygulanan Döngüsel Sefer Projesi

##### 4.1.4.1 X Lojistik ve A Otomobil Firması Arasındaki Hizmet Yapısı

X Lojistik Türkiye ile A otomobil firmasının yürüttükleri çalışmalar 3PL; LLP ve gelen lojistik gibi hizmetler bazında özetlenebilir.

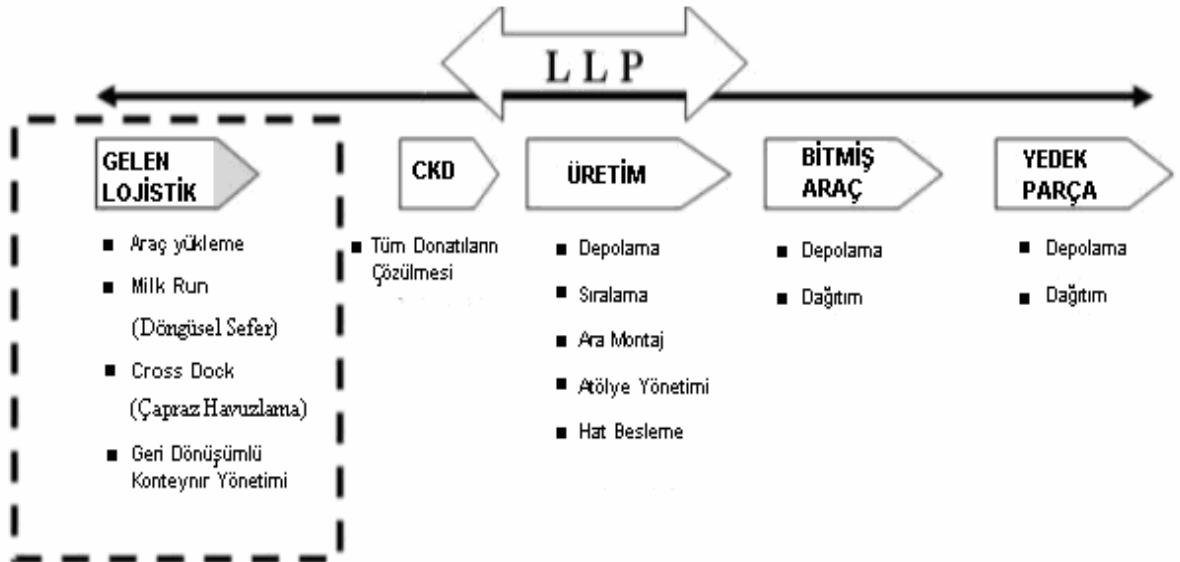
A Otomobil fabrikasına (A otomobil firmasının Türkiye-Kocaeli fabrikası) gelen lojistiğin %95'lik bölümü ve bu gelen (inbound) lojistik ile ilgili geri dönüşümlü kasa yönetiminin tamamı X lojistik firması tarafından sağlanmaktadır.

##### *Geri Dönüşümlü Konteynır Yönetimi*

X lojistik firması geri dönüşümlü kasa yönetimiyle A otomobil fabrikasına kendi üretim sahası içerisinde tutmak zorunda olduğu alanı üretim tesisi dışında bulunan bir alana taşımış ve sistemde bulunan boş kasalarla ilgili envanter yönetimini gerçekleştirmiştir.

X lojistik firmasının Avrupa ve diğer bir çok yerde otomotiv sektöründe verdiği hizmetlerden yola çıkarak, A Otomobil fabrikasına da sorumlu lojistik ortağı olarak sunabileceği diğer hizmetleri şöyle özetlenebilir (Şekil 4.1):

- Üretim lojistiği,
- Giden lojistik,
- Diğer hizmetler.



Şekil 4.1 X lojistik firmasının A otomobil fabrikasına sunduğu hizmet yapısı

Lojistik firmasının sunmuş olduğu LLP sisteminin otomobil fabrikası tarafından kullanım



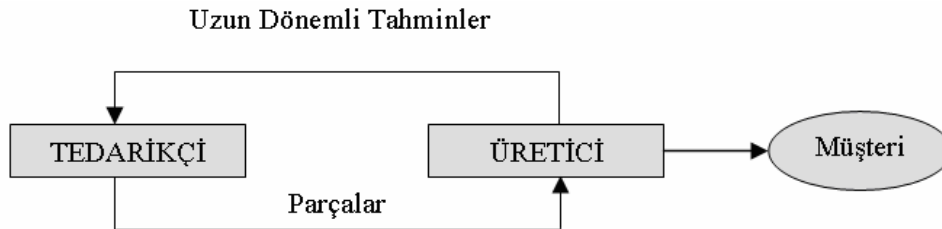
amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Dünya piyasalarındaki taleplerin değişimi doğrultusunda uygun maliyetle ve yüksek kalitede araçlar üretmek,
- Görülebilir ve takip edilebilir imalatçı zinciri kurulması,
- Toplam maliyetlerini kontrol altına almak ve iyileştirmek.

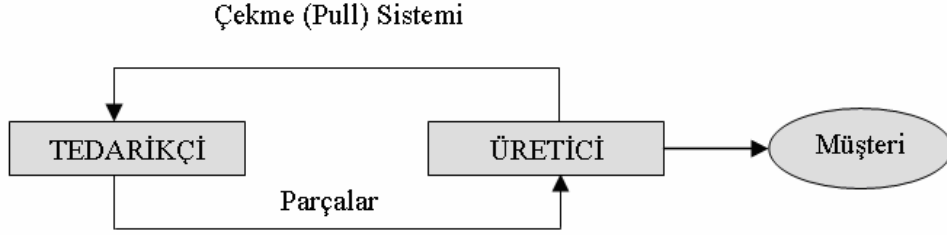
LLP sürecinde 3PL sağlayıcısı olan lojistik firmasının ana faaliyet alanı, üretim hattına malzeme akışının sağlanmasıdır. Yalın bir üretime sahip otomobil fabrikasının, lojistik firması ile gelen lojistik faaliyetlerinde ortak bir çizgi izlemesi ile birlikte, hiçbir envanter sahası ve stok alanı bulunmamaktadır. Lojistik firması, günlük 120 tedarikçiden imalata geçecek ürünleri alıp, A otomobil firmasının fabrikasına taşımaktadır. Otomobil fabrikası, bu teminin gerçekleştirilmesi için tedarikçileriyle değil, lojistik firmasıyla bağlantıya geçmekte, lojistik firması da bu sevkiyatı zamanında ve istenilen kriterler çerçevesinde gerçekleştirmektedir.

Gelen lojistik olarak tanımlanan bu işlev, bir tedarik fonksiyonudur. Bilindiği gibi tedarik zincirinde çekme ve itme sistemleri mevcuttur. Çekme sisteminde, parçalar gerekli olduğu anda (ihtiyaç duyulduğunda) çekilir ve bu yolla aşırı stok, değişen taleplere cevap verememe, kalite sorunları vs. tehlikeler ortadan kalkmış olur.

X lojistik firmasının da uygulamış olduğu çekme sisteminde hedefte bulunan müşteridir ve müşterinin isteği doğrultusunda gerek üretim, gerekse üretimle doğacak olan lojistik gibi fonksiyonlar yerine getirilir. Müşteriden alınan talep anında üretim merkezi tarafından görülür ve tedarikçiye ulaştırılır. Tedarikçinin gönderimi ve fabrikanın üretimi sonucu ürün piyasadadır. Ancak belirleyici müşteridir ve tam tabiri ile ürünü çekmiştir. Bu sistemin karakteristikleri arasında envanter düşüşleri, pazar değişimlerine hızlı cevap verebilme ve üretim merkezlerine programlı tedarikçi teminleri sayılabilir. İtme sistemine göre temin ve çekme sistemine göre temin Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.2 İtme sistemine göre temin

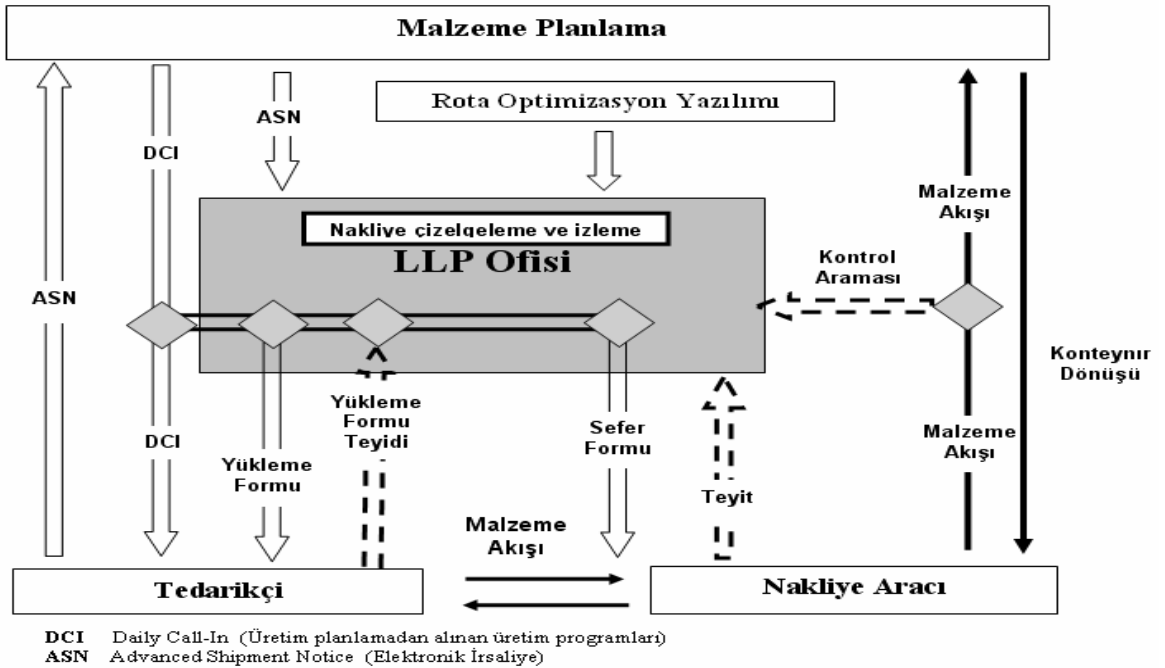


Şekil 4.3 Çekme sistemine göre temin

Tüm bu süreç dahilinde lojistik firmasının otomobil fabrikasında verdiği hizmetler şöyledir:

- Üretim fabrikası gelen (inbound) lojistik ağının planlanması,
- Tam zamanında malzeme tedariki için güzergahların optimize edilmesi,
- Malzeme yükleme ve teslimatlar için zaman dilimlerinin oluşturulması,
- Yükleme formlarının tedarikçilere dağıtılması,
- Çizelgelenmiş taşımaların izlenmesi,
- İkmal ve malzeme planlama koordinasyonu,
- Tedarikçiler ve ana İmalatçı için süreç performanslarının ölçülmesi,
- Sistem geliştirme,
- Sürekli iyileştirme,
- Geri dönüşümlü konteynır yönetimi.

### *Süreç İçerisinde Bilgi Akışı*



Şekil 4.4 Süreç içerisinde bilgi akışı

Şekil 4.4'te görülen bilgi akış prosesinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

- 1) 14 Günlük malzeme ihtiyaç listesi, malzeme planlama departmanından lojistik firmasının ofisine gelir,
- 2) Otomobil Firması Tedarikçi Ağı (FOSN)'nda tedarikçiler de bu bilgiyi görmektedir,
- 3) Lojistik firması tarafından kullanılan XIRON yazılımı ilk planlamayı yaparak rota optimizasyonunu gerçekleştirir,
- 4) Teyit için rota içinde portala (ağ geçidine) bu bilgiler asılır,
- 5) 13.30'a kadar hangi parçadan ne kadar verileceğinin teyidi verilir,
- 6) Yazılımsız olarak ikinci planlama yapılır,
- 7) Sefer formu ve boş kasa formu şoföre verilir,
- 8) Sürücü boş kasa formu ile boş kasaların bulunduğu alana gider, kasaları yükler ve sefere başlar,
- 9) Belirlenen programa göre parçaları toplamaya başlar,
- 10) Tedarikçiler, A fabrikasının aracı yola çıkıp fabrikaya varıncaya kadarki sürede, gönderdiği malzeme bilgisini içeren Elektronik İrsaliye (ASN)'leri lojistik firmasına gönderirler,
- 11) Araç fabrikaya gelir, kasaları boşaltır ve yeni sefere hazır hale gelir.

A otomobil fabrikası tam zamanında üretim esaslarına dayanan bir üretim modeli içerisinde çalışır, üretimini buna göre planlar ve bu üretim planlarını aylık olarak tedarikçileri ve X lojistik firması ile kendi internet ortamında paylaşır. Hazırlanan bu üretim planları tam zamanında üretimden dolayı, sürekli olarak revize edilir ve tedarikçilerden yenilenen planlara göre malzeme çekilir.

X lojistik firması ve tedarikçiler üretim planlarını eş zamanlı olarak izleyebilir. Süreç içerisinde X lojistik firması, A otomobil fabrikası üretim planlarına dayanarak, planların sanal ortamda yayınlanması ile birlikte tedarikçilerden malzeme istemeye, onlardan teyit almaya başlar. Bu arada konteynır dönüşleri de göz önüne alınarak araç rotalama işlemleri LLP ofisi tarafından yürütülmektedir. Araçların yol boyunca nerede oldukları, istenilen sürede üretim hattına ürün verebilme durumları sürekli olarak LLP ofis tarafından kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.1'de LLP ile sunulan yeni süreç ile eski sürecin karşılaştırılması yapılmıştır.

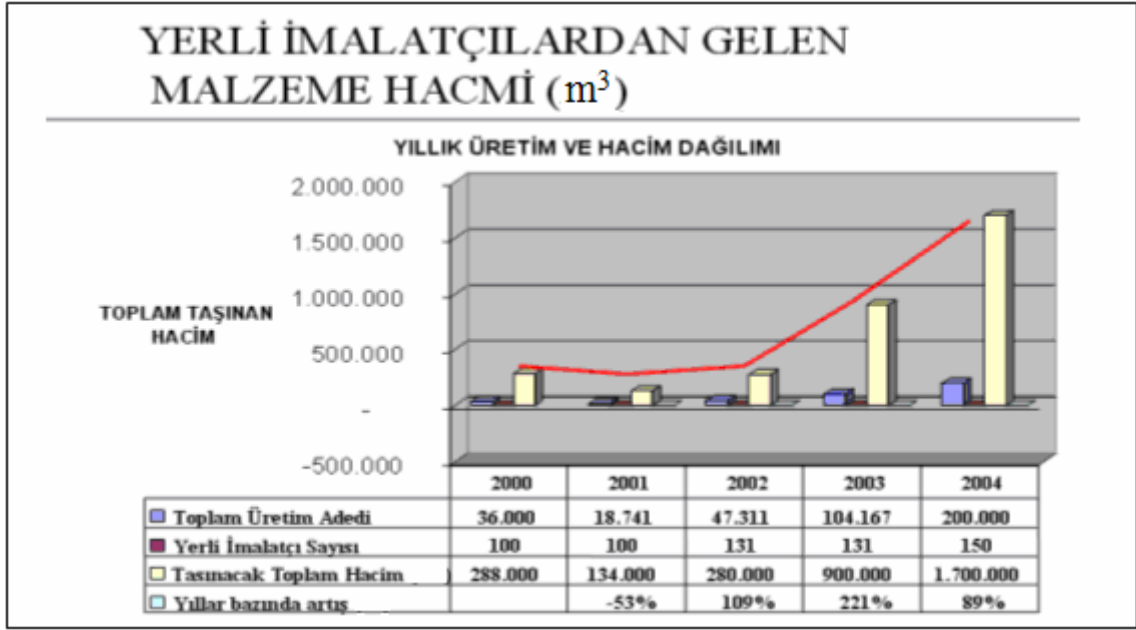
Çizelge 4.1 LLP ile beraber sunulan yeni süreç ile eski sürecin karşılaştırılması

Eski durum	Yeni durum
Tedarikçi organizasyonunda sevkiyat	LLP organizasyonunda sevkiyat
Araç varışlarının belirsizliği	Belirlenmiş zaman aralıklarında sevkiyatlar
Haftalık sevkiyat	Günlük ve hatta saatlik programlı sevkiyatlar
Malzeme akışının takip edilememesi	Malzeme akışının başlangıçtan varışa takip edilebilmesi
İhtiyaç fazlası malzeme sevkiyatı	Daha sık ve küçük miktarlarda kontrollü sevkiyat
10 güne varan stok	1-2 günlük stok

LLP sistemi kurulmadan önce sevkiyatlar tedarikçi kontrolünde gerçekleşirken, A otomobil fabrikası sistem içerisinde daha kontrolsüz olması nedeniyle, beslenen hattın durdurulması veya stok tutmak zorunda olma gibi dezavantajları yaşamak durumunda kalmaktadır. X Lojistik ekibi A fabrikası içerisinde kurduğu LLP ofisinde kendi kurmuş olduğu takımıyla ve yazılımıyla tedarikçileri ve nakliye araçlarını sürekli kontrol ederek olası problemleri azaltmaktadır.

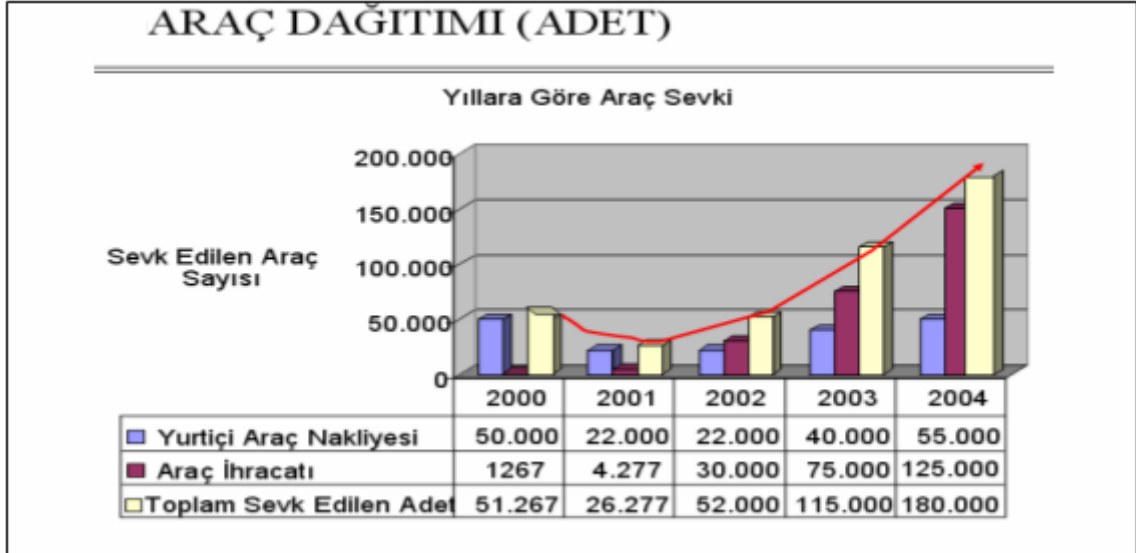
Tedarikçi kontrolünde sevkiyatta, malzemelerin hatta ulaşma sürelerindeki belirsizlik, lojistik hizmet sağlayıcının, süreci ve süreçteki birimleri sürekli izlemesi sonucunda, belirlenmiş zaman aralıkları ile haftalık yerine günlük ve saatlik programlı sevkiyatlar şeklinde kontrol altına alınmıştır.

Taşınan miktarların günlük ve saatlik oluşu taşınan parçanın hacimsel ve/veya sayısal olarak indirgenmesini, bu da doğal olarak stoklarda 10 günden 1-2 günlük stoklara gerilemeyi sağlamaktadır.



Şekil 4.5 Yerli imalatçılardan gelen malzeme hacmi

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi 2000 ile 2004 yılları arasında toplam üretim adedi 5.5 kat artmış bunun sonucu olarak yurt içinden taşınacak malzeme hacminde de 6 kat bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 4.6 Yıllara göre araç sevki

A otomobil fabrikasının nihai ürünü olan araçların dağıtımında da ikmal edilen malzeme miktarına paralel ve benzer artışlar söz konusu olmuştur. Toplam dağıtılması gereken araç sayısı 2000 yılında 51.000 adet iken 2004 yılında hızlı bir artış ile 180.000 adet olmuştur (Şekil 4.6). A otomobil fabrikasının artan taşıma hacminin başarıyla yürütülmesinde LLP sisteminin uygulanması çok önemlidir.

### Müşteriler (Tedarikçiler)

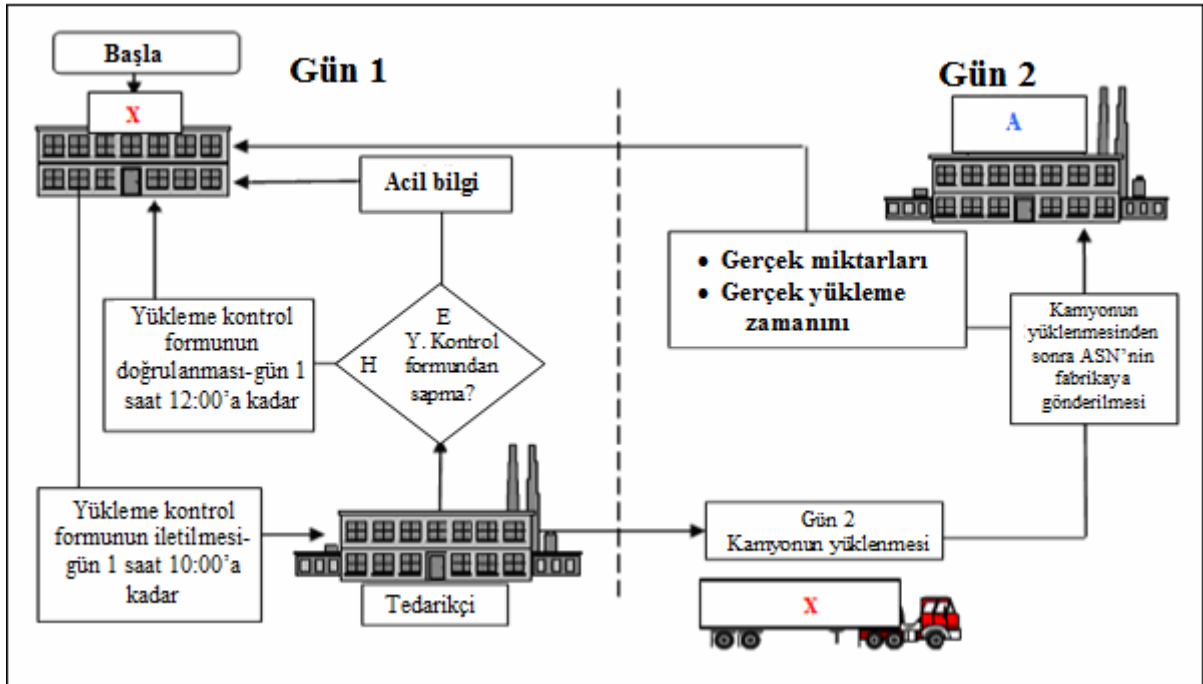
A otomobil fabrikası için günlük olarak yaklaşık 4800 m<sup>3</sup>'lük parça, 120 adet tedarikçiden 190 adet tur seferiyle taşınmaktadır.

### Tedarikçi ile Bilgi ve Malzeme Akışı

Üretim planlarına göre bir sonraki gün için oluşturulan yükleme formu, X lojistik firması tarafından belirtilen saate kadar tedarikçiye iletilmesi gereklidir. Yükleme formunu alan tedarikçi kendi mevcut stok ve üretim durumuna göre formu doğrular veya yaşanan/yaşanabilecek aksilikle ilgili yine LLP ofise bildirir. Herhangi bir problemlili durumun olmaması halinde bilgiler, aracın yüklenmesine eş zamanlı olarak, tedarikçi tarafından X lojistik firması ve A fabrikasına ayrı ayrı ulaştırılır (Şekil 4.7).

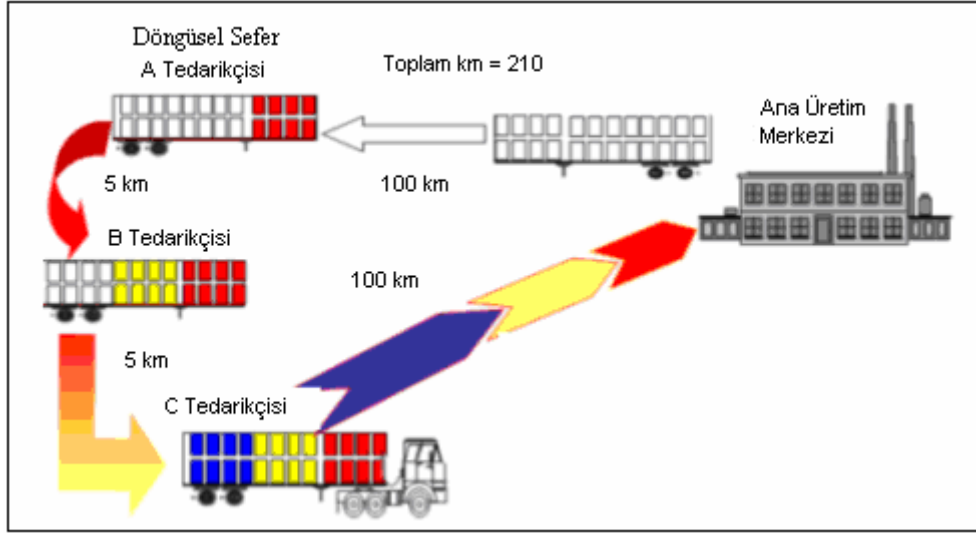
Tedarikçilerde gerçekleşen yükleme prosesi şu şekildedir:

- 1) Belirlenen zaman aralığında aracın yüklenmesi gerekir,
- 2) Boş kasalar araçtan indirilir,
- 3) Yükleme formu ile bu kasaların sayıları kontrol edilir,
- 4) Araca yalnızca yükleme formunda belirtilen miktarlar ve parçalar yüklenebilir,
- 5) Sürücünün yükleme yapmaya başlamadan önce parçaları ve miktarları kontrol edebilmesi için, kasaların üzerine etiketler yerleştirilir,



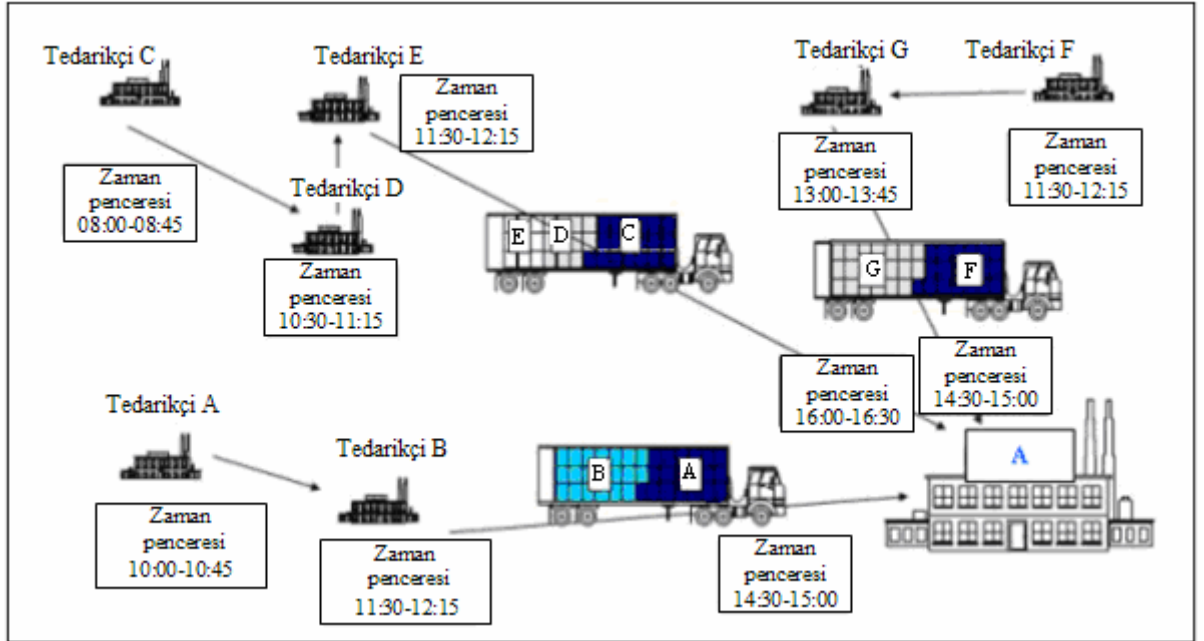
Şekil 4.7 Tedarikçi ile LLP arasındaki bilgi akışı





Şekil 4.9 Döngüsel sefer sistemi işleyişi

Döngüsel sefer sevkiyat yapısında A fabrikasının hangi tedarikçilerden ne kadarlık parça gereksinmesi duyduğu, bunu hangi aralıklarla yaptığı, tedarikçilerin coğrafi açıdan konumları, kullanılan taşıtların (kamyon, tır vb.) aldıkları hacimler gibi kriterler kullanılarak öncelikle kümelendirme analizi yapılır. Bu, tedarikçilerin bölgesel olarak gruplandırılması olarak da düşünülebilir. Bölgelere ayrılmış tedarikçiler için geri dönen konteynırların yükleme ve boşaltılması da dikkate alınarak araç rotaları belirlenir (Şekil 4.10). Sonraki süreçte ise bu araçlar fabrikaya (Kocaeli) kadar yol boyunca izlenir.



Şekil 4.10 Belirlenen sürekli sevkiyat rotaları ile toplama sistemi

A otomobil fabrikasının döngüsel sefer uygulaması Şekil 4.11’de gösterilmektedir.





Şekil 4.11 A firması döngüsel sefer uygulaması

#### ***Döngüsel Sefer Sisteminin İşletme Açısından Faydaları***

Döngüsel sefer kullanılmayan durumda oluşabilecek problemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ayrı araçlarla taşıma,
- Büyük çoğunlukla geri dönüşümsüz paketleme,
- Sevkiyat zamanlarının belirsizliği,
- Doklarda sıkışmalar,
- Sistem kaynaklarının israfı (örneğin araç kapasiteleri).

Döngüsel sefer yapısının uygulamaya konulmasının sistem üzerindeki avantajlarından bazıları şöyledir:

- Zaman kazancı,
- Nakliye maliyeti tasarrufu,
- Sistem içerisinde paketlerin dönüşü,
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol,
- Doklardaki birikmenin önlenmesi.

### ***Sistemin Tedarikçi Açısından Faydaları***

Döngüsel sefer sistemin tedarikçiye sağlamış olduğu faydalar şunlardır:

- Günlük teslimat ortamında daha düşük taşıma maliyeti,
- Kooperatif ve nakliyecilerle firmalarla koordinasyon ihtiyacının ortadan kalkması,
- Belirlenmiş zaman aralıklarında yükleme,
- Daha etkin kaynak kullanımı,
- Kontrollü akış nedeniyle daha az acil gönderi,
- Yükleme kontrol formu sayesinde daha basit miktar kontrolü,
- Sürekli ürün akışı.

Geleneksel yöntem ile döngüsel sefer sisteminin karşılaştırılması Çizelge 4.2’de yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Geleneksel yöntemle döngüsel sefer sisteminin karşılaştırılması

<b>GELENEKSEL YÖNTEMLE YENİ METODUN KARŞILAŞTIRILMASI</b>	
<b>GELENEKSEL SİSTEM</b>	<b>DÖNGÜSEL SEFER</b>
<p>Nakliye tedarikçinin kontrolündedir Varış zamanı belirgin değildir Haftalık sevkiyat vardır Kontrolsüz malzeme akışı oluşur Fazla sevkiyat (envanter yükü) vardır 10 günlük stok oluşur.</p>	<p>Nakliye lojistik ortağının kontrolündedir Zaman çerçevesine göre günlük sevkiyat yapılır Sık ve az adetli sevkiyat yapılır Çok az stok vardır Sürekli bilgi akışı vardır Ana fabrika üretim akışına bağlı malzeme akışı yapılır Yol süresi kısaltılır Sürekli performans gelişimi yapılır Parça başına lojistik maliyetinde azalma olur.</p>

A otomobil fabrikasının döngüsel sefer uygulamasının sonuçları ve malzeme akışındaki sonuçlar Çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 A otomobil fabrikasının döngüsel sefer uygulamasının sonuçları ve malzeme akışındaki avantajlar

<b>Malzeme Akışındaki Avantajlar</b>		
	<b>Geleneksel Sistem</b>	<b>Yeni Sistem</b>
<b>Günlük Hacim</b>	4800 m <sup>3</sup>	4800 m <sup>3</sup>
<b>Tedarikçiler</b>	120	120
<b>Tur Sayısı</b>	190	76
<b>Toplam Km</b>	76000	22000
<b>Günlük Max. Envanter</b>	10	2
<b>Senaryoya Dayalı Gelişmeler</b>		
<b>Toplam Km</b>	100	35
<b>Araçlar</b>	100	30
<b>Tur Sayısı</b>	100	40
		<b>Yeni Sistemle Sağlanan Toplam Tasarruf</b>
<b>Günlük Envanter</b>		80%
<b>Toplam Lojistik Maliyetlerindeki Tasarruf</b>		60%

#### 4.1.5 B Otomobil Firmasının Türkiye'deki Fabrikası için Lojistik Sağlayıcısı Y Lojistik A.Ş. Tarafından Uygulanan Döngüsel Sefer Projesi

##### 4.1.5.1 B Otomobil Firması ile Y Lojistik Sağlayıcısı Arasındaki Operasyon Yönetimi

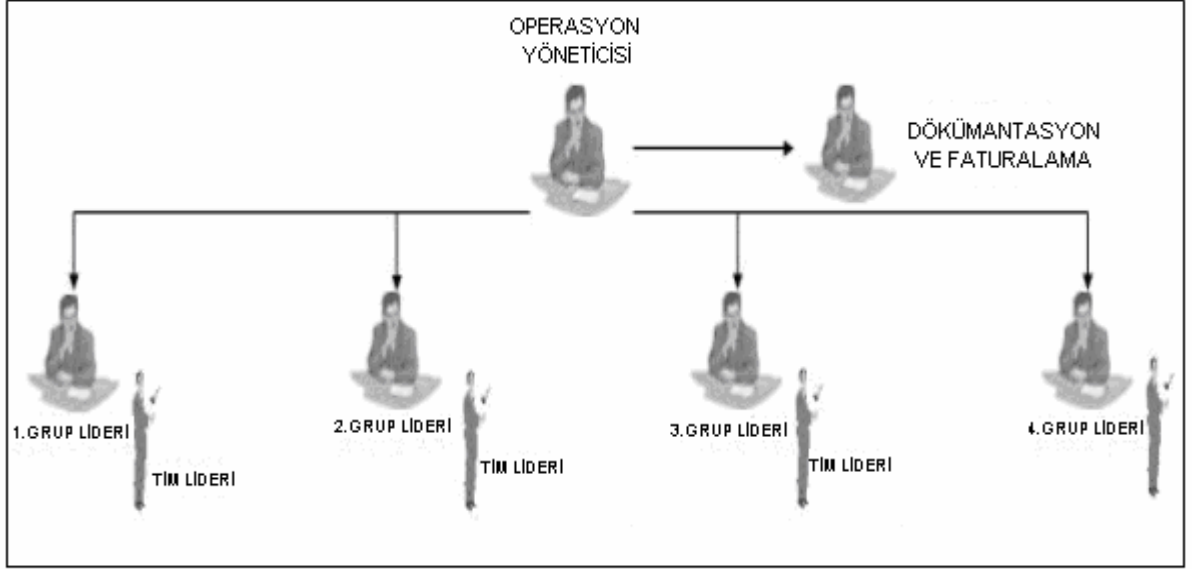
Operasyon grubu operasyon yöneticisine bağlı, operasyon planlama ve operasyon trafik kontrolü gruplarından ve dokümantasyon ve faturalama ile görevli bir çalışandan meydana gelmektedir.

Operasyon planlama grubunun görevleri şunlardır:

- Grup içindeki seferlerin yönetimi,
- Günlük optimizasyonun yapılması (OPLOG),
- Tüm araç doluluklarının raporlanması,
- Günlük sefer sürelerinin kontrolü (Poliroute-çoklu rota),
- Sistem iyileştirmelerinin yapılması,
- Kanban sevkiyatlarının yönetimi,
- Aylık performans raporlarının hazırlanması.

Operasyon trafik kontrolü grubunun görevleri ise, grup içindeki seferlerin yönetimi, seferlerde oluşan aksaklıklara çevrimiçi müdahale edilmesi ve planlama grubuna geri besleme verilmesidir.

Operasyon yönetiminin yapısı Şekil 4.12’de görülmektedir.



Şekil 4.12 Operasyon yönetiminin yapısı

#### 4.1.5.2 B Fabrikası – Y Lojistik Firması Arasındaki Sürekli Sevkiyat Örnek Prosesleri

##### *Sürekli Sevkiyat Taşıma Prosesleri*

Sürekli sevkiyat taşıma prosesleri sırasıyla şu şekildedir:

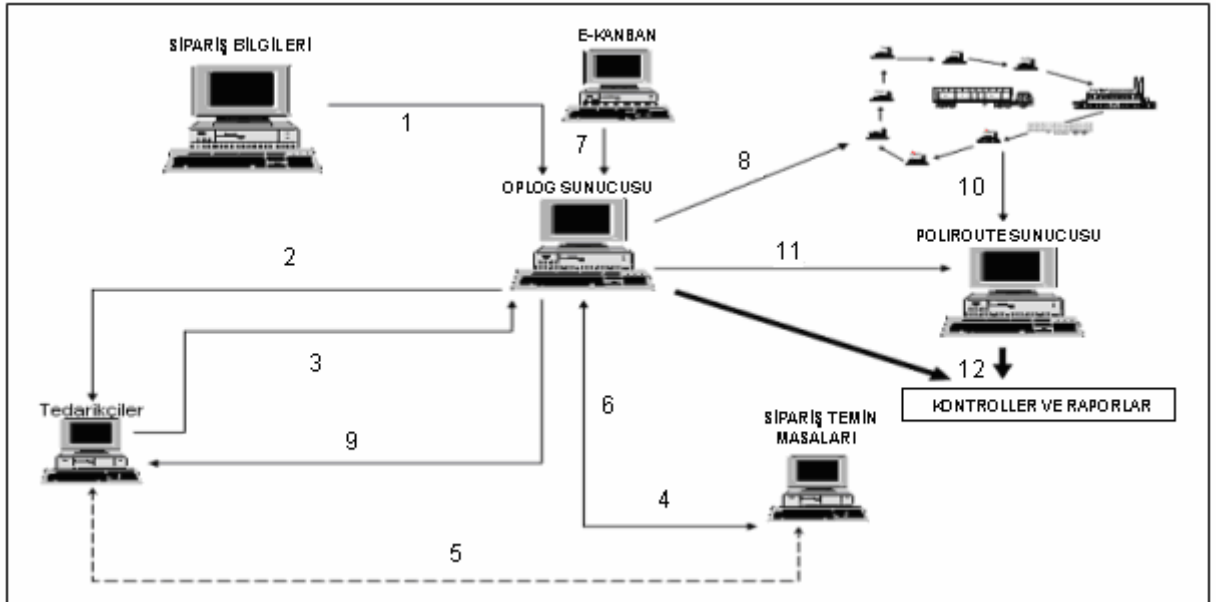
- 1) Sipariş bilgileri OPLOG sunucusuna girilir (05:30),
- 2) Bir gün sonra sevk edilecek siparişler yan sanayilere internet üzerinden yayınlanır (08:00),
- 3) Sipariş listeleri yan sanayi tarafından değiştirilir ve değişen sipariş dataları toplanır (09:00-12:00 ),
- 4) Temin masaları değişmiş istekleri görür (12:00-15:30),
- 5) Firma ve ana sanayi yetkilileri telefon ile teyitleşir (12:00-15:30),
- 6) Malzeme teminciler ile firma onayları OPLOG sunucusuna gönderilir (15:30),
- 7) Kanban sipariş bilgileri OPLOG sunucusuna gönderilir (15:30),
- 8) Taşınacak yük/firma bilgileri sürücülere dağıtılır (18:00),
- 9) Lojistik firması araç plakası, sürücüsü ve firma giriş çıkış saatlerini yayınlar (19:00),
- 10) Poliroute cihazı ile firma giriş çıkış zamanları kayıt altına alınır,

11) Taşıma planı poliroute sunucusuna gönderilir,

12) Kontroller yapılır ve raporlar hazırlanır. Bu adımda;

- Planlanan /gerçekleşen zamanlar karşılaştırılır,
- Tedarikçi ve ana sanayi boşaltma yükleme noktaları gecikme raporları çıkarılır,
- Tedarikçi zaman performans raporları hazırlanır,
- Ana sanayi performans raporları hazırlanır,
- Lojistik firması performans raporları hazırlanır,
- Araç/sürücü performans raporları hazırlanır.

Bu proses adımları Şekil 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.13 Taşıma prosesleri (Ahmetoğlu, 2005)

### **Sefer Çalışma Prosesi**

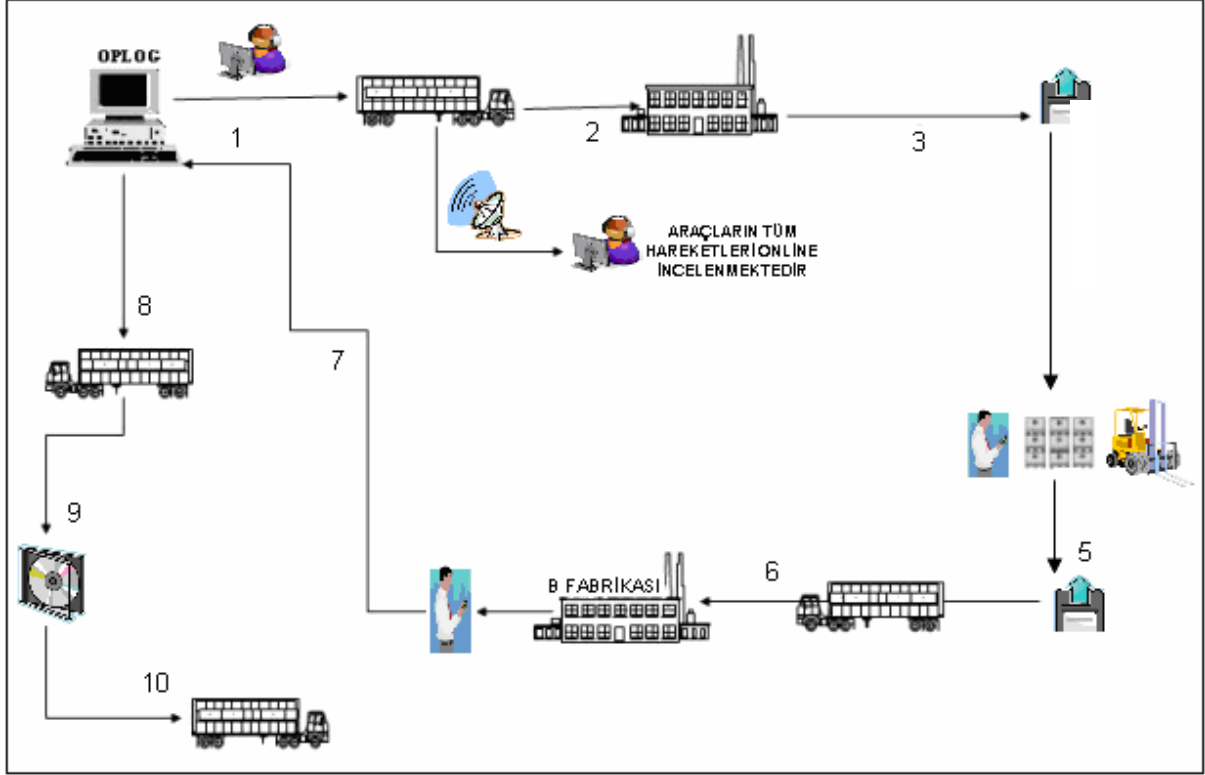
Sefer çalışma prosesinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

1. Sevkiyat programı hazırlanır,
2. Araç yola çıkar, firmaya ulaşır,
3. Poliroute girişi yapar,
4. Sevkiyat programı ile yüklemeyi kontrol eder,
5. Poliroute çıkışı yapar,
6. Araç döner,
7. Bir sonraki sefer bilgilerini fabrika girişinde lojistik ofisten alır,
8. Fabrika içi boşaltma rampalarına yükü boşaltıp bir sonraki sevkiyatın boş taşıyıcılarını alır,

9. Poliroute dataları (verileri) alınır,

10. Bir sonraki sevkiyat başlar.

Bu proses adımları Şekil 4.14'te görülmektedir.



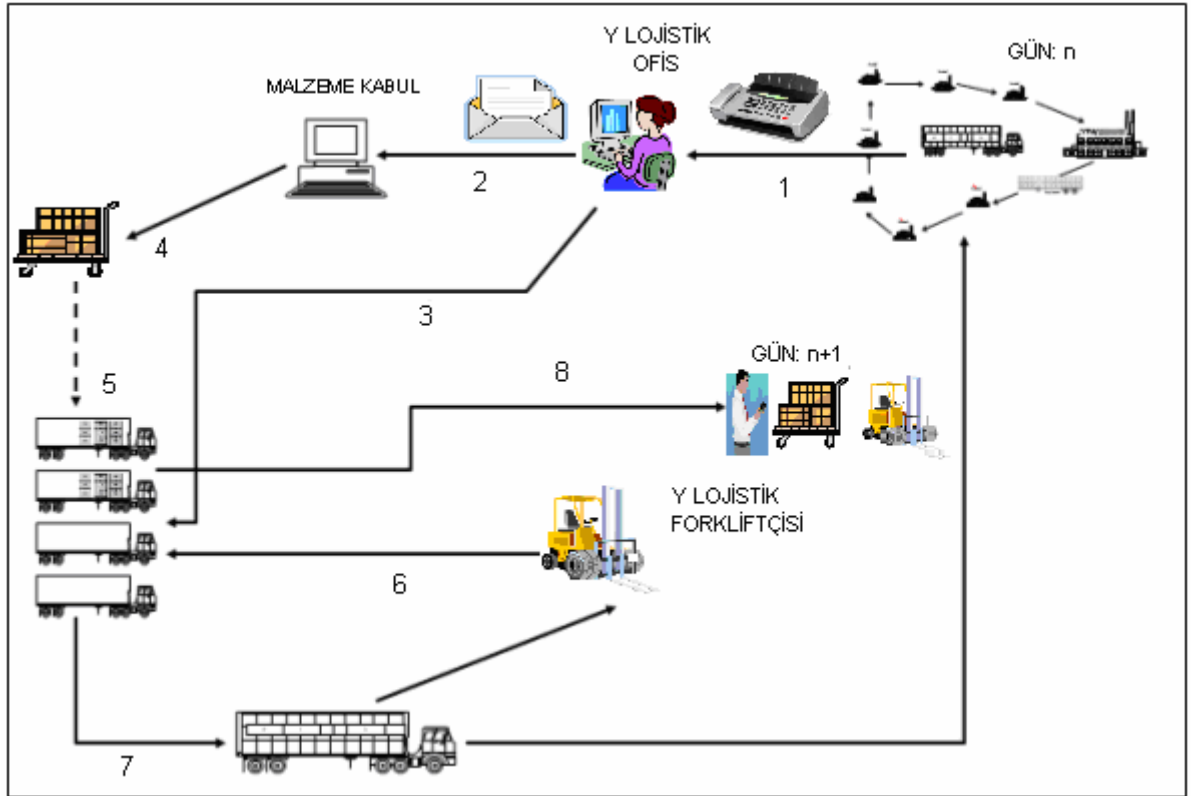
Şekil 4.14 Sefer çalışma prosesi (Ahmetoğlu, 2005)

### ***Gece Operasyonu Prosesi***

Gece operasyonu prosesinin adımları şu şekilde sayılabilir.

- 1) Gelecek ambalaj bilgileri fabrika ofise bildirilir,
- 2) Mail ile alınan bilgi iletilir,
- 3) Yeterli sayıda depo araç planlanır,
- 4) Geri dönecek ambalajlar hazırlanır,
- 5) Kapanacak rampaların vereceği boş kasalar depo araçlara yüklenir,
- 6) Gelen araçtaki kapalı rampalara ait yük depo araçlara aktarılır,
- 7) Depo araçlardaki boş kasalar turu yapacak araca yüklenir,
- 8) Aktarılan yük gece kapalı olan ilgili rampaya sabah boşaltılır.

Bu proses adımları Şekil 4.15'te görülmektedir.



Şekil 4.15 Gece operasyonu prosesi (Ahmetoğlu, 2005)

#### 4.1.5.3 Y Lojistik Firması Sürekli Sevkiyat Teknolojileri

##### **OPLOG Program**

OPLOG şu an sürekli sevkiyat operasyonunu B otomobil fabrikası için yüklenen Y lojistik firmasının bir yazılımıdır. Fabrika, taşıma için lojistik firması Y olduğu sürece tedarikçileri ile teslimat programını, yükleri ve araç varış/ayrılış saatlerini bu program üzerinden doğrulamayı planlamıştır.

OPLOG programı temel olarak:

- Ana sanayiden malzeme temin planını alır,
- İnternet üzerinden firmalara yayınlar ve değişiklikleri kayır eder,
- Firma değişikliklerini kayıt ederek ilgililerine yayınlar ve yapılan değişiklikleri kayıt eder,
- Tüm değişiklikler yapıldıktan sonra taşıma optimizasyonunu yapar,
- Firmalara araç giriş-çıkış saatleri ve plaka bilgilerini yayınlar,
- Seferler gerçekleşikten sonra depo otomasyon sisteminden gerçekleşen yükleri ve firmaları karşılaştırır,

- Geçmişe dönük ve çevrimiçi çok sayıda sorgulama ve raporlamalar yapar.

Tedarikçi firmaların sürekli sevkiyat operasyonu için bilgisayar üzerinden iletişim ortamı OPLOG programı olacaktır. OPLOG tedarikçi firmalar için temel olarak,

- Tarih bazlı teslimat programlarını gösterme,
- Tedarikçi firmaların teslimatlar üzerinde yapacakları değişiklikleri program üzerinden taşıyıcı lojistik firmasına iletme,
- Araçların tedarikçi firmalara planlanan varış/ayrılış saatlerini gösterme, işlevlerini gerçekleştirecektir.



Şekil 4.16 OPLOG menüsü

### ***OPLOG Programının Avantajları***

#### **Tedarikçi Avantajları**

- İnternet aracılığıyla tedarikçiler ana sanayinin bir gün sonraki malzeme ihtiyacını görerek onaylayabilirler veya değişiklik yaparak bilgi verebilirler. Bu teyitleşme kayıtlı ve raporlanabilir bir bilgi olarak sistemde saklanmaktadır. Bu sayede tedarikçi performansını ve satın-alma performansı değerlendirilebilir.
- Tedarikçi hangi araç ile hangi sürücünün saat kaçta malzeme alacağı bilgisini görür.

#### **Ana Sanayi Avantajları:**

- Ana sanayi temincileri firmaların tedarik edecekleri malzemeler üzerindeki firma değişikliklerini çevrimiçi takip edebilir ve doğrulayabilir.



- Ek istekler ve acil araç istekleri karşılıklı doğrulama ile kaydedilme imkanı olmayan telefon görüşmeleri minimum düzeye iner.
- Yük/Araç dolulukları yapılan optimizasyon sayesinde maksimum düzeydedir. Bu maksimum verim ve minimum taşıma maliyeti sağlar.

### ***Poliroute Programı***

Poliroute uygulamalarından bazıları şunlardır:

- Bölgesel nakil raporları (nakil sayıları, süreleri, bölge içi zamanlar, bölge-fabrika yol zamanları v.b.),
- Araç performans raporlamaları,
- Sürücü performans raporları,
- Rampa performans raporları,
- Firma performans raporları,
- Bir tur tüm zaman dökümü,
- Ayrıca yukarıdaki raporların tümünün planlan gerçekleşen olarak karşılaştırma ve plana uyum performans raporları (zaman, süre, yük).

Poliroute programının getirileri şöyledir:

- Firma giriş ve çıkış zamanlarının belirlenmesi ve firmaların bekletme zamanlarının kontrolü sonucu firma sevkiyat performansların ölçülmesi ve disipline edilebilmesi,
- Poliroute-OPLOG bağlantısı ile planlanan rota, planlanan firma, rampa ve ana sanayi giriş-çıkış zamanlarının kontrolü ve sorunların belirlenebilmesi. Ana sanayi, Y lojistik firması ve yan sanayi performanslarının ölçülebilmesi,
- Yol zamanlarının belirlenmesi sonucu planlamada performans artışları,
- Yapılan nakil sayısı, firma gerçek frekanslarının izlenebilmesi, bölge nakil frekanslarının izlenebilmesi,
- Genel olarak tüm nakil işlemlerinin çevrimdışı izlenebilmesi.

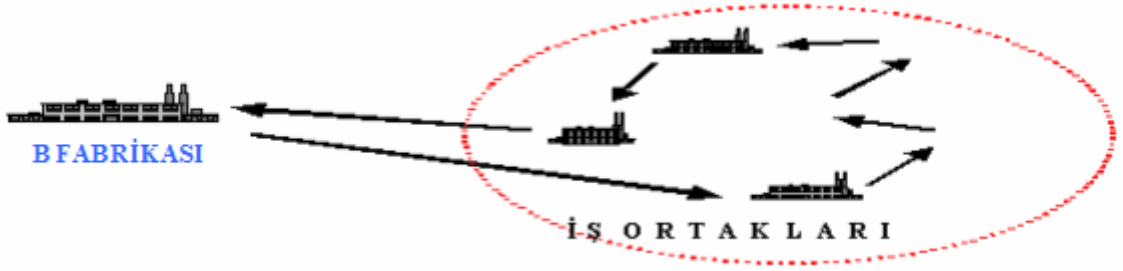
#### **4.1.5.4 Döngüsel Sefer Operasyonu**

Döngüsel sefer operasyonu;

- B otomobil fabrikasının belirlediği tedarikçi firmalar ile Y lojistik firması, PWT Powertrain ve Dış Ticaret Hizmetleri Yönetimi arasında direkt malzemelerin tedarikçilerden alınıp fabrikaya teslim edilmesini,

- Tedarikçi iadelerinin, ıskarta, numune, ön-serilerin, geri dönüşlü boş kasa/sehpaların ve fabrika ile PWT'nin tedarikçi firmalara sattığı malzemelerin tedarikçilere sevk edilmesi faaliyetlerini kapsar.

B fabrikasında gerçekleştirilen sürekli sevkiyat operasyonu Şekil 4.17'de gösterildiği biçimdedir.



Şekil 4.17 Sürekli sevkiyat operasyonu (Ahmetoğlu, 2005)

Döngüsel sefer sisteminin uygulanmasından önce, tüm tedarikçiler kendi ürünlerini kendileri taşıyorlardı. Bunun anlamı: B fabrikasına farklı kamyonlarla günde 160 farklı giriş yapılması demektir. Bu durumun sonuçları da:

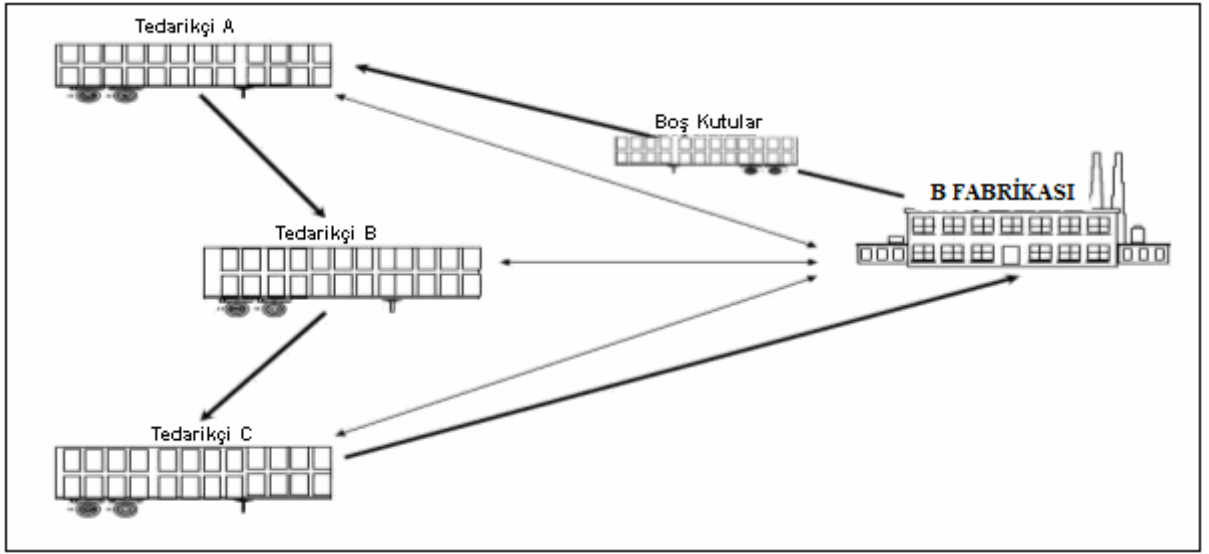
- Yarı kontrollü araç trafiği,
- Yüksek nakliye maliyetleri,
- Tedarikçi/Taşıyıcı/Ana Fabrika arasındaki sorumlulukların tanımlanmaması,
- Araçların boş kutuları yüklemek için fabrika içerisinde 3 güne kadar beklemeleri gibi düşük güvenlik önlemleri olmaktadır.

Döngüsel sefer sisteminin uygulaması ile birlikte:

- Stok değişimleri,
- Tedarikçilerin mal gönderme performansları,
- Nakliye maliyetleri,
- Araç trafiği ve geri dönüştürülebilir paketleme yönetimi,
- Mal gönderiminin güvenliği,
- Lojistik standardizasyonu,
- Lojistik faaliyetlerinin raporlanması gibi konularda değişme ve gelişmeler sağlanmıştır.

### ***B Otomobil Fabrikası Döngüsel Sefer Sistemi***

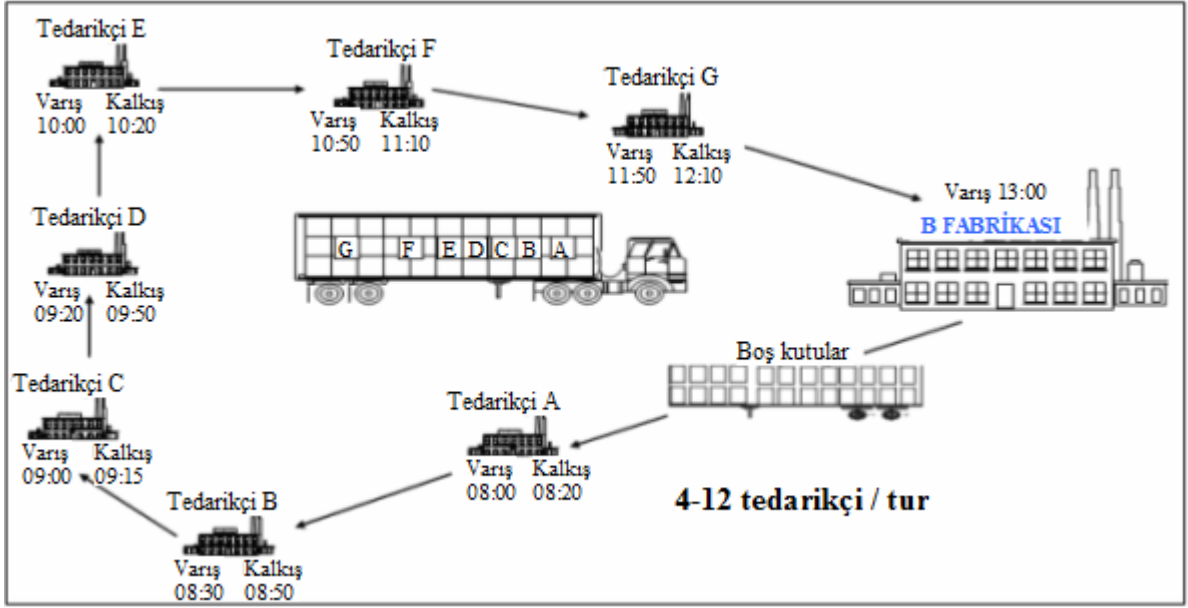
Döngüsel sefer sisteminin temel yapısı Şekil 4.18’de görüldüğü gibidir. Bu şekildeki koyu çizgiler sürekli sevkiyat sisteminde aracın izlediği yolu, açık çizgiler ise geleneksel sistemde araçların izlediği yolları göstermektedir. Görüldüğü gibi geleneksel yöntemde her tedarikçi kendi araçları ile sevkiyatı gerçekleştirmekte iken sürekli sevkiyat sisteminde fabrikadan çıkan tek bir araç tüm tedarikçileri dolaşmakta, malzemeleri kasasında bulunan boş kutulara doldurmakta ve tekrar fabrikaya geri dönmektedir.



Şekil 4.18 B otomobil fabrikası sürekli sevkiyat sistemi (Ahmetoğlu, 2005)

### ***Çok Tedarikçiyle Döngüsel Sefer Sistemi***

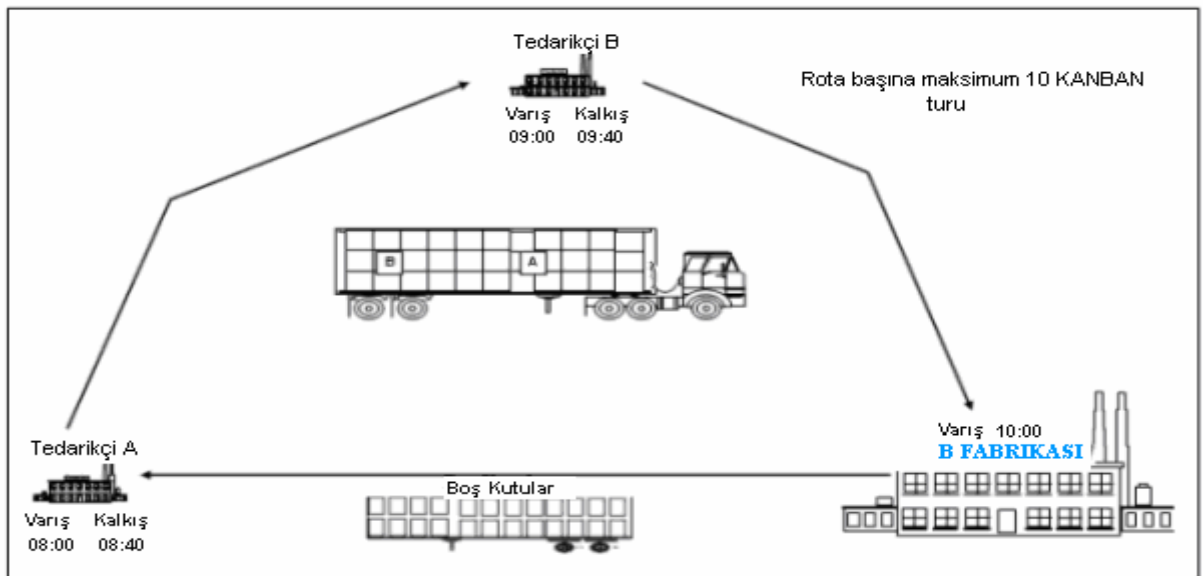
Çok tedarikçiyle döngüsel sefer sistemi ise Şekil 4.19’da görülmektedir. Bu sistemde bir turda en fazla 12 tedarikçi ziyaret edilebilmektedir. Fabrikadan boş kutularla çıkan araç, her bir tedarikçiye önceden belirlenmiş sıra ve saat ile uğrar, malzemeleri yükler ve yine belirlenmiş saatte hareket eder. Araç tüm tedarikçileri dolaşır, fabrikaya vardığında, son tedarikçiden aldığı malzemeleri ilk olarak boşaltacak şekilde fabrikanın ilgili bölümlerine uğrar ve boşaltma işlemini tamamlar.



Şekil 4.19 Çok tedarikçi ile döngüsel sefer sistemi (Ahmetoğlu, 2005)

### *E-Kanban Sistemi*

E-Kanban sisteminde ise rota başına maksimum on kanban turu gerçekleştirilebilmektedir. E-Kanban malzemeleri tarif edildiği gün ve saatte toplanır. Kanban seferlerini yapan araçların sevkiyatları önceden fabrika lojistik servisinde belirlenen; e-kanban malzemelerde İnternet sunucusunda yayınlanan, klasik kanban firmalarında ise tedarikçi firmalara ve taşıyıcı lojistik firmasına yazılı olarak bildirilen zaman aralıklarında yapılır. Taşıyıcı lojistik firması, kanban sevkiyat programında belirtilen saatlerde tedarikçi firma ve fabrikaya giriş çıkışlarını yapmakla yükümlüdür. E-Kanban sisteminin yapısı Şekil 4.20’de görülmektedir.



Şekil 4.20 E-Kanban sistemi (Ahmetoğlu, 2005)

#### **4.1.5.5 Optimum Araç Planlaması için Taşıyıcı Lojistik Firması ve Tedarikçi Firmanın Uygulamadaki Ortak Sorumlulukları**

Taşıyıcı lojistik firması bir sonraki iş gününün taşınmasını, sürekli sevkiyat kapsamındaki tedarikçi firmalarla internet üzerinden OPLOG programını kullanarak karşılıklı doğrular. Bakiye teslimatları da taşıyıcı lojistik firması ve tedarikçilerle internet üzerinden OPLOG programı kullanılarak doğrulanır.

#### ***Tedarikçilerin Uyması Gereken Kurallar***

Aşağıda belirtilen hususların eksiksiz yerine getirilmesinde tedarikçi firmalar sorumludur.

- 1) Taşıyıcı lojistik firmasının optimum taşıma faaliyetini gerçekleştirmesi için sevk edilecek malzemelerin taşıyıcı lojistik firmasıyla internetteki OPLOG sistemi üzerinden doğrulanmasından sorumludur (bakiye teslimi, numune ve ön-seriler bu kapsam içindedir).
- 2) Doğrulama, malzemenin miktar ve tarih bilgisi bazında yapılır.
- 3) Tedarikçiler internetteki OPLOG sistemi üzerinden kendilerine tanınan saatte ve sürede, araç üzerindeki kendine ait varsa boş kasayı tahliye etmek ve malzemesini araca yüklemekle yükümlüdür. İrsaliye düzenleme süresi belirtilen süreye dahildir.
- 4) Kendine tanınan sürenin dışına çıkan tedarikçi, araç içinde gerek kendi gerekse diğer firmaların malzemelerinin de fabrikaya geç gelmesine sebep olacağından, bu sebeple fabrikanın üretim duruşu veya sonradan tamamlama yaşanması durumunda oluşacak kayıpları yine fabrikanın belirleyeceği tutarlar üzerinden ödenir. Benzer şekilde ihracat taleplerinin gecikmesi durumunda doğacak sevkiyat gecikmeleri nedeni ile oluşabilecek ekstra masraflar da (müşteriye uçak ile gönderim, ihraç pazarlarda üretim duruşu v.b.) dış ticaret hizmetleri yönetimi müdürlüğü tarafından tedarikçi firmalara yönlendirilir. Tedarikçinin planlanan varış-ayrılış sürelerine uyumu Poliroute isimli cihaz tarafından ölçülür, periyodik olarak raporlanır ve gerekir ise iyileştirme istenir.
- 5) Tedarikçi yükleme/boşaltma işlemleri için ayrılan süre yeterli değilse karşılıklı (fabrika-tedarikçi- taşıyıcı lojistik firması) mutabakata varılarak uzatılabilir.
- 6) Tedarikçiler tüm malzemelerin fabrikadaki boşaltma noktasını bilmekle yükümlüdür. Aktarma, gövde, montaj, boya ve PWT malzemelerini ayırt edilmiş şekilde yüklemelidir. Gerekğinde araç şoförünün isteğine göre aracın farklı bölgesine yükleme yapılmalıdır. Hiç bir firma fabrikada yükleme boşaltma zorluğuna veya palet üzerinden elle malzeme indirilmesine neden olmamalıdır.
- 7) Elle üzerinde oynama yapılmış irsaliyeler araç sürücüsüne verilemez.

- 8) Tedarikçi taşıyıcı lojistik firmasına yaptığı yüklemeyi belirlenmiş standart ambalajlarda ve kasa içi miktarını gözütecek şekilde ambalaj adeti kadar yapmalıdır.
- 9) B fabrikasından malzeme temin eden tedarikçiler, bu malzemeler için (satış/çalışma hesabı), malzemenin talepleri fabrikanın bulunduğu şehir dışı tedarikçiler için, en az 3 gün önceden, aynı bölgedeki tedarikçiler için 2 gün önceden “Satış çalışma formu” doldurarak malzemenin temincisine fakslanır. Ancak temincinin verebileceği tarih ve miktarı teyit için faks öncesinde telefonla görüşmesi önerilir.
- 10) Tedarikçilerin numune ve ön-seri malzemelerini de yine taşıyıcı lojistik firması taşır. Miktarı az olan bu malzemeler yine korunaklı bir ambalajla taşıyıcı lojistik firmasına teslim edilecektir. Numuneler için ayrı, ön-seriler için ayrı irsaliye kesilir.
- 11) Acil malzeme yönetimi :
  - Taşıyıcı lojistik firmasının optimizasyon programını çalıştırma hazırlıklarına başladıktan sonra (saat 15:00’den sonra) gelen program değişimleri acil malzeme talebi olarak değerlendirilir.
  - B fabrikası malzeme teminciler veya tedarikçilerden gelen acil malzeme talepleri aşağıdaki standart formda taşıyıcı lojistik firmasına bildirilir. Taşıyıcı lojistik firmasının acil değerlendirmesi sonucu acil malzeme talepleri 2 ayrı şekilde sonuçlanabilir ve ilgililere sonuç bildirilir.
  - Acil malzemenin bulunduğu bölgedeki planlanan seferlerde boş yer var ise ve zaman açısından uygun ise acil malzeme normal planlanan sefer ile alınır.
  - Herhangi bir şekilde normal planlanan seferler ile acil malzeme alınamıyorsa; şehir dışı tedarikçiler acil malzemeyi kendi olanakları ile fabrikaya veya şartların uygun olması durumunda taşıyıcı lojistik firmasının toplama noktasına getirir.
  - Şehir içi tedarikçilerde ise taşıyıcı lojistik firmasının organize edeceği acil taşıma aracı ile sevkiyat yapılır. Ancak taşıyıcı lojistik firmasının değerlendirmesi sonucu eğer acil taşıma aracının temini veya fabrikaya geliş saatinin geç olması durumunda tedarikçi kendi olanakları ile acil malzemeyi fabrikaya getirecektir.

Sonuç olarak, taşıyıcı lojistik firmasının değerlendirmesi sonucu acil malzemenin ne şekilde yapılacağı yazılır. Acil malzeme ek taşıma maliyeti, aciliyete sebep olan firmaya (fabrika, taşıyıcı lojistik firması veya tedarikçi) fatura edilir.

- 12) Ambalajda hasar olmamasına rağmen malzemedeki hasar veya eksik varsa sorumluluk tedarikçi firmaya aittir.

- 13) Döngüsel sefer sistemindeki bazı firmaların malzemeleri fabrikada veya PWT’de ara operasyonlara (ısıtıl işlem, boya) tabi tutulmaktadır. Bu tür malzemeler fabrikada veya PWT’ de onay aldıktan sonra firmaya geri giderek işleme konulmaktadır. Taşıyıcı lojistik firması bu tür malzemeleri taşımaz (son ürün haline geldiğinde taşınır).
- 14) İnternet üzerinden teslim edilecek malzeme miktarı doğrulanmasına rağmen, tedarikçinin eksik malzeme vermesi durumunda planlanan araç optimizasyonu bozulduğu için tedarikçi, fabrikaya karşı sorumludur. Fabrika eksik malzemenin metre küp/tonaj bedelini fabrikaya oluşturduğu nakliye gideri üzerinden hesaplar ve tedarikçiye fatura eder.
- 15) Standart ambalajında olmayan veya kasa içi miktara uygun verilmeyen malzemeler kabul edilir. Ancak verimsiz taşıma maliyeti fabrika lojistik servisi tarafından hesaplanarak fabrikada muhasebeleştirilir ve tedarikçiye fabrika tarafından fatura edilir.

#### ***Taşıyıcı Lojistik Firmasının Uyması Gereken Kurallar***

Aşağıda belirtilen hususların eksiksiz yerine getirilmesinden taşıyıcı lojistik firması sorumludur:

- 1) Taşıyıcı lojistik firması optimum taşıma faaliyetini gerçekleştirmek için sevk edilecek malzemelerin tedarikçi firma ile internet üzerinden doğrulanmasından sorumludur (bakiye teslimi, numune, ön-seri, satış/çalışmalar bu kapsam içindedir).
- 2) Malzemeler teslim alınırken kasa/kutu sayısı kontrolü, tedarikçinin düzenlediği sevk irsaliyesi esas alınarak yapılır.
- 3) Fabrika tarafından aksi teyit edilmedikçe tedarikçi firma ile teyitleşilen miktardan fazla malzeme kabul edilemez. Programda olmasına rağmen tedarikçiden alınamayan malzemeler ise acilen fabrika sorumlularına bildirilir.
- 4) Standart ambalajında olmayan veya kasa içi miktara uygun verilmeyen malzemeler kabul edilir. Verimsiz taşıma maliyeti fabrikaya raporlanır.
- 5) Taşıyıcı lojistik firması fabrikadan boş kasa ve malzeme yüklemelerinde kendisine verilen sevk irsaliyesinde belirtilen tip ve miktarda boş kasa ile malzemeyi aracına yüklemekten sorumludur.
- 6) Taşıyıcı lojistik firması tedarikçilere kasa/malzeme teslim ederken, irsaliyenin kendisinde kalan kopyasına doğru ve tam teslim edildiğine dair imza almak zorundadır. İmzalı kopyayı fabrikada ilgili birime getirmekle yükümlüdür.
- 7) Tedarikçiden malzeme teslim alınırken açık ve görsellik sağlayan malzemelerde

hasarlı malzeme, kapalı ambalaj içerisinde gelen malzemelerde ise hasarlı ambalaj kabul edilmez.

- 8) Tedarikçiden malzeme teslim alınırken tespit edilmemiş ve nakliye sırasında oluşan tüm hasarlı malzemeler ve/veya eksik malzemelerden taşıyıcı lojistik firması fabrikaya karşı sorumludur.
- 9) Taşıyıcı lojistik firmasının yaptığı seferler sırasında taşıyıcı lojistik firması kaynaklı yükleme/boşaltma veya taşıma ıskartası oluştuğunda;
  - Hasarlı malzemelerin taşıma esnasında olduğu tespit edilip tutanak altına alınır.
  - Iskarta olduğu tespit edilen kasa/ambalajların içindeki malzemelerin tamamı taşıyıcı lojistik firmasına ıskarta kesilir.
  - Iskarta malzemeler taşıyıcı lojistik firmasına teslim edilir.
- 10) Taşıyıcı lojistik firması fabrikanın ıskarta kestiği tüm malzemeleri tedarikçiye eksiksiz götürür. Fabrika düzenlediği ıskarta belgesinin bir kopyasını tedarikçinin kontrolde kullanması amacıyla tedarikçiye ulaştırır.
- 11) Tedarikçi gerçekten ıskarta olan malzemelerle sağlam olanları ayırır.
- 12) Taşıyıcı lojistik firması sağlam malzemeleri tedarikçi firmaya fatura keserek satar. (Fabrika, PWT birim fiyatları ile).
- 13) Kullanılamaz durumunda olan malzemeler tedarikçi tarafından kesme, parçalama işlemleriyle hurda edilerek taşıyıcı lojistik firmasına teslim edilir.

Gerek ıskarta ayırma, gerekse hurda etme işçilikleri taşıyıcı lojistik firmasına tedarikçi tarafından fatura edilebilir veya sağlam malzemeler için taşıyıcı lojistik firmasının kestiği faturadan düşülebilir.

Taşıma ıskartası oluşumunda taşıma lojistik firması hemen ilgili temin masasına bilgi verir ve durumun aciliyetine göre yerine malzeme temin edilmesi için acil malzeme temin koşullarını uygular. Üretim durması veya eksik malzeme tamamlama söz konusu olur ise üzülmek işçilik masrafları taşıma lojistik firmasına fatura edilir.

Taşıyıcı lojistik firması tedarikçi firmaya giriş-çıkış saatini poliroute cihazı kullanarak kayıt etmelidir. Olağan üstü haller dışında taşıyıcı lojistik firmasının sefere ilk firmada geç başlaması veya ara noktalara ulaşımında gecikmesi, dolayısıyla malzemenin fabrikaya geç teslim edilmesi sonucu durumunda oluşabilecek üretim duruşları veya sonradan tamamlama işçiliği fatura edilecektir. Benzer şekilde ihracat malzemelerinin tesliminde yaşanacak



gecikmeden doğacak ekstra masraflar (müşteriye uçak ile gönderim, ihraç pazarlarda üretim duruşu v.b.) da taşıyıcı lojistik firmasına yönlendirilecektir. Seferdeki araç sürücüleri ile her zaman iletişim sağlanabilmelidir.

#### 4.1.5.6 B Otomobil Firmasının Türkiye Fabrikası ve C Otomobil Firmasının (Japon Otomobil Firması) Türkiye Fabrikası Arasındaki Döngüsel Sefer Yönetim Farklılıkları

Her iki fabrikanın da lojistik sağlayıcısı Y Lojistik olmasına karşın, sürekli sevkiyat yönetimi konusunda farklılıklar görülmektedir. Bunlar Çizelge 4.4'te karşılaştırmalı olarak görülebilir.

Çizelge 4.4 B ve C fabrikaları arasındaki sürekli sevkiyat yönetim farklılıkları

B Otomobil Fabrikası	C Otomobil Fabrikası
Taşınacak malzeme bilgisi B firmasından Y lojistik firmasına aktarılır.	Taşınacak malzeme bilgisi C firmasındadır.
Firmalar ile teyitleşme B ve Y tarafından birlikte sağlanır.	Firmalar ile teyitleşme C tarafından sağlanır.
Kullanılacak araç sayısı Y tarafından belirlenir.	Kullanılacak araç sayısı C tarafından belirlenir ve Y'ye bildirilir.
Bölge içindeki rotalar Y tarafından belirlenir.	Tüm rotalar C tarafından belirlenir.
Optimizasyon Y tarafından yapılır.	Optimizasyon C tarafından yapılır ve optimizasyon sonuçları Y'ye bildirilir.
Sevkiyatlar ile ilgili dokümantasyon Y tarafından yapılır.	Sevkiyatlar ile ilgili dokümantasyon Y ve C birlikte oluşturulur.
Fiili operasyon tamamen Y tarafından yönetilir.	Fiili operasyon Y ve C ile birlikte yönetilir.
Araç doluluklarından Y sorumludur.	Araç doluluklarından C sorumludur.
Yükleme şekillerinden Y sorumludur.	Yükleme şekillerinden C sorumludur.
Acil malzeme sevkiyat talepleri Y'ye yapılır, sevkiyat planlaması Y tarafından oluşturulur ve yönetilir.	Acil malzeme sevkiyat talepleri C tarafından planlanır, araç teminini Y yapar ve birlikte yönetilir.
Ambalaj iyileştirmeleri B+Y tarafından birlikte yapılır.	Ambalaj iyileştirmelerinden C sorumludur.
Rota oluşturma ve iyileştirmeleri B+Y tarafından birlikte yapılır.	Rota oluşturma iyileştirme C tarafından yapılır ve yeni plan Y'ye bildirilir.
Standart dışı toplama sevkiyatlarının tüm yönetimini Y yapar.	Standart dışı toplama sevkiyatlarının tüm yönetimini Y yapar.

#### 4.1.5.7 Sürekli Sevkiyat Sisteminin Sağladığı Sonuçlar

Tedarikçi sevkiyat performansları açısından sağlanan sonuçlar şunlardır:

- B otomobil fabrikası için özel olarak tasarlanan OPLOG yazılımının desteği ile israflar minimuma inmiş ve tedarikçilerle internet üzerinden teyitleşme sevkiyat performanslarının kontrolünü kolaylaştırmıştır. Tüm bunların sonucunda da disiplin ve kontrol artış göstermiştir.
- Sürekli sevkiyat uygulanmasından sonra boş konteynırların ve geri dönüşümlü kutuların yönetimi ambalajlama maliyetlerini minimuma indirmiştir.
- OPLOG ve Poliroute sistemlerinin detaylı raporları sayesinde, birimler ve tedarikçiler sevkiyatın zaman çizelgelerine uyum sağlamaktadır ve bu da tüm sisteme disiplin ve ahenk getirmektedir.

Stok kazançları açısından sağlanan sonuçlar 2007 yılı için şu şekildedir;

- Stoklarda azalmalar sağlanmıştır. Stokların azalması eski stok alanlarının birçok yeni proje için kullanılmasına olanak sağlar,
- Sürekli sevkiyattan önce ortalama stok yaklaşık olarak 6 günlük iken, bugün ortalama stok yaklaşık olarak 1.3 günlüktür,
- Stoktaki bu değişimin kazancı yaklaşık olarak 1.300.000 \$/ay'dır,
- Diğer sürekli sevkiyat operasyonlarında Y lojistik takımı stoku en az 135 dakikaya indirmeyi başarmıştır. Aynı performansı yakalamak bu kazancı yaklaşık olarak 2.000.000 \$ arttırmaktadır.

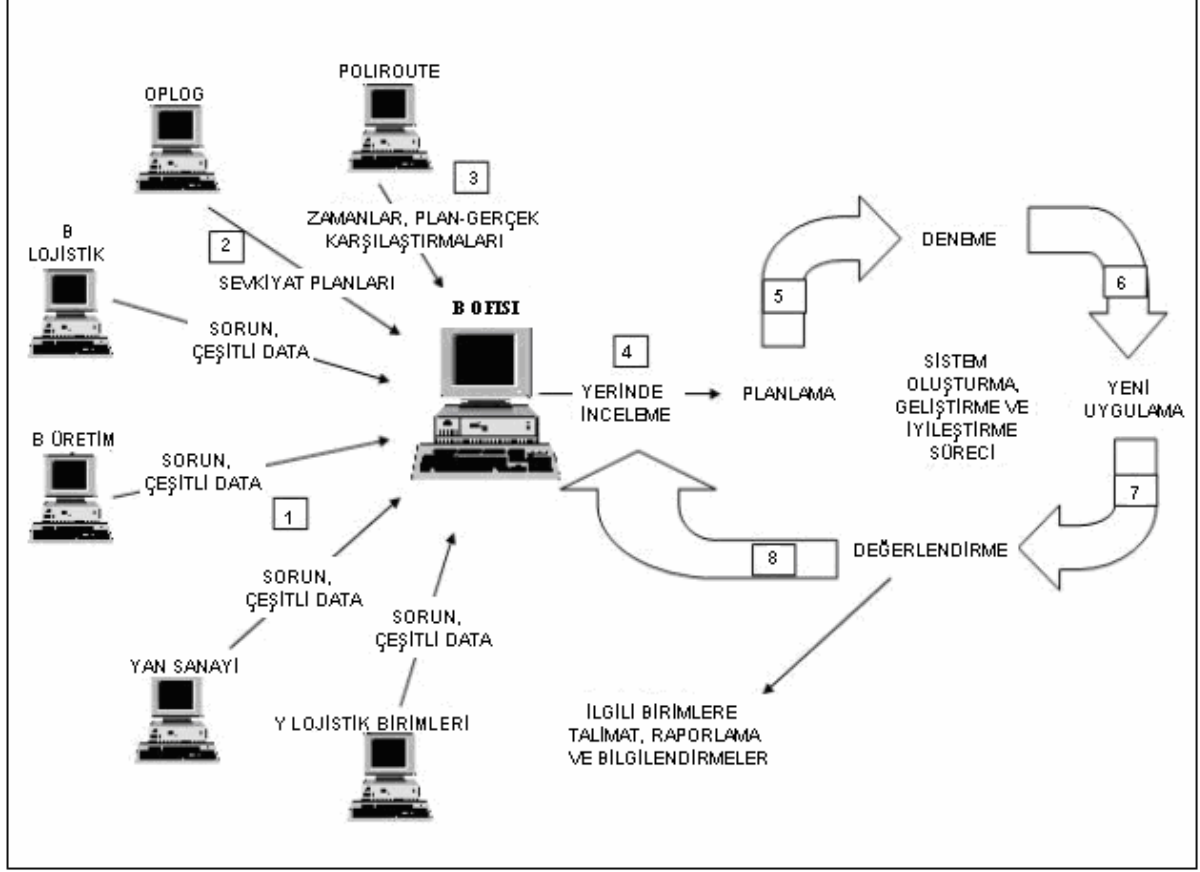
#### **4.1.5.8 Sistem Geliştirme ve İyileştirme**

Sistem geliştirme ve iyileştirme prosesinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

- Sorun ve çeşitli datalar B firmasının ofisine iletilir,
- Sevkiyat planları B fabrika ofisine iletilir,
- Zamanlar, planlanan ile gerçekleşen durumların karşılaştırmaları B fabrika ofisine iletilir,
- B ofisi tarafından yerinde incelemeler yapılır,
- Sistem oluşturulur, geliştirilir ve iyileştirilir. Bu adımdaki işlem sırası ise şu şekildedir:
  - Planlama,
  - Deneme,
  - Yeni uygulama,
  - Değerlendirme,

- İlgili birimlere talimat, raporlama ve bilgilendirme yapılır.

Sistem geliştirme ve iyileştirme prosedürü Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21 Sistem geliştirme ve iyileştirme prosedürü (Ahmetoğlu, 2005)

#### 4.2 Çapraz Havuzlama Sistemi ve Uygulanma Durumları

Önceden tahmin edilebilir, az değişen, yüksek talebe sahip olan ve genellikle büyük hacimli, kolay bozulabilen (gıda maddeleri gibi) ürünler, çapraz havuzlama sistemiyle taşınmak için uygun adaylardır. Örneğin süpermarket zincirlerinin raporlarından, tuvalet kağıdı, kağıt mendil gibi ürünlerin büyük hacim ve düşük mali değere sahip oldukları saptanmış ve dolayısıyla bu ürünlerin taşınmasında çapraz havuzlama yöntemi kullanılmıştır. Bunun yanı sıra promosyon ürünleri ve mevsimsel talebe sahip ürünler de çapraz havuzlama sistemiyle taşınması uygun olarak saptanmış ürünlerdir. Ürünler çoğunlukla partiler halinde üretilirler ve özellikle kolay bozulabilen ürünlerin çapraz havuzlama ile taşınmasında “parti kontrolü” önem teşkil eden bir konudur ve biraz karmaşık bir yapı gösterir. Bunu basit hale getirmek için kullanılabilecek yöntemlerden biri İlk Giren İlk Çıkar (FIFO) yöntemidir. Bu teknikte bilindiği gibi ambara ilk giren ürün, yola çıkan ilk kamyonla gönderilir; yani ürünler ambara

girme sırasına göre gönderilirler. Böylelikle çabuk bozulabilen gıda maddelerinin ambarda gereksiz beklemeleri ve bozulmaları engellenir (Ertek, 2005).

Çapraz havuzlama sistemi talebin düşük ve hacmin yüksek olduğu durumlarda verimlilik gösteren tam zamanında üretim sistemiyle çok benzerdir. Napolitano (2000) çapraz havuzlama'yı "dağıtım alanında tam zamanında üretim" olarak tanımlamıştır.

Ürüne olan talep sabit olduğunda; ambara doğru günde, istenen miktarda ürün alınacak şekilde ayarlama yapılabilir. Eğer talep kesin değilse çapraz havuzlama sisteminin uygulanması zorlaşır; çünkü tedarikle talebi eşleştirmek zordur. Düşük değişim söz konusu olduğunda, sık nakliyatları garanti etmek için ürüne olan talep yeterli olmak zorundadır. Eğer talep çok düşükse, sık nakliyatlar aşırı inbound taşıma maliyetlerine sebep olur ve çapraz havuzlama uygulamasından ziyade ambarda stok bulundurmak daha uygun olur.

Çapraz havuzlama uygulaması için iyi olarak nitelendirilen ürünler aynı zamanda kolay işlenebilen parçalardan ibarettir. Örneğin inbound taşıma maliyetleri ve işleme kolaylığı analiz edildikten sonra hangi ürünün çapraz havuzlama ile dağıtılacağına karar verilir. Ağaç endüstrisi ve ağır sanayiye ait ürünler çapraz havuzlama sistemiyle dolaştırılmaktansa direk depolara gönderilirler; çünkü taşıma maliyetlerindeki herhangi bir tasarruf, aşırı işleme maliyetlerini dengeler niteliktedir (Ertek, 2005).

#### 4.2.1 Çapraz Havuzlama Sisteminin Ön Koşulları

Çapraz havuzlama sisteminin uygulanabilmesi için gerekli ön koşullar şu şekilde sıralanabilir (Ertek, 2005);

- *Ortaklık Gereksinimi:* Çapraz havuzlama tam anlamda sözleşme ve çapraz havuzlama sistemindeki tüm partiler için sürekli gözlem gerektirir.
- *Partiler Arasında Etkin Haberleşme:* Çapraz havuzlama sisteminin iyi işleyebilmesi için akış sürecinde iletişimin eksiksiz ve hatasız, son teknolojik donanımlarla gerçekleştirilebilmesi gerekir. Mesela Wal-Mart firması satıcıları ile iletişimi sağlamak amacıyla özel uydu iletişim sistemi kurmuş ve bu sayede 4000 satış noktasına bilgiyi gönderebilmiştir.
- *Karmaşık Yönetim Operasyonları:* Sistemin yapısı gereği envanterin bulunmaması ürün akışlarında mükemmel bir koordinasyon gerektirir. Tedarik zincirinde birbiriyle ilişki içinde bulunan bir çok kritik durumda doğru karar verilmesi gerekir. Bu aşamada matematik modellerin kullanılması uygun olur.

- *Çapraz Havuzlama Sisteminin Maliyetini ve Karını Karşılaştırma:* Çapraz havuzlama sistemi bazı ürünlerin taşınmasında kar elde edilmesini sağlarken, bazı durumlarda ise yüksek harcamalara ve tedarik zinciri sürecinde risklere neden olabilir. Örneğin, başarılı bir çapraz havuzlama uygulamasında azaltılan envanterler, işgücü ve depolama alanlarının çoğalması sonucu avantajlar elde edilebilir. Öte yandan; firmalar teknolojiye çok büyük bir yatırım yapmak durumundadır. Tüm partiler açısından çapraz havuzlama sisteminin maliyeti, getirisi ve riski hakkında ortak bir karara varılmalıdır.
- *Mükemmel Kalite Gereksinimi:* Tedarikçilerin kalite açısından mükemmel performans göstermeleri beklenir, çapraz havuzlama sisteminde ürün akışı için yapılan denetleme kusursuz olmalıdır.

Neredeyse tüm endüstri dallarında var olan önemli bir trend, toptan siparişleri azaltmak ve daha küçük envanter modüllerine geçmektir. Örneğin bakkal dükkanları ile lojistik firmaları, tek tip ürün yerine birçok üründen oluşan ve küçük hacimli paletlerle taşıma yapmak suretiyle anlaşılmaya varır.

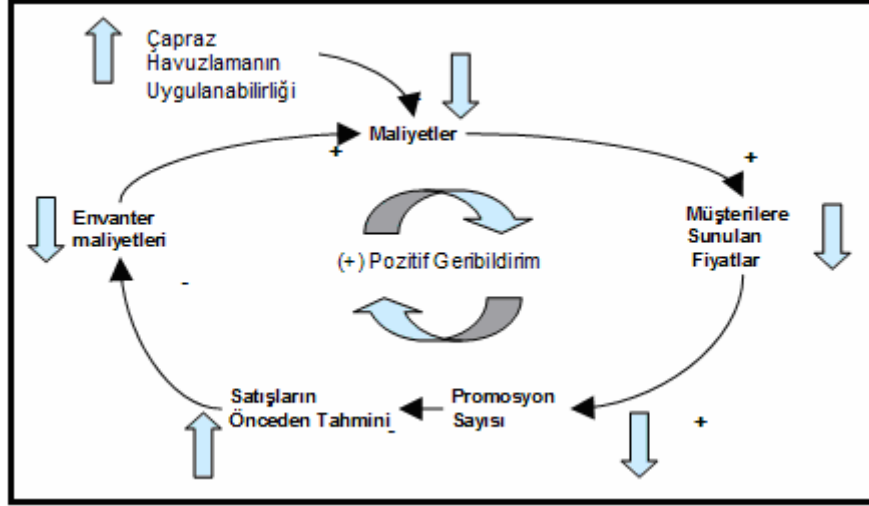
#### 4.2.2 Çapraz Havuzlama Sisteminin Avantajları

Çapraz havuzlama sisteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Ertek, 2005);

- Ürünlerin etkin bir şekilde birleştirilmesini sağlar.
- Stoklamanın elimine edilmesiyle stok seviyeleri düşürülür.
- Daha hızlı ürün akışına izin verir.
- Daha sık nakliyatlara izin verir.
- Daha hızlı ürün akışı ve stok seviyesinin düşürülmesiyle stok eskime payını azaltır.
- Daha az elle taşıma sonucu işgücü ihtiyaçlarını, masraflarını ve envanterlerin zarar görmesinden kaynaklanan maliyetleri azaltır.
- Alan ihtiyacını azaltır ve bu sayede etkinlik kapasitesini artırır.
- Müşterilerin tam zamanda üretim stratejisini destekler.
- Tedarikçilere ödemeyi hızlandırır. Bu, tedarikçileri çapraz havuzlama sistemine dahil etmek için önemli bir tartışma konusudur.
- Tedarik zinciri partnerleri arasındaki ilişkiyi geliştirir.
- Daha sık nakliyatlarla tamamlanmamış taleplerin hemen tamamlanması sağlanır.
- Azaltılan maliyetler şirket için tekrarlayan avantajlarla pozitif bir geribildirim sebeptir.

olabilir.

Şekil 4.22’de Çapraz havuzlama sisteminin avantajları gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Çapraz havuzlama sisteminin avantajları (Ertek, 2005)

#### 4.2.3 Çapraz Havuzlama Sisteminin Dezavantajları

Çapraz havuzlama sisteminin başlıca sakıncaları genellikle daha önce belirlenen ön koşulların sağlanmaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu sakıncalar şu şekilde sıralanabilir (Ertek, 2005):

- *Envanter Tükenmesi Riski:* Envanterin minimuma indirilmesinin hedeflendiği çapraz havuzlama uygulamasında talebin birden bire olağan dışı yükselmesi ve talebin müşteriye ulaştırılamaması sonucu, tedarik zincirinde gecikmeler meydana gelebilir, koordinasyonda başarısızlığa sebep olur.
- *İş Kaybetme Korkusu:* Çapraz havuzlama sisteminde ana kazanç, stokların düşürülmesi ve işgücünün azaltılması sonucu elde edilir, ancak daha sonra bu strateji çalışanlar arasında güçlü bir direnmeye sebep olabilir.

#### 4.2.4 Çapraz Havuzlama Sisteminin Adım Adım Uygulanması

Çapraz havuzlama sisteminin uygulanma süreci şu şekilde sıralanabilir (Ertek, 2005):

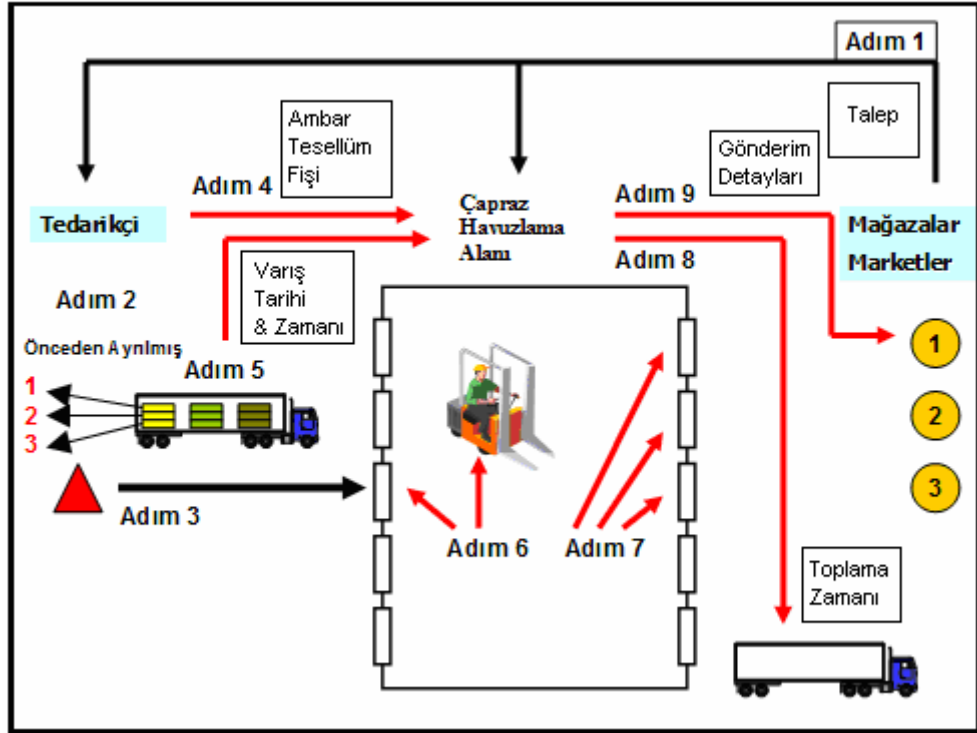
1. Eğer satıcı bazlı envanter sistemi uygulanıyorsa bilgi perakendeciden tedarikçiye gönderilir.

2. Tedarikçi ambarında taşınacak ürünler için paletler ve etiketler bulunmaktadır. Bu paletler tek tipte veya ihtiyaca göre hazırlanmış birkaç tipte olabilirler ve üzerlerindeki etiketlerde ürün adı, ürün kodu, nereye ve hangi tarihte gönderileceği gibi bilgiler yer almaktadır.
3. Tedarikçi çapraz havuzlama sistemiyle taşıyacağı yükleri kamyonu yükler.
4. Tedarikçi çapraz havuzlama operatörüne ön gönderme uyarısı gönderir.
5. Taşıyıcı, çapraz havuzlama operatörüne ürünün varış tarihini ve zamanını bildirir.
6. Çapraz havuzlama sisteminde, inbound ürün girişlerinin yapıldığı kapı belirlenerek işgücü ve teçizat bu bölgeye yönlendirilir.
7. Outbound nakliyatların yapılacağı ambar kapısı belirlenir.
8. Outbound taşıyıcısı alma zamanı, yükleme bilgileri, varış yeri ve nakliyat tarihi ve saati konularında bilgilendirilir.
9. Perakende dükkanı, outbound nakliyat detayları hakkında bilgilendirilir.
10. Tedarikçinin nakliyatını gerçekleştirdiği ürünleri taşıyan kamyon veya kamyonet, gidilecek yere varır.
11. Tedarikçinin gönderdiği ürünlerin küçük bir yüzdesi nakliyatın doğru yapıldığından emin olmak adına manuel kontrollerden geçirilir.
12. Inbound taşımada kullanılan paletler ambarın outbound kapısına transfer edilir ve outbound kamyon/kamyonetine yüklenir.
13. Outbound kamyonu çapraz havuzlama alanını terk eder ve geri döner.

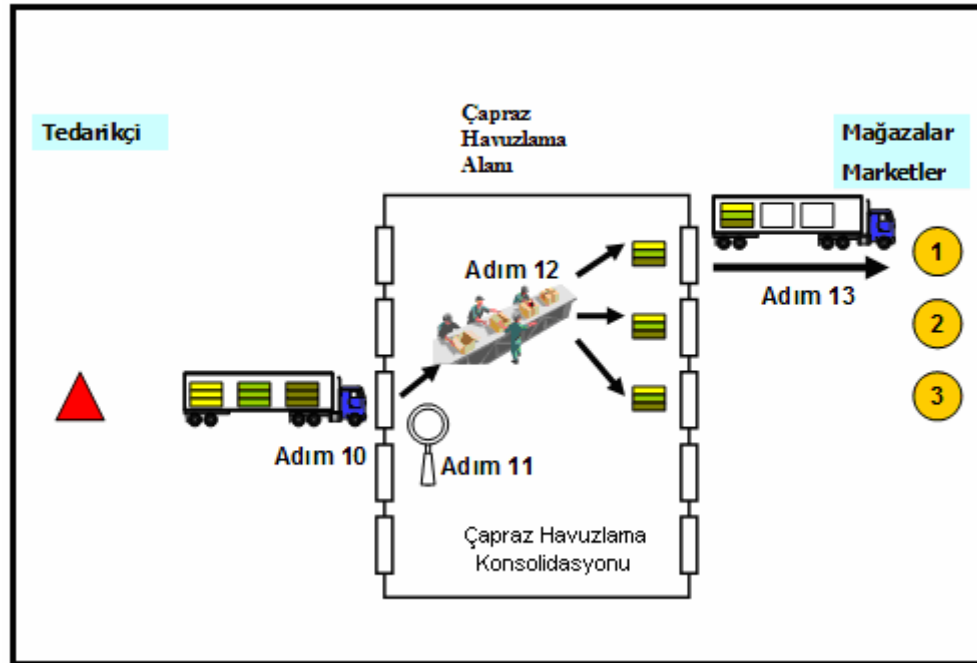
Kısacası çapraz havuzlama sistemi bitmiş bir ürünün üreticiden alınıp ön kapıdan (inbound kapısı) dağıtıcı ambarına alınması, gerekli etiketleme, paletleme ve sıralama işlemlerinin yapılması sonucu outbound kapısında çapraz havuzlama kamyonlarına yüklenerak müşteriye gönderilmesinden ibarettir. Çapraz havuzlama sistemi tedarik zinciri mantığını talep zinciri mantığına dönüştürür, böylece stoklama işlemi sıfırlanmış veya minimuma indirilmiş olur.

Çapraz havuzlama sistemi neredeyse hiçbir otomatik sistem kullanmaksızın manuel bir şekilde uygulanabilir (geleneksel çapraz havuzlama) veya otomatik sistemler (konveyör veya sıralama sistemleri gibi) ile ekipmanlarla gerçekleştirilebilir. Otomatik sistemler kullanma ihtiyacı ürün çeşitliliği arttıkça, çapraz havuzlama sisteminin sıralanması gereken ürünler taşınması gerektiği zaman ve talebin çoğu birim palet bazında değil de koli bazında olduğu zaman artar (Ertek, 2005).

Şekil 4.23 ve Şekil 4.24 çapraz havuzlama operasyonundaki adımları göstermektedir.



Şekil 4.23 Çapraz havuzlama operasyonunda adımlar-a (Ertek, 2005)



Şekil 4.24 Çapraz havuzlama operasyonunda adımlar-b (Ertek, 2005)



#### 4.2.5 Z Lojistik Firmasında Çapraz Havuzlama Sistemi Uygulaması ve İş Akışı

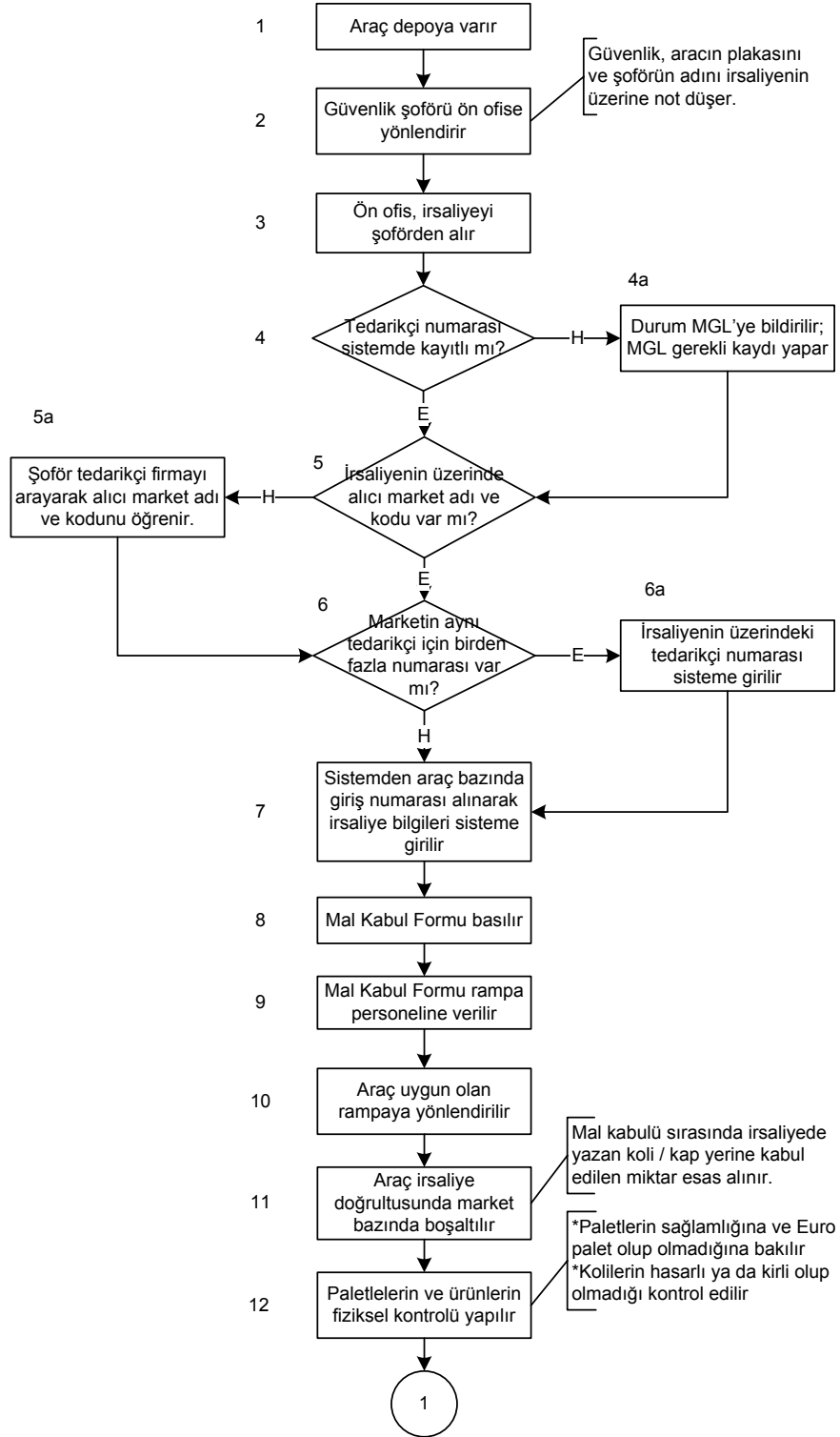
Z Lojistik'te yaygın bir şekilde uygulanan çapraz havuzlama operasyonunun düzgün bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla bir iş akışı oluşturulmuştur. Bir firma için yapılan bu iş akışının adımları Şekil 4.25'te ayrıntılı olarak diyagram halinde gösterilmiştir.

İş akışını kısaca açıklamak gerekirse aracın dağıtım merkezine varmasıyla çapraz havuzlama süreci başlamış olur. Şoför irsaliyeyi ön ofise verir ve ön ofis elemanı irsaliye üzerinde yazan tedarikçi numarasının sisteme kayıtlı olup olmadığını kontrol eder. Kayıtlı değilse kaydı yapılır ve irsaliye üzerindeki market adı ve kodu kontrol edilir. Tüm eksik bilgiler tamamlandıktan sonra irsaliye bilgileri sisteme girilir ve kabul formu basılır; kabul formunun basılması sonucu aracın dağıtım merkezine girişi kesin olarak gerçekleşmiş olur.

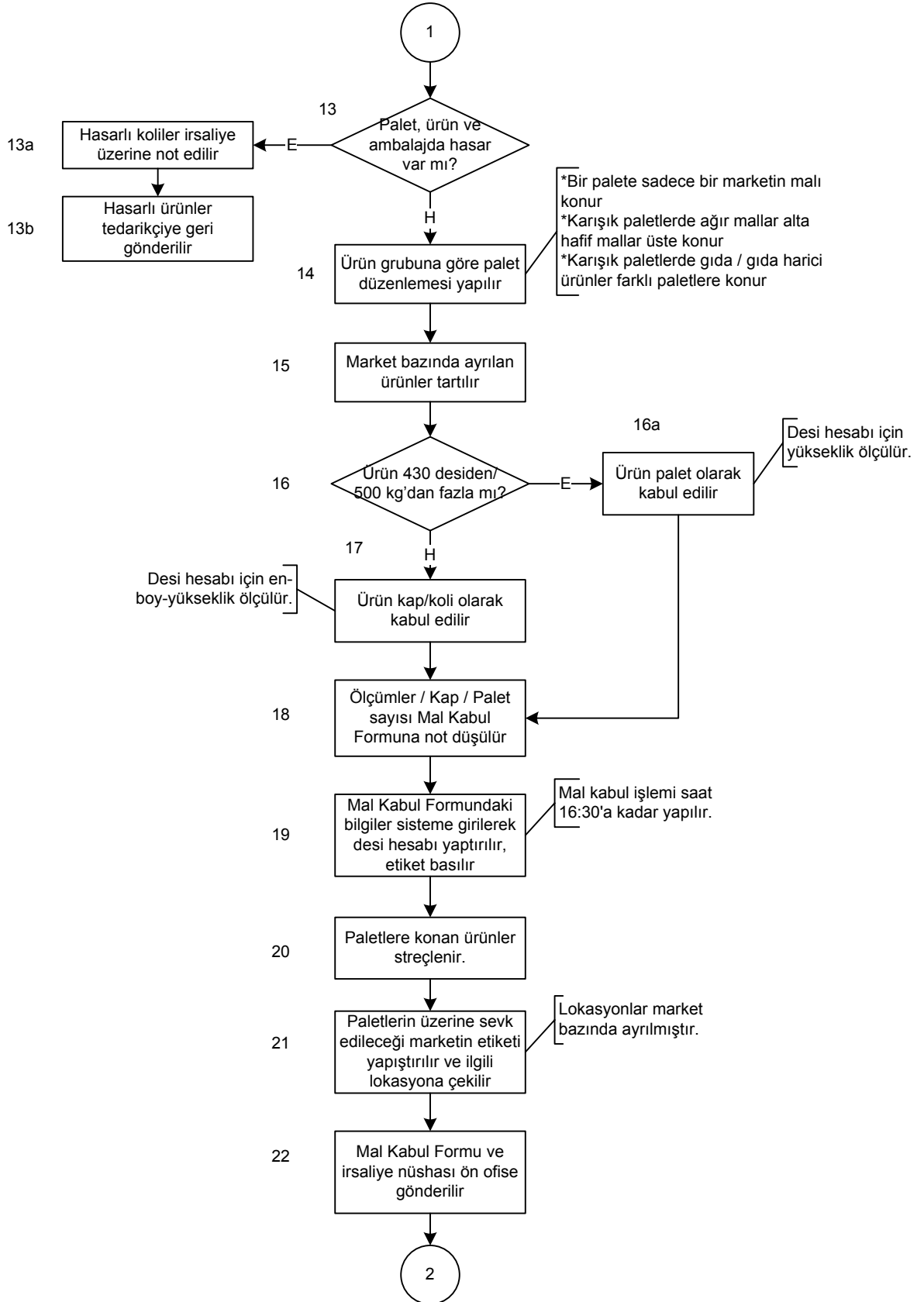
Araç uygun rampaya yönlendirilerek çapraz havuzlama alanına ürünlerin boşaltılması gerçekleştirilir ve ürün ile paletlerde herhangi bir hasar olup olmadığı kontrol edilir. Hasarlı ürün varsa saptanarak tedarikçiye geri gönderilir; yoksa ürünler tartılarak paletlere yerleştirilir. Ürün 500 kg'dan fazla ise palet olarak, az ise koli olarak kabul edilir.

Koli veya paletlere etiket yapıştırılır ve paletler streçlenir. Yapıştırılan etiketler üzerinde ürünün adı, kodu, giriş tarihi ve hangi markete gönderileceği yazılır. Ön ofiste araç için Ambar Tesellüm Fişi (ATF) basılır. Stoktan herhangi bir ürün gönderilecekse gönderim için hazırlıkları tamamlanır. Sevkiyat için belirlenen kriterler ile öncelikler göz önüne alınarak sevkiyat planlaması ve araç rezervasyonu yapılır. Sonrasında çıkış listesi hazırlanır ve ürünler boşaltma sırasına göre araca yüklenir.

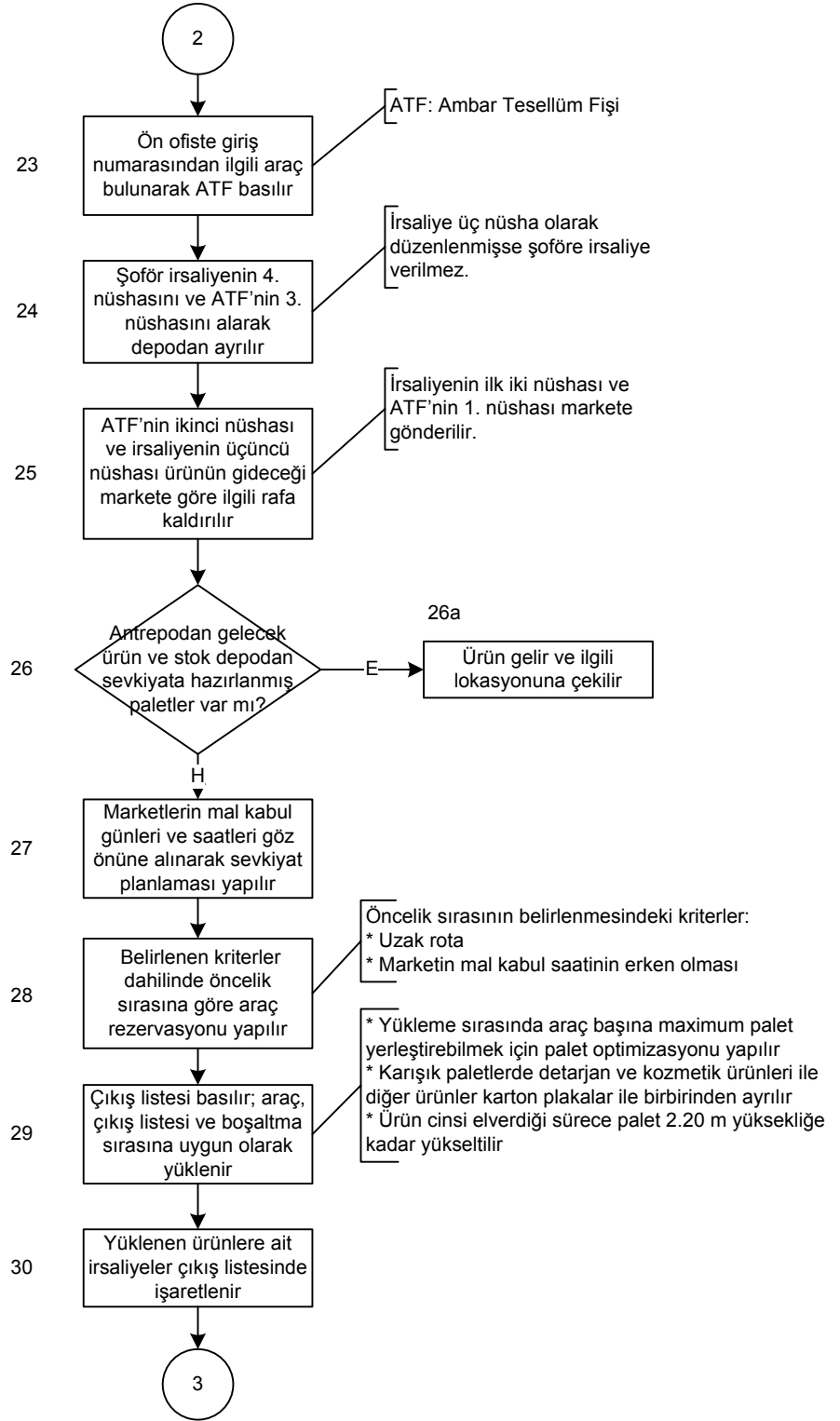
Bu arada gönderilen palet sayısı sisteme girilir ve araç şoförlerine teslimat saati hakkında bilgi verilir. Ertesi sabah aracın markete varıp varmadığı kontrol edilerek gecikme varsa markete bildirilmesi sağlanır. Son olarak araç boşaltma yapıp döndüğü zaman teslimat bilgileri sisteme girilir.



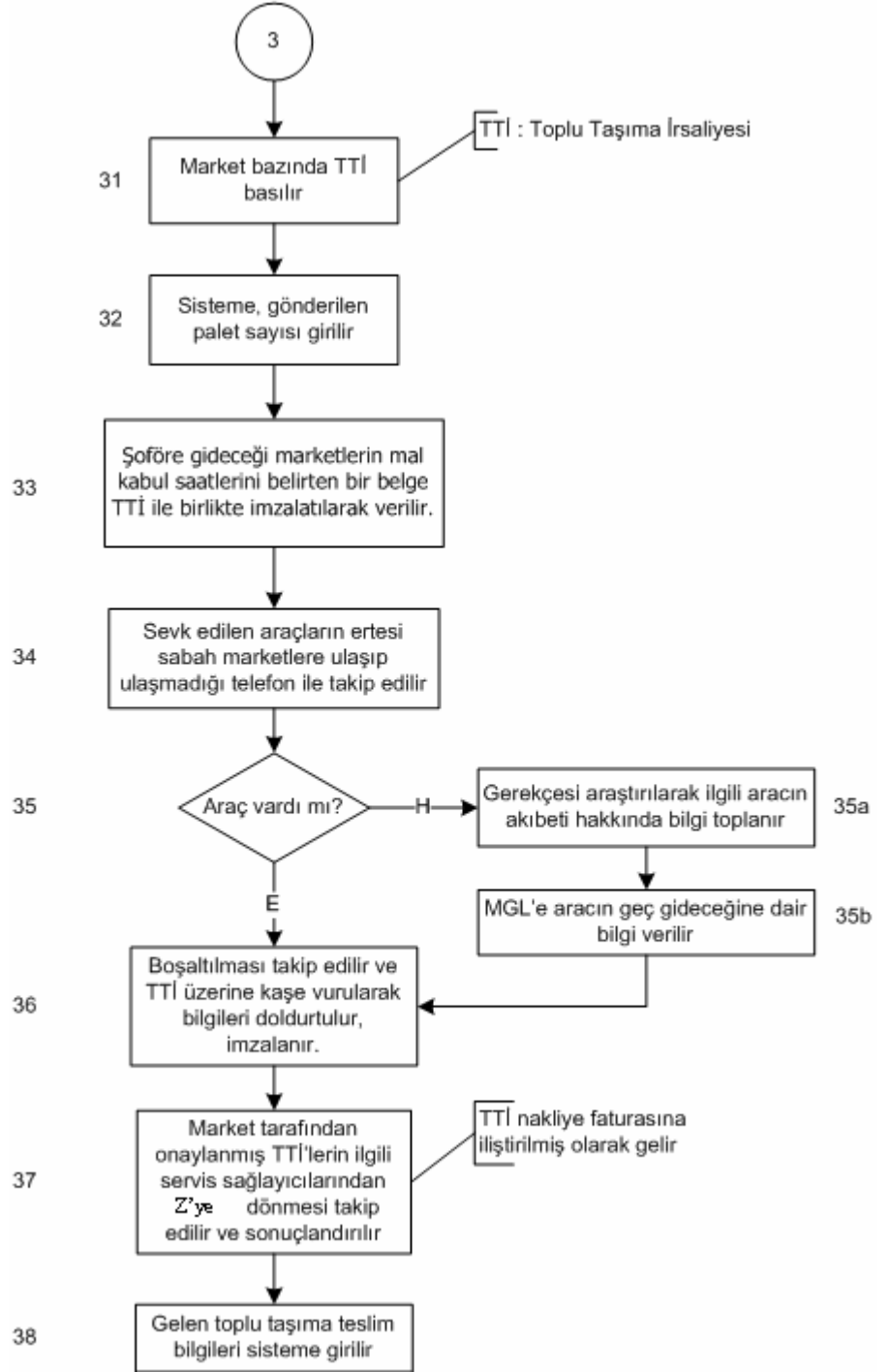
Şekil 4.25 a) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı başlangıcı



Şekil 4.25 b) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 1. bölüm



Şekil 4.25 c) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 2. bölüm



Şekil 4.25 d) Z Lojistik'te çapraz havuzlama sistemi iş akışı 3. bölüm

## **5. YALIN TABANLI LOJİSTİK SİSTEMLERİ (DÖNGÜSEL SEFER-ÇAPRAZ HAVUZLAMA) İÇİN TASARIM METODOLOJİSİ**

Müşteri istekleri, beklentileri ve rekabetin arttığı günümüzde firmalar müşteri isteklerini en düşük maliyet kalemleriyle gerçekleştirerek, karlılıklarını yüksek tutmak istemektedir. Firmalar için önemli maliyet kalemlerinden biri olan lojistik faaliyetleri de firmaların yalın dönüşüm içerisinde geliştirmek istedikleri ve maliyetlerini azaltmak istedikleri önemli bir alandır. Yalın lojistik tabanlı taşıma sistemleri, kayıpları ve israfları yok ederek, müşteri isteklerini daha düşük maliyetle karşılayabilme yeteneğine sahiptir.

Literatürde yalın lojistiği, yalın lojistik tekniklerini ve rekabet ortamındaki önemini açıklayan çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Bununla beraber, mevcut taşıma sisteminden, yalın lojistik tabanlı bir taşıma sistemine dönüşüm sürecinde tasarımcıya bütünsel bir yol gösteren çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışma ile mevcut taşıma sistemini yalın sisteme dönüştürmek isteyen bir tasarımcıya veya proje ekibine rehber niteliğinde olabilecek aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre bir yöntem hazırlanmıştır. Ayrıca, uygulama aşaması sonucunda elde edilen sonuçlarla seçilen performans ölçütlerine göre sistemin hedeflenen değerlerini karşılaştırarak, sistemin gelişimini sağlayan performans değerlendirme prosedürü de aksiyomlarla tasarım ilkeleri kullanılarak tasarlanmıştır.

### **5.1 Yöntem Hakkında Genel Bilgi**

Yalın lojistik tabanlı sistem tasarımı çalışmasının gerçekleştirilmesinde kullanılan yol haritası Şekil 5.1’de gösterilmektedir. İlk aşama olan ön hazırlık aşamasında, müşteri isteklerinin doğru olarak algılanması, proje kapsamında çalışacak olan takımın belirlenmesi ve katılımın sağlanması adımları yer almaktadır. Bu aşamada belirtilen temel faaliyetlerin ön hazırlık aşamasında gerçekleştirilmesi, projenin başarılı olmasında oldukça önemlidir.

Ön hazırlık aşamasının tamamlanmasından sonra yalın lojistik tabanlı sistemin AD yöntemiyle tasarlanabilmesi için en uygun taşıma yönteminin seçilmesi aşamasına geçilecektir. Bu aşamada, uygulamada kullanılabilecek alternatif taşıma yöntemleri içinden ön hazırlık aşamasında elde edilen müşteri istekleri doğrultusunda en uygun taşıma yöntemi seçilecektir. Seçim çalışmasının gerçekleştirilmesinde bulanık bilgi aksiyomu kullanılacaktır.

Bulanık bilgi aksiyomu yöntemi ile yapılan seçim çalışmasının ardından, seçim aşamasında kullanılan kriterlerinin ağırlıklandırılmasıyla gerçekleştirilen ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemi kullanılarak, en uygun taşıma yöntemi seçilecek ve bu çalışmanın

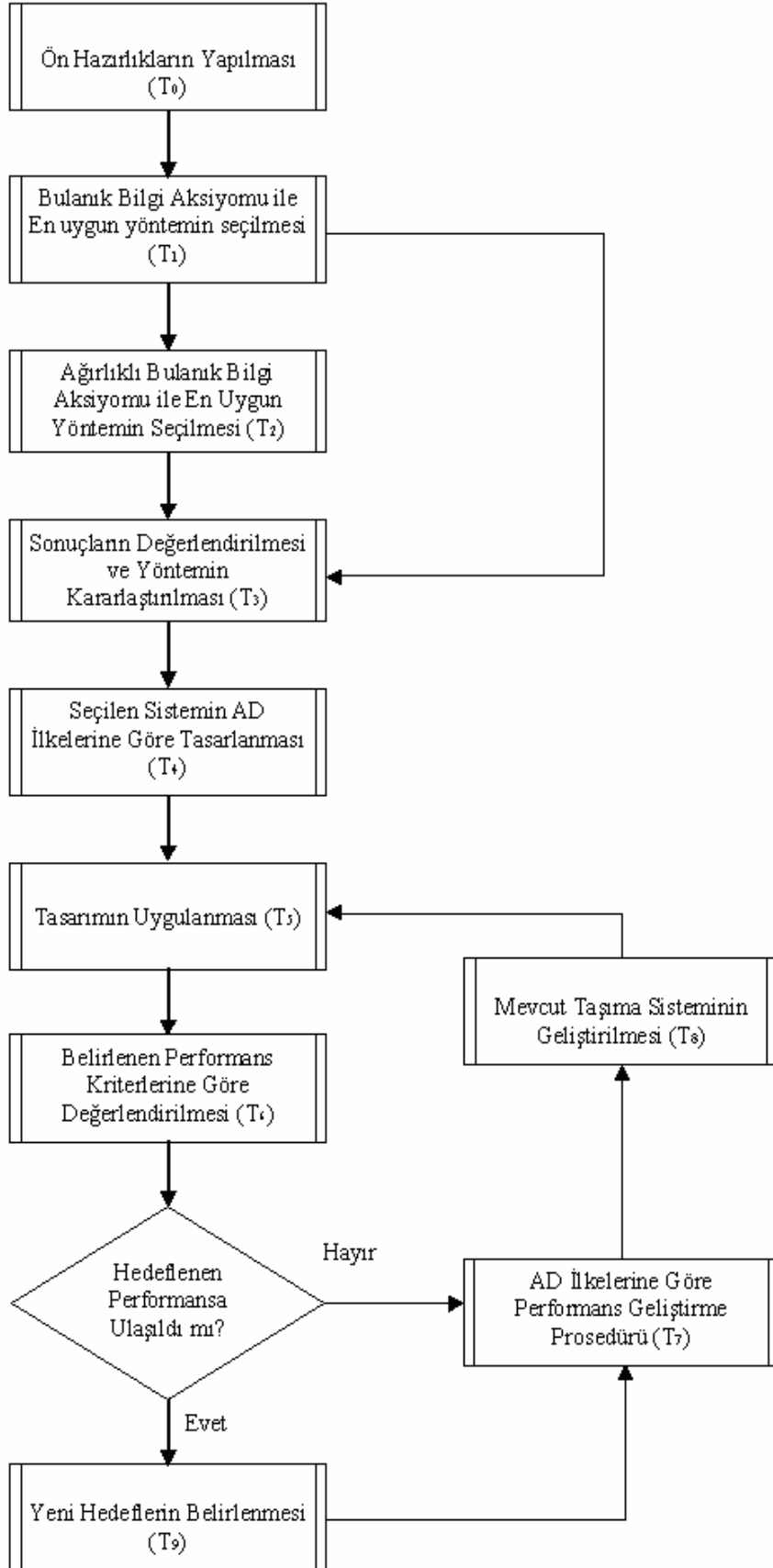
yapılmasında bulanık bilgi aksiyomu çalışmasından elde edilen sonuçlar kullanılacaktır. Bulanık bilgi aksiyomu yönteminde, seçim kriterlerinin ağırlıklarının aynı olduğu kabul edilmektedir. Ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yönteminde ise seçim kriterleri değerlendirmeyi yapacak proje takımı tarafından ağırlıklandırılabilir. Böylece her iki durumda da ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılabilir ve seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasının sonuç üzerindeki etkisi belirlenebilecektir.

Bir sonraki aşamada bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, AD yöntemi ile gerçekleştirilecek tasarım için en uygun yöntemi kararlaştırılması yapılacaktır.

Ön hazırlık ve en uygun yöntemin seçilmesi aşamalarından sonra sistemin tasarlanması ile ilgili adıma geçilir. Tasarım çalışması AD yöntemi, bağımsızlık aksiyomu kullanılarak gerçekleştirilecektir.

Yalın lojistik tabanlı sistemin tasarımı için gerekli çalışmaların yapılmasından sonra uygulama aşamasına geçilir. Uygulama sonuçlarının değerlendirilmesiyle elde edilen performans sonuçları dokümanite edilir ve hedeflenen performans değerleri ile karşılaştırılır. Hedef değerlerden daha düşük performans değerlerinin geliştirilmesi veya başarılı sayılabilen performans değerleri için de sürekli gelişimin elde edilmesi için aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre hazırlanmış sistem geliştirme prosedürü kullanılır. Kullanılacak olan sistem geliştirme prosedürü neticesinde ihtiyaç duyulan düzenlemeler gerçekleştirilerek, geliştirilmiş “Yalın Lojistik Tabanlı Sistem” elde edilmiş olur.

Şekil 5.1 geri beslemeli yalın taşıma sistemi tasarım prosedürünü göstermektedir.



Şekil 5.1 Geri beslemeli yalın taşıma sistemi tasarım prosedürü



## 5.2 Ön Hazırlık Aşaması (T<sub>0</sub>):

**Müşteri Sesinin Dinlenmesi:** Ön hazırlık safhasının ilk aşaması müşteri sesinin dinlenmesidir. Müşteriler her türlü hizmeti daha kaliteli, daha düşük fiyatla, daha düşük temin süresi ve belirlenen spesifikasyonlarla talep etmektedirler. Dolayısıyla günümüzde rekabet ortamının güçlü olması, firmaların alışkanlıklarını ve iş yapma şekillerini, verimlilik arttırıcı, maliyet azaltıcı tekniklere veya müşteri taleplerine adapte etmeye zorlamaktadır. Bu aşamanın doğru ve tam olarak anlaşılması, hem ulaşılmak istenen noktanın net olarak anlaşılmasını hem de bundan sonraki çalışmaların hedef doğrultusunda doğru olarak organize edilmesini sağlayacaktır. Dönüşüm projesi için müşterinin talep ettiği temel kriterlerin neler olduğu, hangi aşamalarda değişikliklerin istendiği ve müşterinin çalışma sonunda mevcut durumdan hangi noktalara ulaşmak istediği net olarak belirlenmeli ve proje kapsamında ilgili tüm kişilere aktarılmalıdır.

**Proje Ekibinin Belirlenmesi:** Yalın lojistiğe dönüşüm süreci boyunca, bilgilerin toplanmasını, analizini, dönüşüm çerçevesinde değiştirilecek noktaların belirlenmesini, dönüşüm stratejisinin tespit edilmesini, uygulamanın gerçekleştirilmesini ve kontrollerin yapılmasını sağlayacak bir proje ekibi gereklidir. Proje ekibinde yer alan üyeler ve ünvanları; sponsor, proje lideri, danışmanlar ve proje üyeleridir.

**-Sponsor:** Projeyi finanse eden veya proje için gerekli kaynakları sağlayan kişi veya kurumdur. Projenin sahibi olan kişidir. Projenin yönetiminden, tüm işleyişinden sorumlu olan kurumdur. Bu kurum bir metro projesinde belediye olurken, şirket içi bir kalite projesinin sponsoru ise bu projenin doğal sahibi olan kalite güvence bölümü yöneticisi olabilir. Projenin sponsoru projenin patronluğunu da yapmaktadır.

**-Proje Lideri:** Projenin sponsoru tarafından belirlenmektedir. Proje lideri, projenin yönetilmesinden, görev dağıtımlarının yapılmasından, projenin takip edilmesinden sorumludur ve her türlü durumda proje üyeleri tarafından ilk bilgi verilmesi gereken kişidir.

**-Danışmanlar:** Firmanın çalışanı olmayan, firma dışından projeye katılan ve çalışılan konu üzerinde daha önce uygulama deneyimi olan kişi veya kişilerden seçilir.

**-Proje Üyeleri:** Proje kapsamında çalışacak olan kişiler proje üyeleri olmaktadır. Proje üyeleri gerçekleştirilecek projenin kapsamına göre tek bir departman veya uzmanlık alanından olabileceği gibi farklı departmanlardan ve uzmanlık alanlarından gelen çalışanlardan da olabilmektedir. Proje üyeleri üst yönetim tarafından belirlenen hedefleri gerçekleştirmek için çalışacak ve uzmanlık alanının kapsamındaki noktalarda gerekli bilgileri aktaracaktır.

**Katılımın ve Gerekli Desteğin Sağlanması:** Proje ekibi tarafından gerçekleştirilecek çalışmalarda firmadaki tüm çalışanların desteğinin alınması çok önemli olacaktır. Bu durumda tüm çalışanlar fikir ve önerileriyle proje ekibine destek olacak, firma bütünsel bir yapıyla hedefe doğru ilerleyecektir. Aksi taktirde proje ekibi istediği bilgileri ve desteği alamayacağı için başarı elde edebilme yüzdesi azalacak ve projenin tamamlanma süresi uzayacaktır.

### 5.3 Bulanık Mantık

Bulanık mantık, çok net olmayan mantığa dayalı önermelerin, mantık süzgecinden geçirilerek incelemesinin yapıldığı bir metot olarak adlandırılabilir. İngilizce “fuzzy logic” kelimeleri ile ifade edilir. Bulanık mantık, 1965 yılında Azeri asıllı akademisyen Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmış ve günümüze gelmiştir. Zadeh’in Bulanık Mantık’ı ortaya koyduğu andan itibaren 15.000’e yakın bilimsel makale yayımlanmıştır. Öncesinde ise Polonyalı mantıkçı Jan Lukasiewicz’in 1930 yıllarında klasik mantıkta kullanılan ikili mantık sistemi “doğru” veya “yanlış” değerlerini üçlü mantık sistemine oturttuğu görülür.

Klasik mantık sistemleri, bulanık mantığın aksine belirsizlikle ilgilenmezler. Bir başka ifade ile bulanıklık, doğruluk ölçütünün keskin bir şekilde tanımlanmamasından kaynaklanan durumlardaki problemlerle uğraşmak için ideal bir yöntemdir (Aksoy, 2004).

Bulanık mantık, birşey hakkında yargı ortaya atarken, bu yargıyı oluştururken dayandığı matematiksel sınıflandırmaların ne kadar içinde, ne kadar dışında olduğundan bahseder ve verinin ne kadar o yargı kümesine ait, ne kadar ait olmadığı bilgisine dayanarak, o veriye yeni bir tanım getirir.

Bulanık mantık küme teorisinde üyelik derecesi kavramını geliştirmiştir. Örneğin gençler kümesine 25 yaşındaki bir insan %100 üye iken, 60 yaşındaki bir insan %30 üyedir şeklinde ifadeleri vardır. Böylesine bir açılım sübjektif verilere dayansa da kazandırdığı esneklik ve gerçek hayat olaylarına daha iyi çözüm önerebilme itibarıyla çok taraftar toplamıştır (Russel ve Norvig, 2003).

1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile bulanık kavram ve sistemler, dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanmıştır. Bu araştırmacılar ilk defa bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellemesini başarmış ve böylelikle, bulanık sistemlerle çalışmanın ne kadar kolay ama sonuçlarının da ne kadar etkili olduğu anlaşılmıştır (Şen, 2001).

Daha sonraki yıllarda bulanık sistem uygulaması bir çimento fabrikasının işletilmesi ve kontrolü için yapılıncaya, artık bulanık kavramlar dünyanın birçok yerinde yavaş yavaş

kullanılmaya başlanmıştır. Bu faaliyet, Batı’da çok yavaş olurken, Doğu’da ve özellikle Japonya, Singapur, Kore ve Malezya’da kendisini fazlaca göstermiştir. İlerleyen yıllarda, özellikle 1980’lerden sonra elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda bulanık mantık kullanımında fazlasıyla artış olmuştur. Son yıllarda, birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde ve bir çok konularda kullanılır hale gelmiştir (Öndemir, 2004).

Bulanık mantık matematiği ile klasik matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda, klasik matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişiyi 38,5 yaşında yerine sadece orta yaşlı olarak ifade etmek, birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için uygundur. Bulanık mantık yaklaşımı, makineler insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir (Elmas, 2003).

Japonya’da bulanık mantık konusunda oldukça fazla araştırma yapılmıştır. Özellikle “fuzzy process controller” olarak isimlendirilen özel amaçlı bulanık mantık mikroişlemci çipinin üretilmesine çalışılmaktadır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalar ile uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. Yine bir başka uygulama olarak otomatik civatalamaların değerlendirilmesinde bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık yardımıyla civatalama kalitesi belirlenmekte, civatalama tekniği alanında bilgili olmayan kişiler açısından konu şeffaf hale getirilmektedir.

Bulanık mantık ile çalışmanın tercih edilmesinin nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Yılmaz ve Arslan, 2005):

- ✓ Bulanık mantığın anlaşılması kolay ve dayandığı matematiksel teori basittir.
- ✓ Bulanık mantığı çekici kılan şey yaklaşımının doğallığı ve kompleks ya da karmaşıklıktan uzak olmasıdır.

- ✓ Bulanık mantık esnektir.
- ✓ Eksik ya da yetersiz verilerle işlemler yapılabilmektedir.
- ✓ Bulanık mantık karmaşık ve lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilir.
- ✓ Bulanık mantık ile uzman kişilerin görüş ve tecrübelerinden yararlanılır.
- ✓ Bulanık mantık sıradan insanların günlük işlerinde kullandığı dili kullanır. Bu da bulanık mantığın en büyük avantajıdır

### 5.3.1 Bulanık Kümeler ve Bulanık Sayılar

Bulanık sistemler genel olarak, mevcut verilerden seçilen girdi değişkenlerinden çıktı değişkenlerinin elde edilmesini sağlamak amacıyla bulanık küme ilkelerini kullanan sistemlerdir. Bu sistemlerin en büyük avantajı insan deneyimlerinin ve sözel verilerin bulanık sayılar yardımıyla, bulanık modele katılması ile çözüme ulaşılmasıdır. Bulanık çıkarım sistemi olarak da adlandırılan bu model, bulanık eğer-ise kuralları adı verilen bulanık kurallara dayanan bir sistemdir (Yılmaz ve Arslan, 2005).

#### 5.3.1.1 Bulanık Kümeler

Bulanık küme kavramı, Zadeh'in klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle uğraşırken yetersiz kalmasından hoşnut kalmayıp doğmuştur. Zadeh, bu noktada ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümeler tanımlamasını öne sürmüştür. Bulanık küme kuramı, 'belirsizlik' in bir tür biçimlenişi, formüllendirilmesidir. Bir çeşit çok-değerli küme kuramıdır. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarınıninkilerden farklılıklar gösterir. Kümedeki her bir birey, çift-değerli küme kuramlarında olduğu gibi "üye" ya da "üye değil" olarak değil de, bir dereceye kadar üye olarak görülür.

Bulanık küme kavramı, hassasiyetin arttırılması açısından, klasik kümelerinkine göre daha uygun olan yeni bir araç sağlamakta, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktadır (Makropoulos ve Butler, 2006). Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur ya değildir. Halbuki, Zadeh yaklaşımına göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun veya kısa olanlar uzun boylu değil diye dışlanamazlar. Esas alınan uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile, uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girmektedir. Böylelikle dünyadaki tüm insanlar kümesindeki insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik derecelerinin bulunduğu söylenebilir.

Yine Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit var sayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Yani klasik küme kavramında bir eleman bir kümenin üyesidir veya değildir. Halbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Böylece bulanık kümelerindeki öğelerin üyelik derecelerinin kesintisiz olarak 0 ile 1 arasında değerler aldığından söz edilebilir. Aslında Zadeh'in ileriye sürdüğü bulanık kümeler kavramının özellikle 1980 yılı sonrasındaki teknoloji ve bilimsel çalışmalarda büyük etkisi olmuştur. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- ❖ Bulanık kümenin normal olması gerekir. Bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekliliğidir.
- ❖ Bulanık kümenin monoton olması istenir. Bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır.
- ❖ Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa veya sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Buna da bulanık kümenin simetriklik özelliği adı verilir.

Klasik kümelerle bulanık kümelerin arasındaki önemli farklardan bir tanesi, klasik kümelerin sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesi fonksiyonu bulunmasına karşın, bulanık kümenin yukarıdaki üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmasıdır.

Bulanık küme üyelik derecesi fonksiyonlarının mutlaka simetrik olması özelliğini sağlaması gerekmemektedir. Çoğu durumda insanlar sayısal bilgileri hassas bir şekilde tanımlayamazlar. Örneğin "yaklaşık 55", "0'a yakın", "6000'den büyük" gibi bulanık sayılar kullanırlar. Bulanık alt kümeler teorisi kullanılarak, bu bulanık sayılar gerçel sayılar kümesinin bir bulanık alt kümesi olarak tanımlanabilir. Bulanık bir  $A$  sayısı en azından aşağıdaki üç koşulu sağlamalıdır (Klir ve Yuan, 1995):

- $A$  normal bir bulanık küme olmalıdır,
- $A$  dışbükey bir bulanık küme olmalıdır,
- $A$ 'nın desteği,  ${}^{0+}A$ , sınırlı olmalıdır.

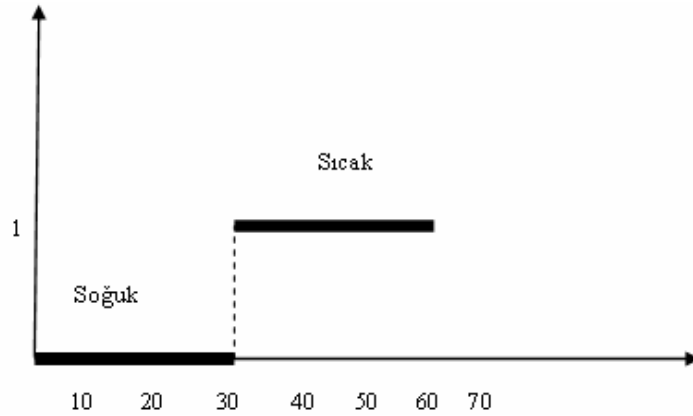
### 5.3.1.2 Bulanık Sayılar

Bir bulanık sayı, bulanık kümeler arasında ve gerçek sayıların bulunduğu yer içerisinde tanımlıdır ve orijinal olarak ölçülen değişkenlerin genel bir ölçeğe dönüştürülmesi için kullanılır (Klir ve Yuan, 1995).

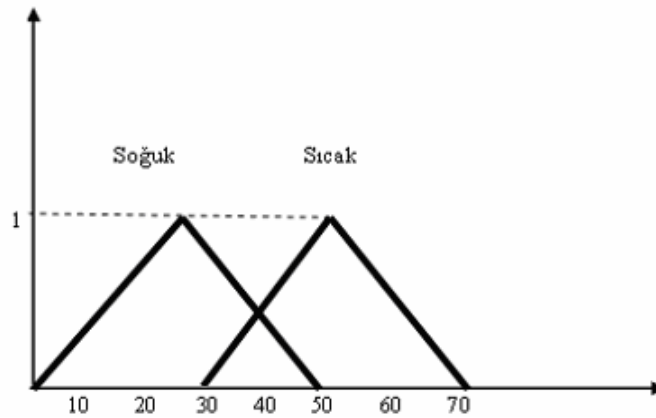
Bulanık sayılar, 1 olarak tanımlanan bir küme içerisindeki maksimum üyelik anlamındaki normallik özelliğine sahiptir ve bu özellik, yeni bir ölçüm skalası tanımlamak için kullanılır. Cebirsel ve aritmetik işlemler, “uzatma prensibi” ile bu kümelerde bir analogi şeklinde tanımlanabilir.

Bulanık sayı kavramı, bir standartlaştırma aracı olmakla kalmayıp, aynı zamanda sözel değerleri de bir karar prosesi içinde birleştiren bir yapıdır. Bulanık sayılar aslında sözel değerleri betimlemekle birlikte, geleneksel bir anlayış içerisinde ele alarak, temel bir değişkene doğru ilerlemektedir (Makropoulos ve Butler, 2006).

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te sırasıyla soğuk ve sıcak kavramlarının klasik ve bulanık mantıkta karşılık gelen üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Klasik mantık modeli



Şekil 5.3 Bulanık mantık modeli

Üçgensel bulanık sayılar,  $a_2$  büyüklüğü kesinlikle gösteren sayı,  $a_1$  ve  $a_3$  büyüklüğün alt ve üst sınırlarının kabul edilebilir değerlerini gösteren sayılar olmak üzere,  $(a_1, a_2, a_3)$  gibi ölçüler ile gösterilir.

$A = (a_1, a_2, a_3)$  şeklinde bu üçgensel sayı için üyelik fonksiyonu ise;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & a_3 < x \end{cases} \quad (5.1)$$

şeklinde gösterilmektedir.

U, elemanları “x” ile gösterilen bir evrensel küme olarak tanımlansın. U’ nun klasik bir alt kümesi olan A için üyelik,  $\mu_A$  karakteristik fonksiyonu ile gösterilir ve  $\{0,1\}$  arasında aşağıdaki gibi değişmektedir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } x \in A \text{ ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases} \quad (5.2)$$

Eğer küme değerinin gerçekten  $[0,1]$  aralığında olmasına izin verilirse, A kümesi “Bulanık Küme” olarak isimlendirilir.  $\mu_A(x)$ , x in A kümesi içindeki “üyelik derecesi”dir ve  $\mu_A(x)$ ’in 1’e yakın değerleri için x’in A kümesine üyeliği artar. A bulanık kümesi, düzenli ikililer kümesi ile karakterize edilmiştir.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (5.3)$$

Zadeh, burada aynı zamanda aşağıdaki gösterim şeklini de önermiştir. X sonlu bir küme olduğunda A bulanık kümesi  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  şeklinde belirtilir.

### 5.3.1.3 Bulanık sayılarda işlemler

Bulanık sayılardaki işlemlerde, yaklaşık sonuçlar veren aritmetik işlemler ve güven aralıkları ile aritmetik işlemler olarak iki önemli başlıkta incelenebilir.

$A = (x_1, x_2, x_3)$  ve  $B = (y_1, y_2, y_3)$  şeklinde iki tane üçgensel bulanık sayı olduğu varsayılırsa bu sayılar üzerinde bazı kavramları açıklığa kavuşturulabilir.

- Eşitlik:  $A$  ve  $B$  bulanık sayılarının karşılıklı olarak bütün elemanların eşitliğini göstermektedir. Bu  $A = B$  ise,

$$(x_1, x_2, x_3) = (y_1, y_2, y_3) \text{ ise } x_1 = y_1, x_2 = y_2, x_3 = y_3 \quad (5.4)$$

şeklinde açıklanabilir.

- Toplama:

$$A(+)B = (x_1 + y_1, x_2 + y_2, x_3 + y_3) \quad (5.5)$$

olarak ifade edilmektedir.

- Çıkarma:

$$A(-)B = (x_1 - y_3, x_2 - y_2, x_3 - y_1) \quad (5.6)$$

şeklinde gösterilmektedir. Sonuç yeniden üçgensel bir bulanık sayı olmaktadır.

- Üçgensel Bulanık Sayının Simetriği:  $A = (x_1, x_2, x_3)$  üçgensel bulanık sayı olarak ele alınırsa, bu sayının simetriği şöyle olacaktır,

$$-(A) = (-x_1, -x_2, -x_3) \quad (5.7)$$

Çarpma ve bölme işlemleri yalnızca alt sınır değeri pozitif olan pozitif bulanık sayılar üzerinde tanımlanmaktadır.

- Çarpma:

$$A \otimes B \cong (x_1 \cdot y_1, x_2 \cdot y_2, x_3 \cdot y_3) \quad (5.8)$$

şeklinde gösterilmektedir.

- Bölme:

$$A : B \cong \left( \frac{x_1}{y_3}, \frac{x_2}{y_2}, \frac{x_3}{y_1} \right) \quad (5.9)$$

şeklinde gösterilir. Bu işlem sonucu çıkan sayı da bir üçgensel bulanık sayı olmaktadır.

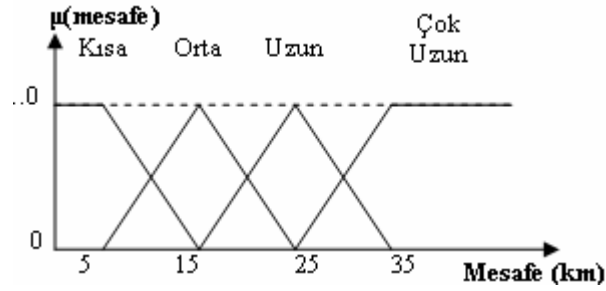
#### 5.3.1.4 Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemler şöyle sıralanabilir (Şen, 2001):



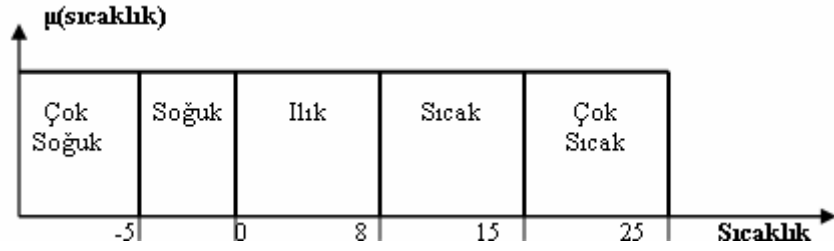
- Sezgi,
- Çıkarım,
- Merteleme,
- Açılı bulanık kümeler,
- Yapay sinir ağları,
- Genetik algoritmalar,
- Çıkarımcı muhakeme.

Bunlardan sezgi fazla bir metodoloji bilgisi gerektirmemektedir. Burada kişinin kendi anlayış, görüş ve olaylara bakışı önemli rol oynar. Buna en basit örnek olarak mesafe kelimesinin belirttiği belirsiz alt kümeler düşünülebilir. Bir insanın yürüyeceği günlük mesafe için en azından kısa, orta, uzun ve çok uzun gibi dört tane alt küme belirlenebilir. Bu alt kümelerin her biri şekil 5.4'te görüldüğü gibi belirli bir geometrik şekil ile temsil edilebilir.



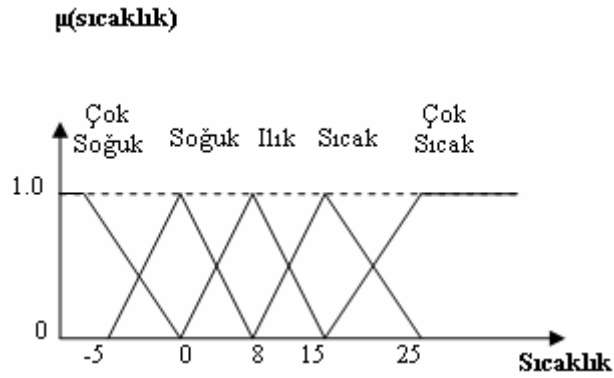
Şekil 5.4 Mesafe bulanık alt kümeleri (Ross, 1995)

Bu geometrik şekillerin konumları, doğal olarak, o yörede yaşayan kişilere göre değişir. Örneğin, kırsal kesimlerde yaşayan insanların anladığı kısa kavramı ile kentsel bölgelerde yaşayanlarınki birbirinden oldukça farklıdır. Üyelik fonksiyonu sayısal bir aralığın, bir kelime ile ifade edilen bir kümeye üyeliğini tarif eder. Göz önünde tutulan bir bulanık kelime veya ifadenin temsil ettiği sayısal aralık, o ifade hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından belirlenebilir. Örneğin, İstanbul'da sıcaklık derecesinin değişim aralığının aşağı yukarı  $-5$  dereceden  $+35$  dereceye kadar olduğu söylenebilir. Bu sıcaklık kümesinin İstanbul için öğelerin bulunabileceği aralığı belirtir. Böylece tüm sıcaklık uzayı belirlenmiştir. Ancak, günlük konuşmalarda bu sıcaklık uzayının da “çok soğuk”, “soğuk”, “ılık”, “sıcak”, “aşırı sıcak” gibi bir takım alt aralıklardan oluştuğu düşünülür. Çok soğukun  $-5$  derece ile  $0$  derece, soğukun  $0$  derece ile  $8$  derece, ılığın  $8$  derece ile  $15$  derece, sıcaklığın  $15$  derece ile  $25$  derece arasında, çok sıcaklığın da  $25$  dereceden başladığı söylenebilir. Burada, aralık tahminlerinde bulunulmuş ve her bir alt aralıktan biri bitince diğeri başlamıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Bitişik dikdörtgen gösterim (Ross, 1995)

Bu aralıkların sınırlarında yine Aristo mantığına göre katı kararlar alınmalıdır. Örneğin 7,9 derecenin soğuk, 8,1 derecenin ise ılık olduğuna karar verilir. Buradaki en önemli nokta, her alt aralığa düşen sıcaklık değerinin üyelik derecesinin, sadece o aralıkta 1'e, diğer aralıklarda ise 0'a eşit olduğudur. Bu nedenle her sıcaklık alt kelimesinin üyelik fonksiyonu yüksekliği 1'e eşit olan bir dikdörtgen şeklindedir. Bulanık kümelerde sıcaklık alt aralıkları birbiriyle örtüşmeli ve geçişlere sahip olmalıdır. Şekil 5.6'da sıcaklığa ait üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Örtüşmeli üçgen gösterim (Ross, 1995)

İlk ve son alt aralıktaki sıcaklık durumlarının, “çok çok soğuk” veya “çok çok sıcak”a doğru giderken başka alt aralıklar olmadığından, üyelik derecelerinin 1'e eşit olması uygun olacaktır. Buradan ilk ve son üyelik fonksiyonlarının üçgen değil de yamuk şeklinde olacağı sonucuna varılır. Böylece, her alt aralığa girişimli olarak bir üyelik fonksiyonu şekli tayin edilmiştir.

Diğer taraftan, sorun her alt aralığa düşen sıcaklık derecelerinin hepsinin aynı dönemde olup olmayacağıdır. Örneğin ılık aralığı için, aralığın alt ve üst uçlarına yaklaştıkça, önem derecesinin en büyük değerinin o alt aralığın ortalarında, en düşük değerlerin ise uçlarda olacağı söylenebilir. Genel olarak, her alt aralığın ayrık üyelik fonksiyonu bu şekildedir ve bu fonksiyonların simetrik olması gerekmez. Böylece  $X_a$  ve  $X_b$  gibi alt ve üst sınırlara sahip  $X$

değişkeninin, bu aralıktaki her değerine ayrı bir üyelik derecesi,  $\mu(x)$  tayin edilmiş olur. Bu aralıktaki tüm  $X$  değerleri, o  $X$  değişkeninin bir alt kümesini teşkil eder.

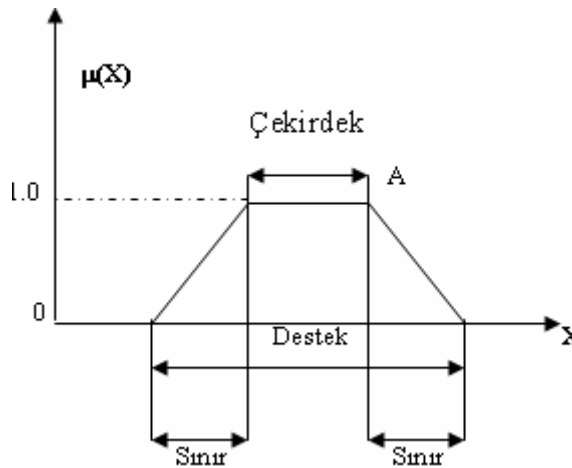
Genel olarak küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren böyle bir eğriye üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) adı verilir. Bu kümenin en önemli özelliği, alt küme sınırlarındaki değerlerin orta öğelerinkine göre daha düşük olmasıdır. Ancak klasik kümelere bir benzerlik teşkil etmesi açısından en büyük önem derecesine sahip olan ortaya yakın öğelere 1 değeri verilirse, diğerlerinin 0 ile 1 arasındaki değişiminin, her bir öğe için değerine, üyelik derecesi ( $\mu$ ), bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu ( $\mu_A(x)$ ) adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahip olur.  $X$  evrensel bir küme olduğunda,  $A$  kümesini tanımlayan üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A : x \rightarrow [0,1] \quad (5.10)$$

şeklinde tanımlanır. Buna bağlı olarak da bulanık  $A$  kümesinin tanımı;

$$A = \{(x, \mu_A(x) | x \in X)\} \quad (5.11)$$

şeklindedir. Matematik kurallarına uygun olarak düzgün şekilli üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk veya çan eğrisi şeklinde de olabilir. Bunlardan üçgen olanı yaygın olarak kullanılır. Her hangi bir  $A$  bulanık kümesi için üyelik fonksiyonunun çekirdeği (Şekil 5.7),  $A$  kümesi içinde üyelik derecesi “1”e eşit olan elemanların kümesidir (Öndemir, 2004).

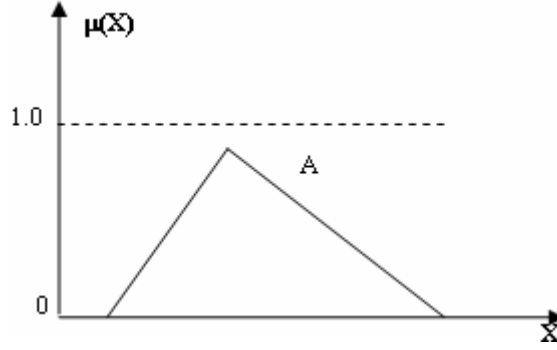


Şekil 5.7 Bir bulanık kümenin çekirdek, destek ve sınır kısımları (Şen, 2001)

Her hangi bir  $A$  bulanık kümesi için üyelik fonksiyonunun destek kısmı,  $A$  kümesi içindeki sıfır olmayan üyelik değerlerini karakterize eden evrensel küme olarak tanımlanır ve

$$\text{Supp } A = \{x \in X | \mu_A(x) > 0\} \quad (5.12)$$

ile gösterilir. A bulanık kümesinin yüksekliği üyelik fonksiyonunun maksimum değeridir.  $\text{Max}\{\mu_A(x)\}$  ile gösterilir. Bu değer 1'den küçük ise bu bulanık küme subnormal bulanık kümedir (Şekil 5.8).

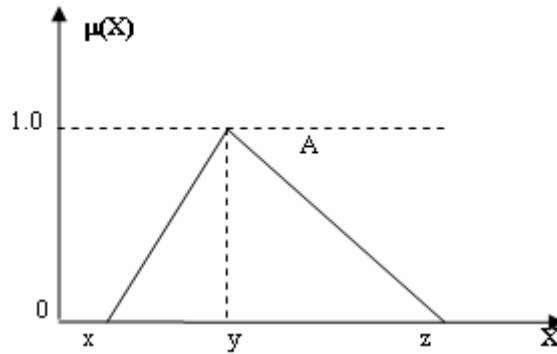


Şekil 5.8 Subnormal bulanık küme (Ross,1995)

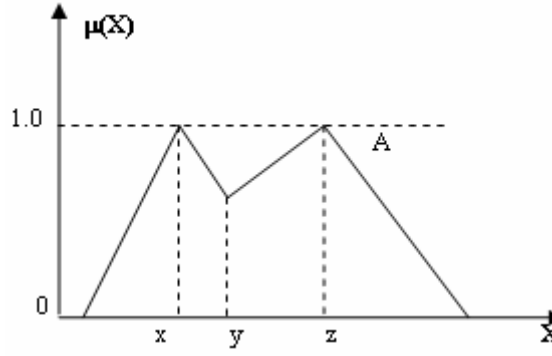
Konveks bulanık küme, üyelik fonksiyonu monoton bir şekilde artan veya azalan, veya önce monoton bir şekilde artan sonra artan değerler ile monoton bir şekilde azalan kümeler olarak açıklanır. Başka bir ifadeyle, eğer, herhangi  $x < y < z$  elemanları için;

$$\mu_A(y) \geq \text{Min} [\mu_A(x), \mu_A(z)] \quad (5.13)$$

denklemini sağlıyorsa bu bulanık küme, A konveks bulanık kümedir (Şekil 5.9). Herhangi iki konveks kümenin kesişimi de konveks bulanık kümedir. Üyelik fonksiyonunda üyelik değerleri 0,5 olan noktalar fonksiyonun cross-over noktaları olarak tanımlanır. Şekil 5.10'da konveks olmayan bir bulanık küme görülmektedir.



Şekil 5.9 Konveks normal bulanık küme (Ross, 1995)



Şekil 5.10 Konveks olmayan normal bulanık küme (Ross, 1995)

Eğer A tek noktada konveks normal bir bulanık küme olarak tanımlanırsa, A bir bulanık sayıyı ifade eden bir küme olur. Bulanık kümeler, bir değer ve bu değerün üyelik derecesinden oluşan sayı çiftlerinden oluşurlar. Bu çiftler üzerinde işlem yaparken, bazı bulanık küme özellikleri kullanılır. Bulanık küme işlemlerinin klasik kümelerdekinden farkı ise, üyelik fonksiyonlarının bahsedilen bulanık küme özellikleriyle işleme sokulmasıdır.

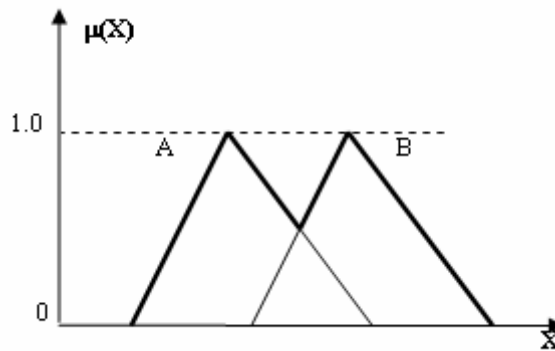
Bulanık kümelerin de, klasik kümelerdekine benzer özellikleri vardır. Bu özellikler genel olarak grafik gösterimleriyle açıklanmıştır. Bunun sebebi, uygulama çalışmasının da grafik yöntemle çözülecek olmasıdır (Öndemir, 2004).

### 5.3.1.5 Birleşme özelliği

$A \cup B$  kümesinin  $\mu_{A \cup B}(x)$  üyelik fonksiyonu,  $x \in X$  'in her değeri için aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (5.14)$$

Şekil 5.11'de birleşme özelliği grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Bulanık kümelerin birleşme özelliği (Ross, 1995)

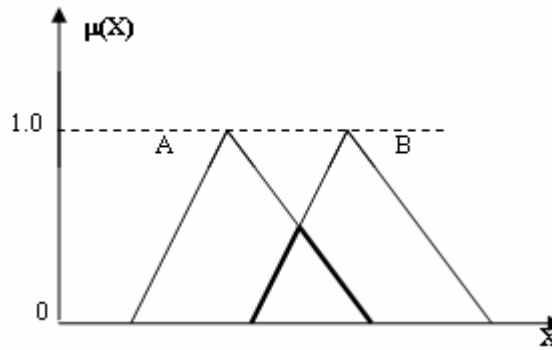
Örneğin; “uzun boylular” kümesine 0.5 üyelik derecesiyle, “şişmanlar” kümesine de 0.3 üyelik derecesiyle üye olan bir kişi, bu kümelerin birleşimi olan “uzun boylular VEYA şişmanlar” kümesine 0.5 üyelik derecesiyle üyedir (Öndemir, 2004).

### 5.3.1.6 Kesişme özelliği

$A \cap B$  kesişimin üyelik fonksiyonu  $\mu_{A \cap B}(x)$  üyelik fonksiyonu,  $x \in X$  'in her değeri için aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (5.15)$$

Şekil 5.12’de (5.15) eşitliğinin grafik ifadesi gösterilmiştir.



Şekil 5.12 Bulanık kümelerin kesişme özelliği (Ross, 1995)

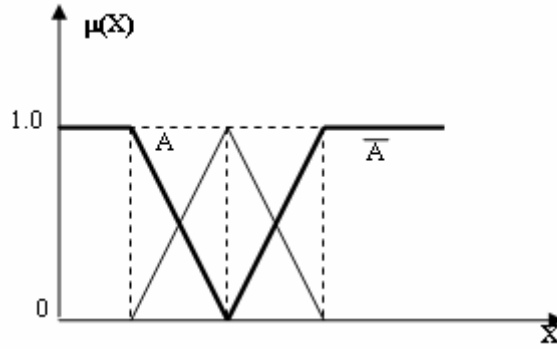
Birleşme özelliği için verilen örnek kesişme özelliği için şu şekilde düzenlenebilir; “uzun boylular” kümesine 0.5 üyelik derecesiyle, “şişmanlar” kümesine de 0.3 üyelik derecesiyle üye olan bir kişi, bu kümelerin kesişimi olan “uzun boylular VE şişmanlar” kümesine 0.3 üyelik derecesiyle üyedir (Öndemir, 2004).

### 5.3.1.7 Evrik Alma Özelliği

Bulanık A kümesinin evriği  $x \in X$  'in her değeri için  $\mu_A(x)$  üyelik fonksiyonu türünden aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (5.16)$$

Şekil 5.13’te bu ifadenin grafiksel gösterimi görülmektedir.



Şekil 5.13 Bulanık kümelerin evrik alma özelliği (Ross, 1995)

Örneğin: “şişmanlar” kümesine de 0.3 üyelik derecesiyle üye olan bir kişi, bu kümenin evriği (tersi) olan “şişman olmayanlar” kümesine 0.7 üyelik derecesiyle üyedir (Öndemir, 2004).

### 5.3.1.8 Standart Formlar ve Sınırlar

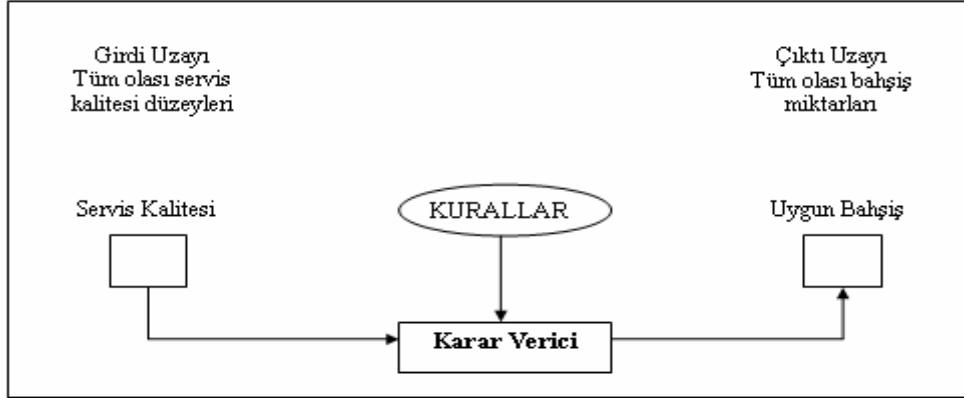
En çok kullanılan üyelik fonksiyonu formları normal ve konveks olanlardır. Bununla birlikte bulanık kümeler üzerindeki bazı işlemler ve üyelik fonksiyonu üzerindeki işlemler subnormal ve nonkonveks fonksiyonlar ile sonuçlanır. Üyelik fonksiyonları simetrik veya asimetrik olabilirler, bu fonksiyonlar tek boyutlu kümelerde ve çoklu-boyut kümelerde tanımlanabilirler. Burada gösterilen fonksiyonlarda, tek boyutlu eğriler gösterilmektedir. İki boyutlu durumlarda bu eğrilerin yüzeyleri, üç ve daha fazlası için ise hiper yüzeyleri gösterirler. Bu hiper yüzeyler veya eğriler, n-boyutlu uzay parametreleri ile  $[0,1]$  aralığındaki üyelik değerleri arasındaki kombinasyonlardan oluşan basit biçimlerdir. Yine, bu üyelik değeri n-boyutlu uzaydaki parametrelerin spesifik kombinasyonlarının n-boyutlu bir evrensel kümede tanımlanan, belli bir bulanık küme içinde olan üyelik derecelerini gösterir. N-boyutlu kümeler için olan hiper yüzeyler, birleşik olasılık yoğunluk fonksiyonlarına benzerdir. Ancak, üyelik fonksiyonunun çizimi belli bir kümedeki üyelik içindir, frekansla veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile ilişkili değildir (Ross, 1995).

### 5.3.1.9 Bulanık Kümelerde Kural Tabanı ve Çıkarım Süreci

Bulanık sistem teorisinin önemli bir katkısı bir bilgi tabanını doğrusal olmayan haritaya dönüştürme için sistematik bir metodoloji sağlamasıdır (Pillay ve Wang, 2003).

Yukarıda da kısaca bahsedildiği gibi; bulanık mantık, bir girdi uzayını, kural tabanı ve çıkarım motoru vasıtasıyla bir çıktı uzayına ulaştırır. Örnek olarak; bir restorandaki “servis kalitesine” göre “uygun bahşış miktarı” kararı alınması verilebilir (Şekil 5.14). İnsanlar bahşış verecekleri zaman servisi çeşitli kriterlere göre ölçüp, bir bahşış fonksiyonuna sokmazlar.

“EĞER servis kalitesi ‘çok iyi’ İSE ‘çok’ bahşiş ver” gibi birkaç tane kuralla konu açıklığa kavuşturulabilir.



Şekil 5.14 Bir girdi altkümesinin bir çıktı altkümesine gitmesi (MathWorks, 2002)

Bulanık mantık temelde problemlere getirdiği bu kolay çözüm nedeniyle tercih edilir (MathWorks, 2002). Yukarıdaki kurala bakıldığında, daha önceden karar vericinin aklında tanımlanan, servis kalitesi değişkenine ait dilsel bulanık kümeler olduğu görülür. Bu kümeler “Çok iyi”, “Orta” ve “Zayıf” olarak, benzer şekilde bahşiş miktarı için bulanık kümeler ise “Az”, “Orta” ve “Çok” olarak belirlenmiştir. Karar vericinin servis için “Çok iyi” ifadesini kullanması, her hangi bir kuralı belirli bir çıktı kümesine götürmez. Zira, alınan servis kalitesinin “Çok iyi” kümesindeki üyelik derecesi uygun bahşiş miktarının “Çok” kümesindeki üyeliğini verecektir. Dolayısıyla üyelik derecesinin hesaplanmasını sağlayacak bir kesin (crisp) veya bulanık (fuzzy) girdiye ihtiyaç vardır. Böyle bir girdi sağlamak için servis kalitesinin 1–10 arasında puanlandığı varsayılabilir. Bir kabul de çıktı uzayı için yapılmalıdır. Bahşiş miktarının en küçük değeri %0 ve en büyük değeri de %25 olsun.

Yukarıdaki kabuller ışığında çıktı (bahşiş miktarı) şu adımlar izlenerek oluşturulur;

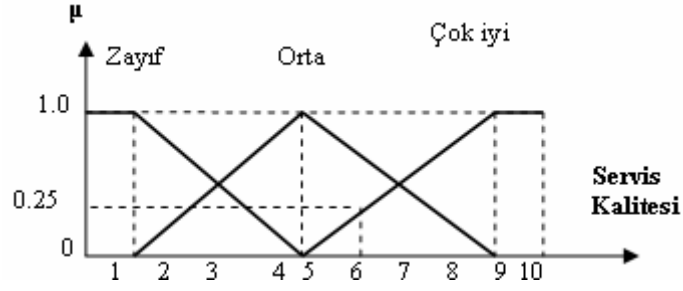
- ❖ Kesin (crisp) girdinin bulanıklaştırılması (Fuzzification),
- ❖ Kural tabanı vasıtasıyla çıkarım (Inference),
- ❖ Çıktının durulaştırılması (Defuzzification).

### 5.3.1.10 Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma, kesin olarak ifade edilmiş bir girdinin, bulanık bir küme içerisindeki üyeliğinin bulunmasıdır. Bu yolla, kesin olarak ifade edilen bir sayı bir bulanık kümenin belli bir oranda elemanı olur.



Servis kalitesine verilen 6 puanı, 0.25 üyelik derecesi ile “Çok iyi” kümesine üyedir (Şekil 5.15).

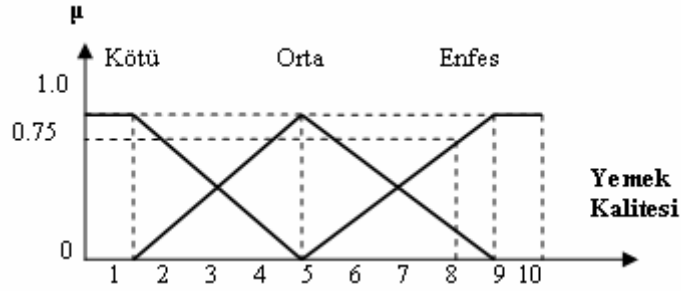


Şekil 5.15 Servis kalitesi değişkeninin üyelik fonksiyonu (Ross, 1995)

Bulanıklaştırma işlemi sonucunda elde edilen değer 0.25'tir ve çıkarım için bu değer kullanılacaktır.

Bahşiş örneğine, üyelik fonksiyonu Şekil 5.16'da gösterildiği gibi olan yemek kalitesi değişkeni eklenir ve kural tabanı da düzenlenerek aşağıdaki şekle getirilebilir;

EĞER servis kalitesi ‘çok iyi’ VEYA yemek kalitesi ‘enfes’ İSE ‘çok’ bahşiş ver.

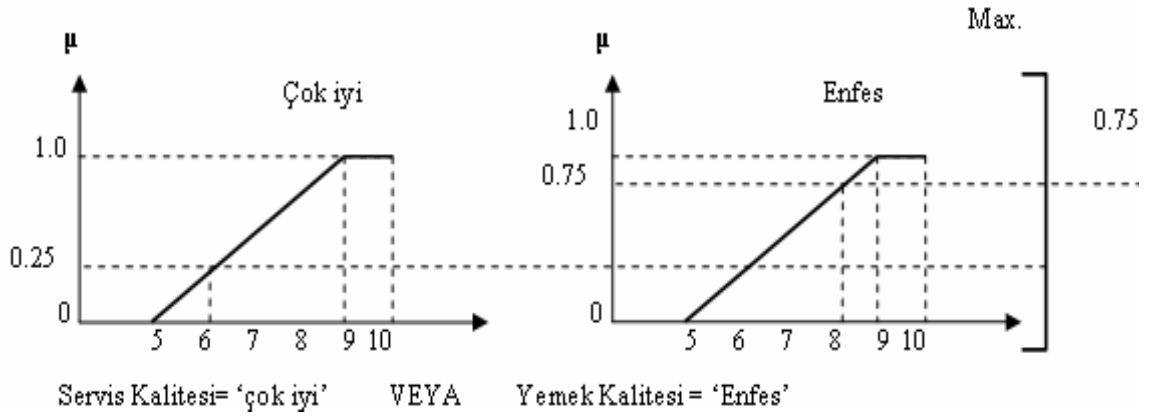


Şekil 5.16 Yemek kalitesi değişkeninin üyelik fonksiyonu (Ross, 1995)

Yemek kalitesine verilen 8 puanı, 0.75 üyelik derecesi ile “Enfes” kümesine üyedir (Şekil 5.17). Öyleyse, kural tabanının öncül kısmı (EĞER ile İSE arası kısım) olan, “servis kalitesi ‘çok iyi (Çİ)’ VEYA yemek kalitesi ‘enfes (EN)’” ifadesi matematiksel olarak aşağıdaki gibi çözülür.

$$\mu_{\text{Çİ} \cap \text{EN}} = \text{Max}\{\mu_{\text{Çİ}}(6), \mu_{\text{EN}}(8)\} = \text{Max}\{0.25, 0.75\} = 0.75 \quad (5.17)$$

Bu ifade Şekil 5.17’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

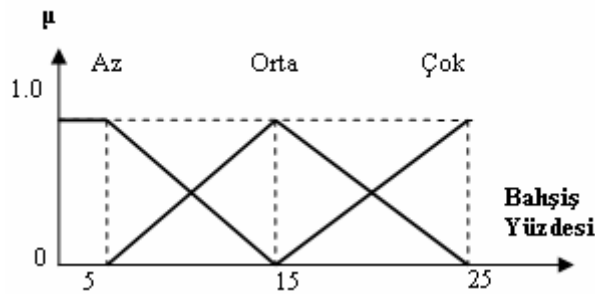


Şekil 5.17 İki girdi değişkeninin bulanıklaştırılması (Ross, 1995)

Bu işlem sonucunda elde edilen 0.75 değeri, kural tabanının soncul (İSE'den sonraki) kısmında verilen uzayı daraltan bir çıkarımda rol oynar. Bulanıklaştırmanın girdisi her zaman kesin (crisp) olmayabilir. Girdinin bulanık (fuzzy) bir küme olduğu durumlarda, bulanıklaştırma işlemi, iki bulanık kümenin kesiştirilmesiyle yapılır. Daha sonraki işlemler tamamıyla aynıdır.

### 5.3.1.11 Çıkarım

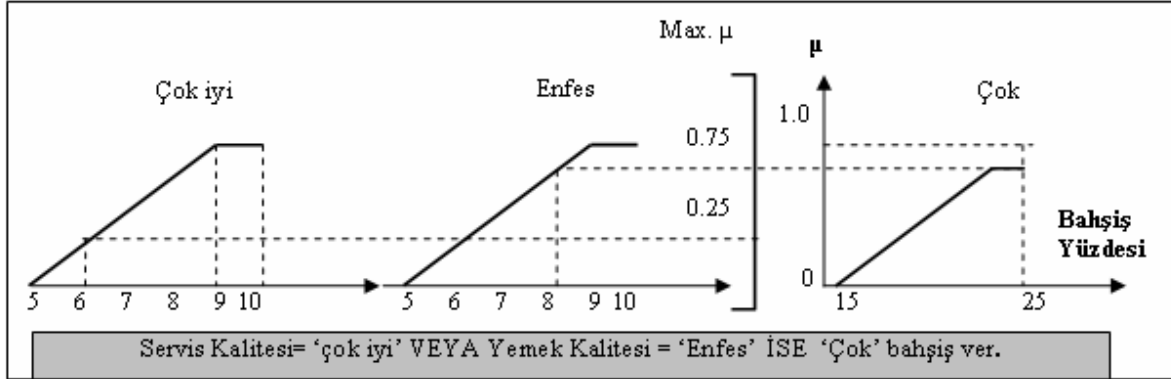
Bulanık bir girdi kümesinin kural tabanında belirtilen bulanık bir çıktı kümesine gitmesine çıkarım adı verilir. Çıkarım sırasında kural tabanının öncül kısmında (antecedent) bulanıklaştırma ile elde edilen üyelik değeri, soncul kısımdaki (consequent) bulanık kümeye yansıtılır ve bir çıktı bulanık kümesi elde edilir. Çıkarım kısmında bahşış miktarının da üyelik fonksiyonuna ihtiyaç vardır. Bahşış miktarının üyelik fonksiyonu şekil 5.18'de gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Bahşış miktarı değişkeninin üyelik fonksiyonu (Ross, 1995)

Aynı örnek devam ettirilirse, bulanıklaştırma sonucunda elde edilen 0.75 değerinin, kural tabanında belirtilen “çok” bahşış kümesine uygulanması gerekir. Değerin kümeye uygulanmasıyla, bahşış uzayı daralmaya uğrayacak ve uygun bahşış miktarının bulanık kümesini verecektir (Şekil 5.19). Kural sayısının birden fazla olması durumunda, her bir

kuraldan elde edilen çıktıların bileşkesi, çıktı bulanık kümesini verir. Kesin bir çıktı değeri (uygun bahşış oranı) ise durulaştırma işleminden sonra elde edilir.



Şekil 5.19 Bulanık çıkarım kümesi (Ross, 1995)

### 5.3.1.12 Durulaştırma

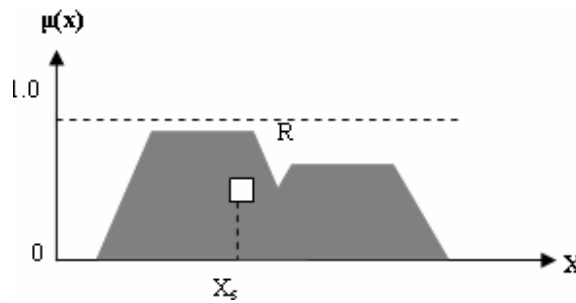
Bulanık çıkarım kümesinden yola çıkarak kesin bir sayı elde etme işlemine durulaştırma denir. Bunun için birçok metot mevcuttur. Ancak bu metotlardan yedi tanesi son yıllarda araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Ross, 1995). Bu çalışmada, uygulamalarda sıkça kullanılan bu metotlardan en çok kullanılan üç tanesi özetlenmiştir.

#### 5.3.1.12.1 Ağırlık Merkezi Yöntemi

Durulaştırma işlemleri arasında en yaygın olan yöntem Ağırlık Merkezi (Centroid) yöntemidir. Bu yöntemde bulanık çıktı kümesi (R)'nin ağırlık merkezinin iz düşümünde bulunan  $x_s$  değeri, kuralın kesin (crisp) çıktısı olarak kabul edilir. Anlatılanların matematiksel olarak ifadesi şöyledir (Ross,1995):

$$x_s = \frac{\int \mu_R(x) x dx}{\int \mu_R(x) dx} \quad (5.18)$$

Şekil 5.20'de durulaştırmanın grafiksel gösterimi verilmiştir.

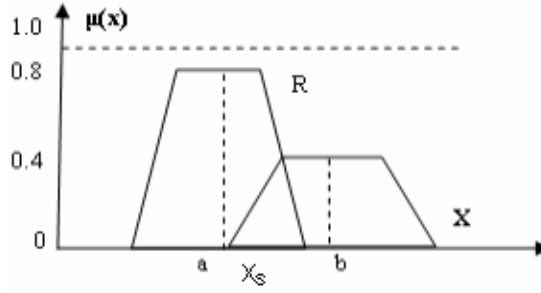


Şekil 5.20 Ağırlık merkezi yöntemi ile durulaştırma (Şen, 2001)

### 5.3.1.12.2 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Üyelik fonksiyonlarının simetrik olduğu durumlarda bu yöntem kullanılır. Matematiksel ifadesi ile işlem (5.19) eşitliği şeklindedir (Ross,1995). Grafiksels gösterim şekil 5.21’de verilmiştir.

$$x_s = \frac{\sum \mu_R(\bar{x}) \cdot \bar{x}}{\sum \mu_R(\bar{x})} \quad (5.19)$$



Şekil 5.21 Ağırlıklı ortalama yöntemiyle durulaştırma (Şen, 2001)

### 5.3.1.12.3 En Büyük Üyelik Derecesi

Bu yöntemle göre çıktının kesin değeri, en büyük üyeliğın olduğu noktadır. Tepesi sivri olmayan kümelerde ise, en yüksek üyeliğe sahip olan düzlüğün orta noktasının iz düşümü, çıktının kesin değerini verir.

## 5.4 Bulanık Aksiyomlarla Tasarım

Yalın taşıma sistemi tasarım prosedüründe (Şekil 5.1) gösterildiğı gibi, en uygun taşıma yönteminin seçilmesinde, aksiyomlarla tasarımın bilgi aksiyomunun bulanık ve ağırlıklı bulanık yaklaşımları kullanılacaktır.

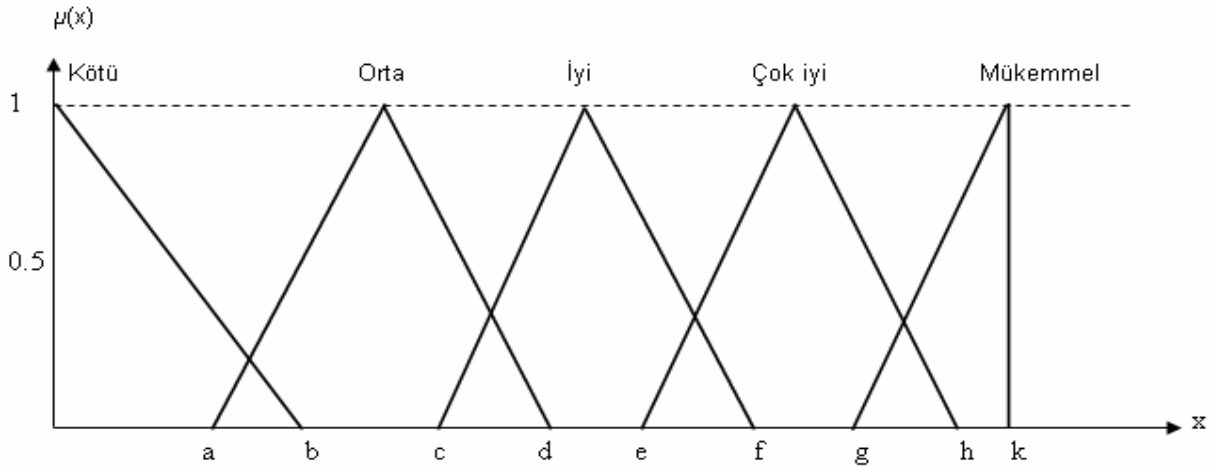
### 5.4.1 Bulanık Bilgi Aksiyomu Yaklaşımı (T<sub>1</sub>)

Karar değişkenlerinin belirli sayılarla tanımlanması belirsizlik durumlarında zor olduğu için klasik bilgi aksiyomu yaklaşımı bu şartlarda başarılı sonuçlar verememektedir. Bu durumlarda kullanılmak üzere, çok ölçütlü bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımı geliştirilmiştir (Kulak vd., 2005; Kulak ve Kahraman, 2005a; Kulak ve Kahraman, 2005b; Kahraman vd., 2007).

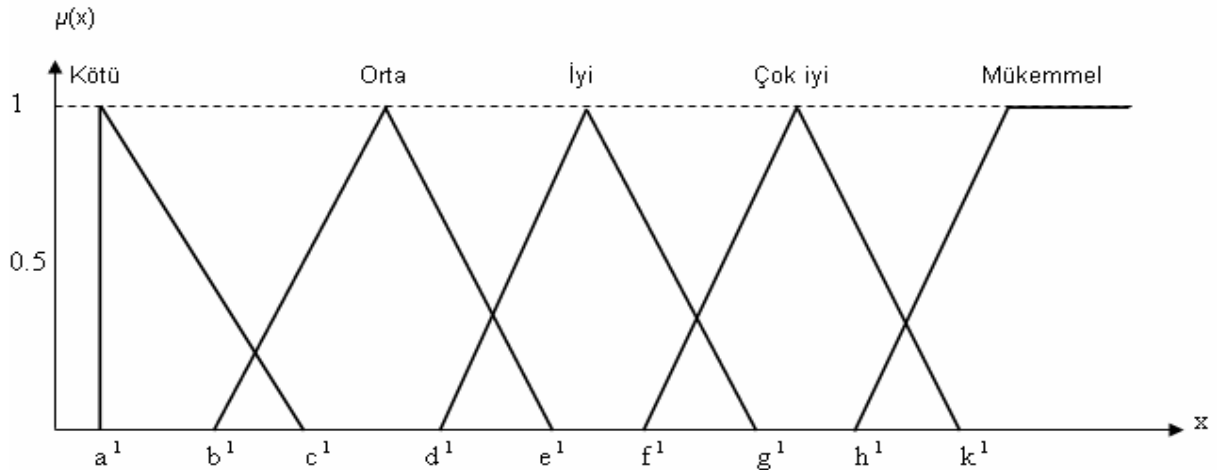
Literatürdeki çok ölçütlü karar verme teknikleri genellikle veriler belirli olduğunda çözüme ulaşırken, bulanık çok ölçütlü AD yaklaşımı veriler kesin olmadığında da kullanılabilir bir yöntemdir. Kesin olarak belirli olan verileri ifade etmek için gerçek sayılar kullanılır. Ancak

veriler belirli olmadığında ve sayısal değerler yerine dilsel değişkenlerle ifade edildiğinde bu verilerin belirli bir kural tabanına bağlı olarak sayısal bir forma dönüştürülmesi gerekir. Bulanık küme teorisi bu aşamada kullanılabilecek önemli bir araçtır (Özel ve Özyörük, 2006).

Aynı zamanda, belirli ve belirsiz ölçütleri birlikte içeren bir problem bütünleşik klasik ve bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımıyla çözülebilir. Belirsizlik altındaki ölçütlerle ilgili veriler bulanık veriler olarak ifade edilebilir. Bulanık veriler, bulanık kümeler, bulanık sayılar veya dilsel olarak ifade edilebilirler. Eğer veriler dilsel ise öncelikle bulanık sayılara çevrilmekte ve sonra tüm bulanık sayılar (bulanık kümeler) belirli değerlere atanmaktadır (Murat ve Kulak, 2005). Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te, dilsel ifadelerin bulanık sayılara dönüştürülmesini gösterilmektedir. Belirsiz veriler için hem sistem hem de tasarım aralıkları hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. Belirli bir ölçüt için tasarım ve sistem aralıkları, “bir sayıdan fazla”, “bir sayı civarında” veya “iki sayı arasında” şeklinde ifade edilebilir. Üçgensel bulanık sayılarda, bu şekilde ifade edilebilen değerlerdir.



Şekil 5.22 Ölçülemeyen faktörler için sayısal yaklaşım sistemi (Kulak ve Kahraman, 2005a)

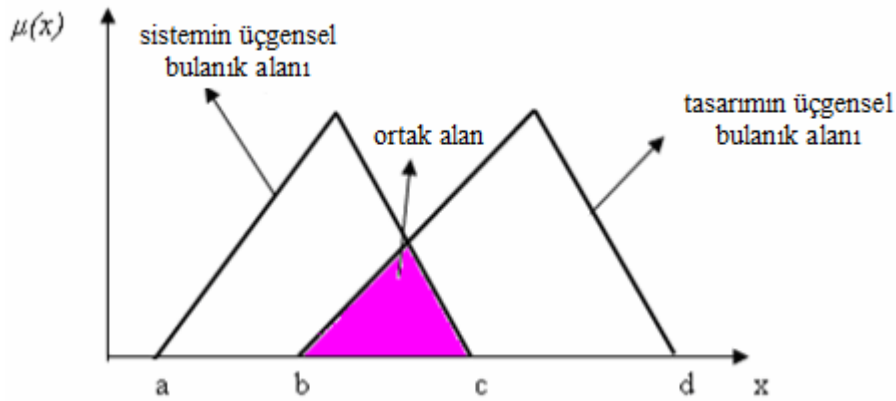


Şekil 5.23 Ölçülebilen faktörler için sayısal yaklaşım sistemi (Kulak ve Kahraman, 2005a)

Aksiyomatik tasarımda, fonksiyonel ihtiyaçların sistem ve tasarım aralıkları her zaman belirli bir aralıkla ifade edilemez. Belli bir değerin üstünde ya da bir değere yaklaşık olarak ifade edilebilir ve bu değerler üçgensel ya da yamuksal bulanık sayılarla gösterilebilir. Bulanık aksiyomlarla tasarımda aralık değerleri dilsel olarak verildiğinde olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirli olduğu durumda üçgensel yada yamuksal bulanık üyelik fonksiyonları kullanılır. Dolayısıyla ortak alan, üçgensel yada yamuksal bulanık sayıların kesiştiği bölgedir. Şekil 5.24'te görüldüğü gibi, ortak alan sistem aralığının bulanık üçgensel alanı ile tasarım aralığının bulanık üçgensel alanının arasındaki kesişim bölgesidir (Özel ve Özyörük, 2006).

Bu durumda bilgi içeriği eşitlik 5.20'de verildiği gibi olacaktır:

$$I_i = \log_2 \left( \frac{\text{Üçgensel bulanık sayılar sistem alanı}}{\text{Ortak alan}} \right) \quad (5.20)$$



Şekil 5.24 Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı (Özel ve Özyörük, 2006).

#### 5.4.2 Ağırlıklı Bulanık Bilgi Aksiyomu Yaklaşımı (T<sub>2</sub>)

Karar verme aşamasında kullanılan kriterler eşit öneme sahip olmayıp önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda “Ağırlıklı bulanık aksiyomlarla tasarım” yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşımda yapılması gereken ilk iş kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesidir.

$$I = \left\{ \begin{array}{ll} \left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{\frac{1}{w_j}}, & 0 \leq I_{ij} < 1 \\ \left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{w_j} & , I_{ij} > 1 \\ w_j & , I_j = 1 \end{array} \right\} \quad (5.21)$$

Eşitlik (5.21) kullanılarak alternatif tekniklerin tüm kriterler için bilgi değerleri hesaplanabilir.

#### 5.4.3 Sonuçların Değerlendirilmesi ve Yöntemin Kararlaştırılması (T<sub>3</sub>)

Bulanık AD ve ağırlıklandırılmış bulanık AD teknikleriyle elde edilen sonuçlar değerlendirilerek alternatif yöntemler arasından en uygununa karar verilir.

#### 5.5 Tasarım Yöntemleri ve Aksiyomlarla Tasarım (T<sub>4</sub>)

Alternatif taşıma yöntemleri arasından en uygunun seçilmesi işleminin bilgi aksiyomu ile gerçekleştirilmesinden sonra seçilen sistemin tasarımı gerçekleştirilir. Bu aşamada kullanılabilecek tasarım yöntemlerinden biri de aksiyomlarla tasarım yöntemidir.

##### 5.5.1 Tasarım

Tasarım, ne yapmak istenildiği ile bunu nasıl yapılacağı arasında yapılan haritalandırmadır. “*Ne yapmak istiyoruz?*” sorusuna verilecek yanıt, bu tasarımın amacını ortaya koyacak, böylece tasarımın fonksiyonel ihtiyaçları belirlenecektir. Tasarıma başlarken “Fonksiyonellik (İşlevsellik)” ilk düşünülmesi gereken kavramdır. Çünkü buna bağlı olarak “Nasıl?” sorusunun yanıtını bulmak, tasarım parametrelerini belirlemek, mümkün olacaktır. Örneğin bir buzdolabı kapısının fonksiyonelliği buzdolabının içindekilere ulaşabilmek olarak tanımlandığında karşılaşılan her buzdolabı kapısı iyi bir tasarım olacak ve o ihtiyacı karşılayacaktır. Ancak fonksiyonellik;

1. Buzdolabı içerisindeki gıdalara ulaşma,
2. Enerji sarfiyatının en aza indirilmesi,

olarak tanımlandığında bu iyi bir tasarım değildir. Çünkü her açılışta buzdolabı içerisindeki sıcaklık değişecek, ısı kaybı olacaktır (Suh, 2001; Engelhardt ve Nordhmd, 2000).

Fonksiyonelliği anlayabilmek için tanımının anlaşılması gerekir. Buna göre 3 temel karşılığı bulunan fonksiyonellik (Hu vd., 2004);

- Bir kişi ya da nesneden beklenen performans,
- Bir nesnenin ne işe yaradığı (çalışma amacı),
- Uygun ve beklenen şekilde çalışmak demektir.

Tasarımın; gelişimsel, yaratıcı ve uyarlamalı olmak üzere 3 çeşidi vardır.

**1-Gelişimsel tasarım:** Var olan tasarımın geliştirilip ilkinden önemli miktarda farklılaştırılması ile oluşturulan yeni tasarımıdır.

**2-Yaratıcı tasarım:** Tamamen yeni bir şeyin tasarımıdır.

**3-Uyarlamalı tasarım:** Çoğu tasarım işi bu sınıf altında toplanır. Var olan tasarımın yeni ihtiyaçları karşılaması için uyarlanması ile oluşan yeni tasarımıdır.

Bir tasarımın geliştirilmesi aşamasında tasarımcının sorması gereken sorular şunlardır (Martin ve Kar, 2001):

1. Tasarımın ulaşacağı temel amaçlar nelerdir?
2. Tasarımın fonksiyonel ihtiyaçlarını karşılamak için ihtiyaç duyulan tasarım parametreleri nelerdir?
3. Bu tasarım iyi bir tasarım mı? Bu tasarım neden diğerlerinden daha iyi?
4. Tasarım neden işe yaramıyor? Hangi aşamasında problem oluştu?
5. Hangi parametreler değişmek zorunda? En iyi çözüme ulaşmak için tasarım nasıl yeniden oluşturulabilir?

Tasarım yaparken izlenen genel yaklaşım 8 adım içerir (Dhillon, 2002):

**1.Müşteri (Kullanıcı) ihtiyaçları:** İyi bir tasarımın kullanıcısı için teknik, fizyolojik, psikolojik, sosyal ve kültürel gereksinimlerini karşılaması gerekir. Bunun için tasarıma müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin tespiti ile başlanır.

**2.Problemin tanımlanması:** Amaç, kapsam, başlıca sınırlamalar, girdiler, çıktılar ve değişkenlerin tanımı yapılmalıdır.

**3.Problemin farklı çözüm seçeneklerinin belirlenmesi:** Geçmişteki deneyimlerden faydalanarak çözüm yolları geliştirilmelidir.

**4.Çözümlerin fizibilite analizlerinin yapılması:** Çözüm seçeneklerinin ekonomik, fiziksel, sosyal ve kültürel fizibiliteleri test edilmelidir.



**5.Çözümlerin optimize edilmesi:** Çözüm seçenekleri içinden gelecek vadeden çözümlerin optimizasyonu yapılır. Lineer programlama, grafiksel modeller, hesaplama ya da fiziksel modeller kullanılabilir.

**6.En iyi çözümün seçilmesi:** Tasarım kriterlerine uyan en iyi çözümü seçilmesi gerçekleştirilir.

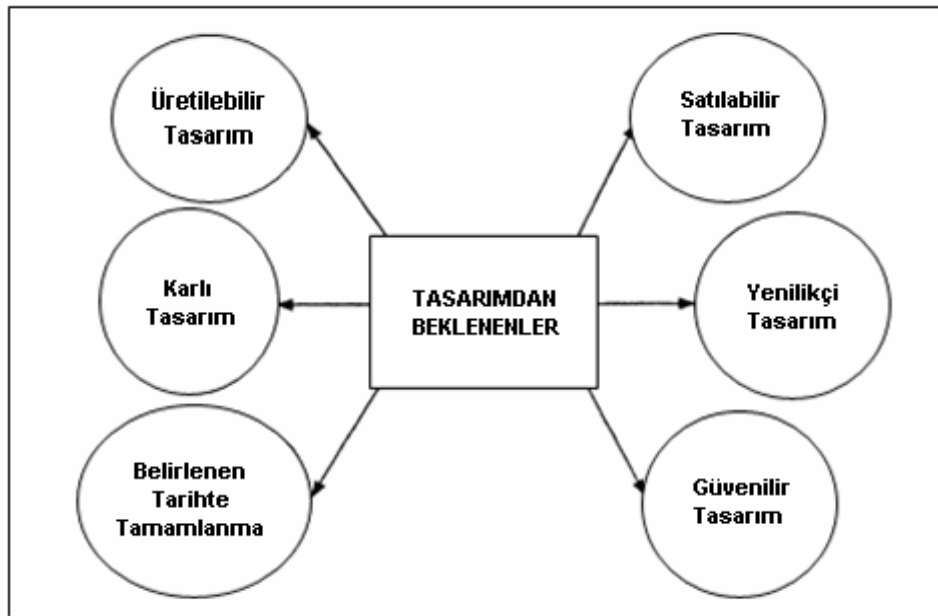
**7.Seçilen çözümün yürürlüğe koyulması:** Özelleştirme, prototip ve yönerge tasarımıyla seçilen çözüm uygulanır.

**8.Tasarımın gerçekleştirilmesi:** Tasarımın yukarıdaki adımlara göre yapılması demektir.

Arcidiacono vd. (2002) ise benzer, ama daha genel bir yaklaşımla herhangi bir tasarımda izlenmesi gereken yolu şöyle belirtmişlerdir:

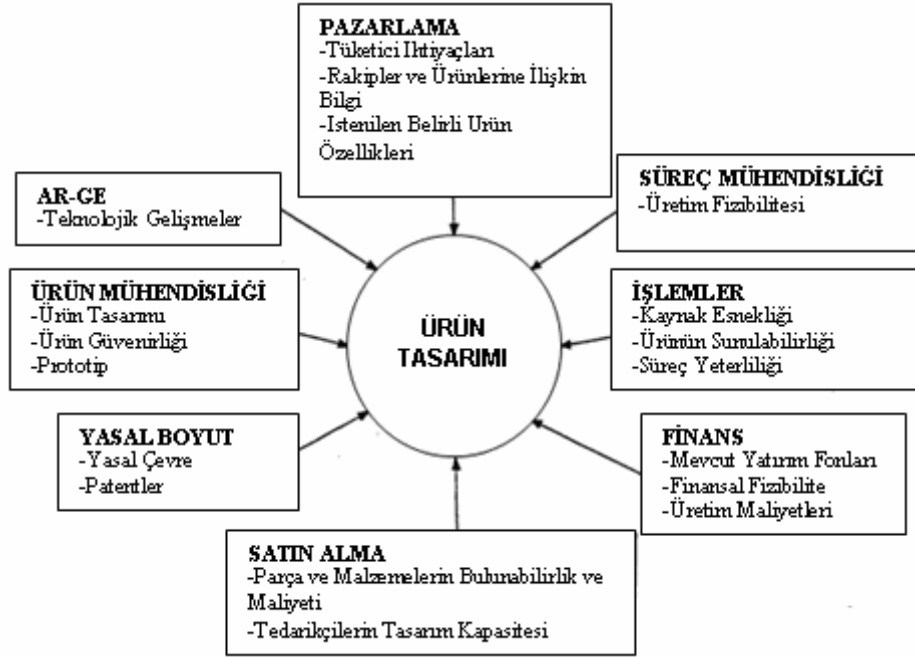
1. Müşteri ihtiyaçlarını sapta.
2. İhtiyaçların karşılanması için çözülmesi gereken problemleri tanımla.
3. Farklı çözümler yarat ve seçim yap.
4. Önerilen çözümü daha iyi hale getirmek için çalışmalar yap.
5. Çözümün müşterilerin ihtiyaçlarını gerçekten karşılayıp karşılamadığını kontrol et.

Şirket yönetiminin bir tasarımdan beklentileri Şekil 5.25'te gösterilmiştir.



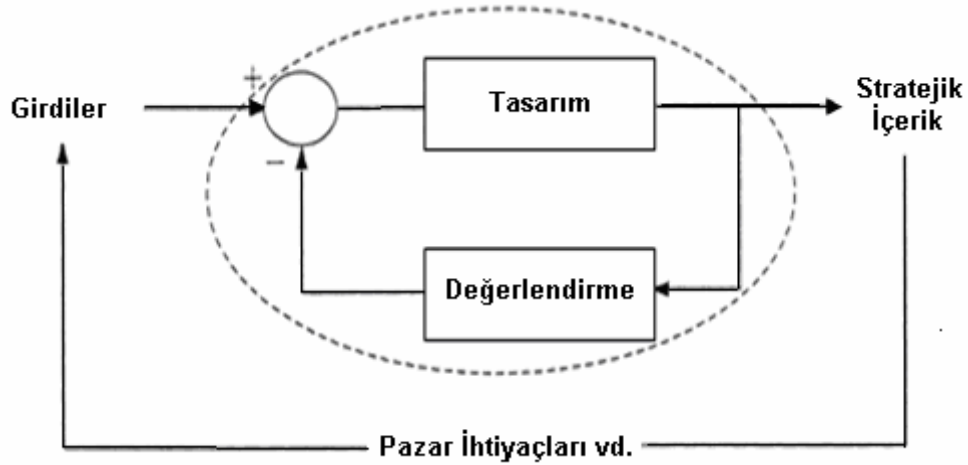
Şekil 5.25 Tasarımdan beklentiler (Dhillon, 2002)

Tasarım sürecinde şirketin farklı departmanlarının farklı saptama ve katkıları söz konusudur. Bu durum Şekil 5.26’da özetlenmiştir.



Şekil 5.26 Değişik faaliyet alanlarının ürün tasarım sürecine katkıları (Doğan, 2005)

Tasarım kontrol geri besleme çevrimi Şekil 5.27’deki gibi ifade edilebilir.



Şekil 5.27 Tasarımın kontrol geri besleme çevrimi (Suh, 2001)

### 5.5.2 Çeşitli Tasarım Yöntemleri

Günümüzde kullanılan pek çok tasarım yöntemi mevcuttur. Genel olarak bu yöntemler Aksiyomlarla Tasarım (AD), Değer Analizi (VA), Kalite Evi olarak da bilinen Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD), Eş zamanlı Mühendislik (CE), Robust tasarım (RD), Üretim için

Tasarım (DFM), Yaratıcı (Yenilikçi) Problem Çözme Teorisi (TRIZ) ve 6 Sigma için Tasarım (DFSS) olarak sıralanabilir (Cavallucci ve Lutz, 2000).

### 5.5.3 Aksiyomlarla Tasarım

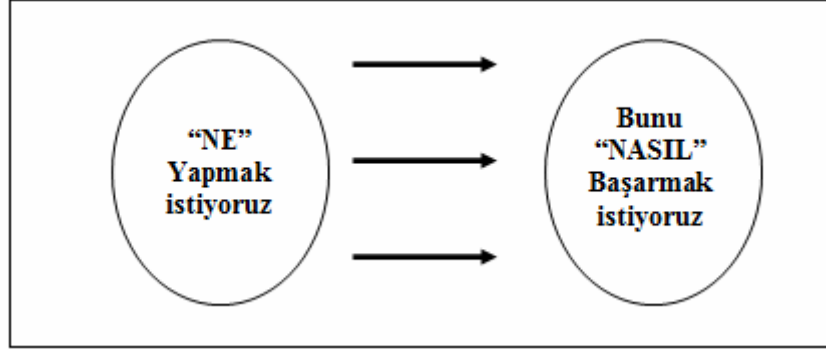
Profesör Nam Pyo Suh tarafından 90'lı yılların başında tasarımcı yetiştirebilme amaçlı eğitim organizasyonu ile ortaya çıkarılmış tasarım metodudur. Çeşitli aksiyomlar ve teoremler içermekte olup; özellikle son on yılda yazılım, organizasyon, sistem, malzeme, imalat ve süreç tasarımlarında bir araç olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Suh (1990), tasarım için imalat süreç tasarımı, ürün tasarımı ve organizasyonel tasarım olmak üzere başlıca üç alanı içerdiğini, ancak AD'nin tasarımın her alanında kullanımına izin verecek potansiyele sahip olduğunu söylemiştir (Suh, 1990).

Geleneksel imalat yaklaşımı olan “Tasarla-Yap-Sat” yıllardır pek çok sektörde kabul görmekle birlikte bazı kalıcı sorunlara sahiptir. Bunlardan ilkinde mal/hizmet geliştirme maliyetinin %70'i tasarım aşamasında harcanmakta ve iyileştirme çabaları işe yaramamaktadır. İkincisi geleneksel yaklaşım büyük ölçekli üretimlerin yapıldığı zamanlarda işe yaramakta, günümüzün dinamik ve rekabetçi koşullarında hızlı yanıt verememektedir. Son olarak ürün aileleri yerine tek bir ürüne ya da birkaç ürün üzerine odaklanmak, müşteri ihtiyaçları konusunda yanlış fikre kapılma riskine ve bu da ekonomik kayıplara yol açacaktır. Sonuç olarak müşteri ihtiyaçlarını karşılayan tasarım büyük önem taşımaktadır. Günümüzde şirketlerin çoğu müşteriye tanımak için geleneksel pazarlama yöntemlerini kullanmaktadır (Kurniawan vd., 2004).

#### 5.5.3.1 Aksiyomlarla Tasarımın Amacı

AD'nin amacı, tasarım konusu için bilimsel bir temel oluşturmak ve tasarımcıya mantıksal düşünce süreçleri ve araçları kullanarak tasarım aktivitelerini ilerletmektir (Kulak ve Kahraman, 2004). AD çalışmalarında Suh tasarım sürecinde karar vermeye odaklanmıştır (Täte ve Nordlund, 1995). Aksiyomlarla tasarım, yeni bir tasarım yaratmanın ya da varolan tasarımın geliştirilmesinin düşünme sürecini sağlamaktadır (Hirani ve Suh, 2004). Kısacası AD iyi bir tasarımın çerçevesini çizer (Yi ve Park, 2005). Başarılı bir tasarım Şekil 5.28'de gösterildiği üzere başarmak istenilenin ne olduğuyula başlar ve onun nasıl başarılabacağı ile devam eder.



Şekil 5.28 AD'nin temel işleyişi (Suh, 2001)

AD'nin diğer tasarım yöntemlerine göre en önemli avantajı tasarım problemlerini basite indirgemesi ve böylece çözümü kolaylaştırmasıdır (Houshmand ve Jamshidnezhad, 2004). Suh'a göre AD'nin, QFD ve TRIZ'den en önemli üstünlüğü sadece varolan ürünün geliştirilmesine değil, yaratıcı-yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinde de etkili oluşudur. Buna göre Suh, diğer yöntemlerin varolan ürünlerin geliştirilmesinde daha uygun olduğunu düşünmektedir (Suh, 2001).

#### 5.5.3.2 Aksiyomlarla Tasarım Terimleri:

**Aksiyom:** Karşıt örneği veya istisnası olmayan, her zaman geçerli olarak gözlenen temel gerçeklerdir. Aksiyomlar, olayların çok sayıda gözlemi ile hipotez haline getirilirler; türetilemez ya da ispat edilemez, ancak karşıt örnek veya istisnalar ile geçersiz kılınabilirler.

**Teorem:** Kendi kendine ispatlanamayan ancak, kabul edilen aksiyomlarla ispat edilebilen önerilerdir. Bu nedenle teorem, bir kural veya ilkeye eşdeğerdir. Bir teorem, teoremi ortaya çıkaran aksiyom geçerli ise geçerlidir.

**Sonuçlar:** Aksiyomları veya diğer ispat edilmiş önerileri takip eden önerilerdir. Sonuçlar da, aynı mantık içerisinde geçerli ya da değildir.

**Fonksiyonel İhtiyaçlar (FR):** Fonksiyonel bilgi sahasında ilgili tasarımın bütün ihtiyaçlarını tanımlayan bağımsız ihtiyaçların minimum toplamı olarak tanımlanır. Tanım gereği, her bir fonksiyonel ihtiyaç diğer fonksiyonel ihtiyaçlardan bağımsızdır.

**Tasarım Parametresi (DP):** Fonksiyonel ihtiyaç ile tanımlanan, tasarım süreçleri ile oluşturulan, fiziksel kavramı nitelendiren anahtar değişkenlerdir.

#### 5.5.3.3 Tasarımın Fonksiyonel İhtiyaçları

Bir ürün veya proses için belirlenen istekler, bağımsız ihtiyaçlar setine indirgenir. Fonksiyonel ihtiyaçlar ve bağımsızlık terimleri aksiyomlarla tasarım yaklaşımında özel bir

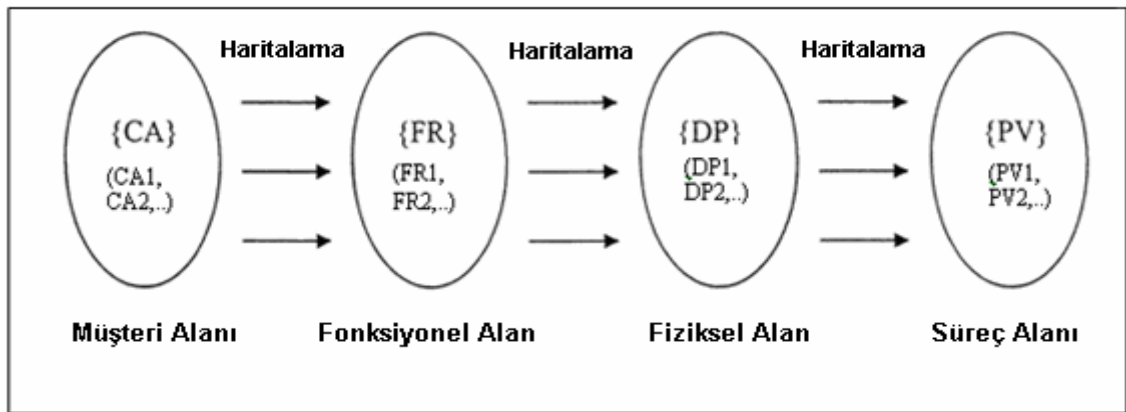
yere sahiptirler. Fonksiyonel ihtiyaçlar, tamamen tasarım amacını belirleyen müşteri istekleri için oluşturulan en az sayıdaki bağımsız ihtiyaçlar kümesidir. Tanıma göre, her bir fonksiyonel ihtiyaç diğer fonksiyonel ihtiyaçlardan bağımsızdır.

Fonksiyonel ihtiyaçlar (FRs) “Tasarım vasıtasıyla neyi başarmak istediğimizi” belirtirken, Tasarım parametreleri (DPs) “Fonksiyonel ihtiyaçları nasıl başarabileceğimizi” belirtmektedir. Aksiyomlarla tasarım yaklaşımında fonksiyonel ihtiyaçların tarafsız olarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu ihtiyaçların tarafsız olarak tanımlanmasındaki en iyi yöntem “tarafsız bir çevre” dir. Tarafsızlık sağlanamazsa, yeni tanımlanan fonksiyonel ihtiyaçlar kümesi ya tasarımcının kafasındaki çözümleri ya da mevcut olan sistemin niteliklerini taşır (Suh, 1990).

#### 5.5.3.4 Bilgi Sahaları ve Haritalandırma

Tasarım süreci boyunca, bahsi geçen problem dört bilgi sahasına bölünebilir. Bilgi sahası sayısı dörtle sınırlandırılrsa da, her bilgi alanındaki tasarım elemanlarının yapısı, sorunun ilgi alanına bağlı olarak değişmektedir (Suh,1995).

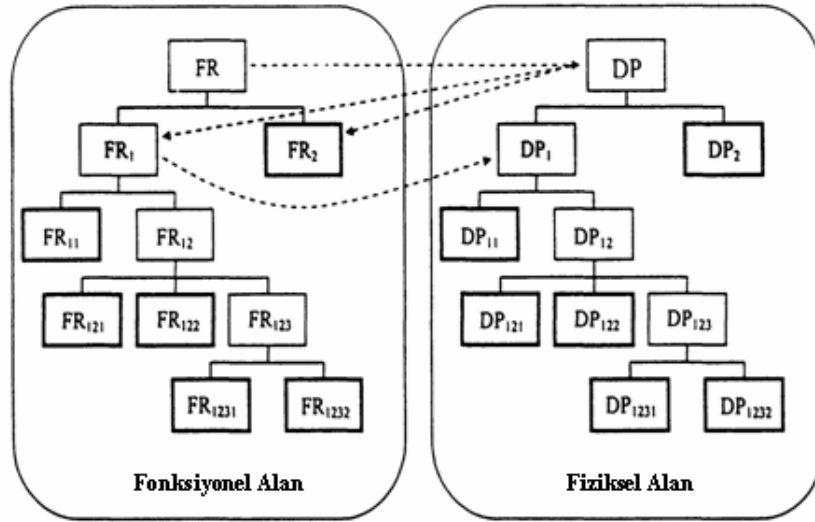
Bilgi sahaları; müşteri bilgi sahası, fiziksel bilgi sahası, fonksiyonel bilgi sahası ve süreç bilgi sahası olarak tanımlanmıştır. Her bir bilgi sahası değişik tasarım elemanlarını kapsamaktadır. Sırasıyla; müşteri ihtiyaçları (CAs-Customer Appetite), fonksiyonel ihtiyaçlar (FRs-Funtional Requirements), tasarım parametreleri (DPs-Design Parameters) ve süreç değişkenleri (PVs-Process Variables) ilgili bilgi sahasının bir elemanıdır. Bilgi saha yapısı şekilde gösterilmiştir. Bir tasarım Şekil 5.29’da belirtilen 4 bilgi alanından oluşur. Burada solda yer alan, kendisinden sonra gelen alan için “Ne başarmak istiyoruz?” u; sağdaki alan ise kendisinden önce gelen alanın belirlediği ihtiyaçların karşılanmasının “Nasıl” olacağını betimlemektedir. Bu şekilde “Ne” den , “Nasıl’a gidişler “haritalandırma” olarak adlandırılır.



Şekil 5.29 Aksiyomlarla tasarımda ürün geliştirme alan modeli (Suh, 1990)

### 5.5.3.5 Tasarımın Zikzak ile Ayrıştırılması

Tasarım süreci boyunca, üst seviyeden, alt seviyelere daha fazla ayrıntı ile ilerleme olayına (sistemden alt sistemlere, montajlara, parçalara, parçaların özelliklerine kadar) tasarım hiyerarşisi adı verilir. Tasarımın amacına göre, her bir bilgi sahasında fonksiyonel, fiziksel ve süreç olmak üzere birer hiyerarşi mevcuttur. Fonksiyonel, fiziksel ve süreç hiyerarşilerinin her bir seviyesi arasında uyum olmak zorundadır. Tam bir fonksiyonel hiyerarşi ağacı, fiziksel hiyerarşi ağacı olmaksızın kurulamaz. Aynı şekilde fiziksel hiyerarşi ağacı da fonksiyonel hiyerarşi ağacı olmaksızın kurulamaz (Suh, 1997). Bir tasarımcı fonksiyonel ve fiziksel hiyerarşi ağacından yararlanmalıdır. İyi bir tasarımcı ikinci derece faktörleri eleterek, hiyerarşi ağacının her bir seviyesindeki en önemli fonksiyonel ihtiyaçları tanımlayabilir. Göz önünde bulundurulan fonksiyonel ihtiyaçların sayısı arttığında, tasarım sürecinin karmaşıklığı da hızlı bir şekilde artar. Bu nedenle, hiyerarşinin belirli bir seviyesinde fonksiyonel ihtiyaçlar kümesi belirlendikten sonra, tasarımcı fiziksel bilgi sahasına geçip, belirlenen fonksiyonel ihtiyaçlar kümesini karşılayan fiziksel sistemi kurmak zorundadır. Tasarımcı daha sonra yeniden fonksiyonel bilgi sahasına geri dönerek alt seviyedeki fonksiyonel ihtiyaç setini kurar. Bu şekilde, tasarımcı süreç boyunca bilgi sahaları arasında zikzaklar yaparak tasarım sorununu alt problemler için çözümün bilindiği noktaya kadar ayrıştırır (Şekil 5.30).



Şekil 5.30 Zikzak ile ayrıştırma (Suh, 2001)

### 5.5.3.6 Aksiyomlarla Tasarım Aksiyomları

AD, 2 aksiyom içerir (EI-Haik ve Yang, 1999). Aksiyom 1, fonksiyonel ve fiziksel değişkenler arasındaki ilişki ile ilgilendir. Aksiyom 2 ise, tasarımın karmaşıklığı ile ilgilendir. Bu aksiyomlar şu şekilde ifade edilirler (Suh,1990);

### **1.Aksiyom: Bağımsızlık Aksiyomu (Independence Axiom):**

*Fonksiyonel ihtiyaçlar arasında bağımsızlığı sağla ya da bağımsızlığı maksimize et.*

Tasarımın amaçlarını karakterize (temsil) eden en az sayıda bağımsız ihtiyacın oluşturduğu kümedir (Suh, 1990). Diğer fonksiyonel ihtiyaçları etkilemeksizin tasarım parametrelerinin fonksiyonel ihtiyaçlar ile ilişkilendirilmesini içerir (El-Haik ve Yang, 1999). Tasarım süreci boyunca fonksiyonel bilgi sahasındaki fonksiyonel ihtiyaçlardan fiziksel bilgi sahasındaki tasarım parametrelerine zikzak esnasında izlenecek yol, tasarım parametresindeki belirli bir değişimin yalnızca karşılığı olan fonksiyonel ihtiyacı etkilemesidir. Günümüzde mühendisler karmaşık sorunları çözmek için onları parçalara ayırarak daha küçük sorunlar oluşturma ve bunlar arasında bağımsız haritalandırma yapma metodunu sıkça kullanmaktadır (Kulak ve Kahraman, 2005a).

### **2.Aksiyom: Bilgi Aksiyomu (Information Axiom):**

*Tasarımın bilgi içeriği en aza indir. Tasarımlar içerisinde başarı olasılığı en yüksek olan çözümü seç.*

Bilgi içeriği karmaşıklığın bir ölçümüdür (El-Haik ve Yang, 1999). Bilgi içeriği en az olan tasarım en iyi tasarımdır. Söz konusu tasarım için birkaç tasarımın mevcut olduğu bir durumda karar vermeyi sağlar (Suh, 2001).

#### **5.5.3.7 Tasarım Sonuçları**

Tasarımın 2 aksiyomundan direkt olarak türetilecek birçok sonuç çıkartılabilir. Bu sonuçlar, gerçek durumlarda aksiyomların kendilerinden daha kolay bir şekilde uygulanabildiğinden dolayı, özel tasarım kararlarının verilmesinde daha faydalı olabilir. Sonuçların hepsi belirtilen iki temel aksiyomdan türetilmiş olup, tasarım kuralları ismini alabilir (Suh, 1990).

#### **Sonuç 1: Bağlı tasarımın ayrılmış tasarıma dönüştürülmesi**

Önerilen bir tasarımın fonksiyonel ihtiyaçları bağımsız değilse, fonksiyonel bağımsızlığı ayrılmış tasarım ile sağla.

#### **Sonuç 2: Fonksiyonel ihtiyaçların en aza indirilmesi**

Fonksiyonel ihtiyaçların sayılarını ve kısıtları en aza indir. Örneğin her bir proseste en az sayıda adımı kullan.

#### **Sonuç 3: Fiziksel parçaların birleştirilmesi**

Eğer önerilen çözümde fonksiyonel ihtiyaçlar bağımsız olarak karşılanabilirse, tasarımın özelliklerini tek bir fiziksel parçada birleştir.

#### Sonuç 4: Standardizasyonun kullanımı

Eğer parçalar, fonksiyonel ihtiyaçlarla ve kısıtlarla uyumlu ise, standart ve değiştirilebilir olan bu parçaları kullan.

#### Sonuç 5: Simetrinin kullanımı

Eğer simetrik şekiller ve/veya düzenlemeler fonksiyonel ihtiyaçlar ve kısıtlarla uyumlu ise, bunları kullan. Örneğin sağ el ve sol el parçalarını beraber yap sonra bunları ayırt et.

#### Sonuç 6: En geniş tolerans

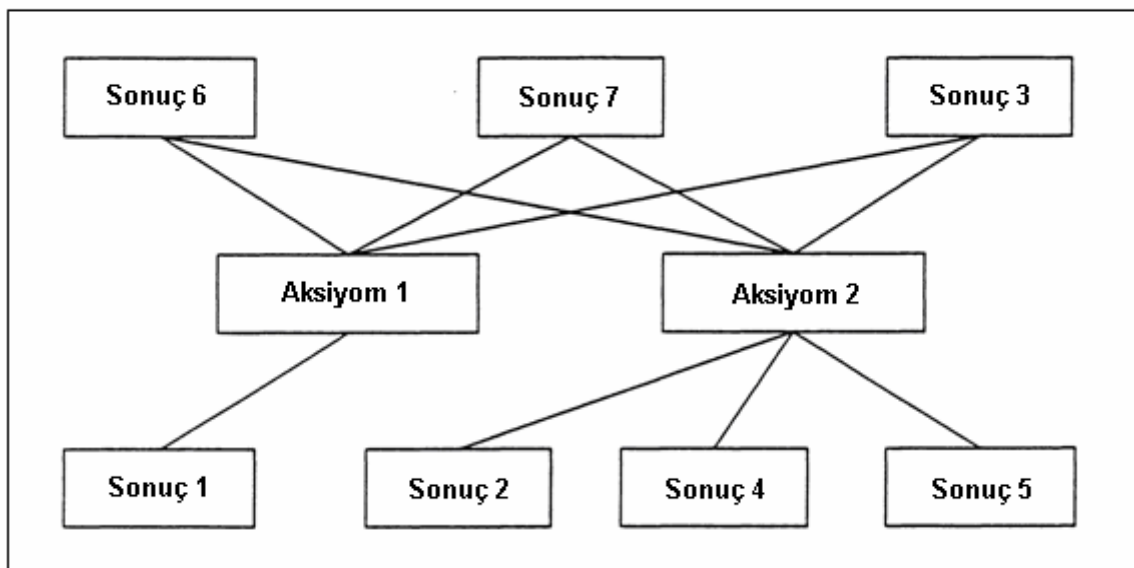
Belirlenmiş fonksiyonel ihtiyaçlardaki mümkün olabilen en geniş toleransa karar ver. Parçalarda mümkün olan en geniş toleransları kullanarak maliyetleri azalt.

#### Sonuç 7: Daha az bilgi ile ayrık tasarım

Fonksiyonel ihtiyaçların karşılanabildiği durumlarda, daha az bilginin gerektiği ayrık tasarımı araştır ve bağlı tasarıma göre bu tasarımı tercih et.

Şekil 5.31 yukarıdaki sonuçlar ile belirtilen aksiyomlar arasındaki ilişkileri göstermektedir. Sonuç 1, aksiyom 1'in direkt sonucudur. Sonuç 3, 6 ve 7 ise aksiyom 1 ve 2'den türetilmiştir. Sonuç 2, 4 ve 5 ise aksiyom 2'den türetilmiştir. Bu sonuçlardan bir kısmının anlamı açık bir şekilde görülmektedir. Fakat bir kısmının görülen daha derin anlamları vardır.

Bu sonuçlara ek olarak birçok sonuç çıkarılabilir. Önceki aksiyom ve sonuçlardan türetilen her bir öneri aynı zamanda bir sonuçtur.



Şekil 5.31 Sonuçların aksiyomlarla ilişkisi (Suh, 1990)



### 5.5.3.8 Tasarım Teoremleri

Teorem, kendi kendine ispatlanamayan ancak kabul edilen aksiyomlarla ispat edilebilen önerilerdir. Bu nedenle teorem, bir kural veya ilkeye eşdeğerdir. Bir teorem, teoremi ortaya çıkaran aksiyom geçerli ise geçerlidir. Bu bağlamda oluşturulan teoremler şunlardır (Suh, 1990);

#### **Teorem 1: Tasarım parametrelerinin yetersiz sayısından dolayı bağlı tasarım**

Tasarım parametrelerinin sayısı fonksiyonel ihtiyaçların sayısından az olduğunda, çözüm tasarım ya bağlı tasarımla sonuçlanır ya da fonksiyonel ihtiyaçlarını karşılayamaz.

#### **Teorem 2: Bağlı tasarımın ayrılmış tasarıma dönüştürülmesi**

Bir tasarım, fonksiyonel ihtiyaçları sayısının tasarım parametreleri sayısından büyük olması ( $m > n$ ) nedeniyle bağlı bir tasarımsa; bu tasarım, tasarıma ait fonksiyonel ihtiyaçlar sayısı tasarım parametreleri sayısına eşit olacak şekilde, yeni tasarım parametresi ilave edilerek ayrılmış tasarıma dönüştürülebilir. Tasarım matrisi alt kümesi, üçgensel matris oluşturacak  $m \times n$  eleman içermektedir.

#### **Teorem 3: Fazlalık tasarım**

Fonksiyonel ihtiyaçların sayısından daha fazla tasarım parametreleri olduğunda, tasarım ya fazlalık tasarım ya da bağlı tasarım olur.

#### **Teorem 4: İdeal tasarım**

İdeal tasarımda tasarım parametrelerinin sayısı fonksiyonel ihtiyaçların sayısına eşittir.

#### **Teorem 5: Yeni bir tasarım**

Mevcut bir fonksiyonel ihtiyaçlar kümesi, yeni bir fonksiyonel ihtiyacın eklenmesi, yeni bir fonksiyonel ihtiyacın mevcut bir fonksiyonel ihtiyaç ile yer değiştirmesi veya tamamen farklı bir fonksiyonel ihtiyaçlar kümesinin seçilmesi ile değiştiğinde, ilk tasarım parametreleri tarafından verilen tasarım çözümü yeni fonksiyonel ihtiyaçlar kümesini karşılayamaz. Bu nedenle yeni bir tasarım çözümü aranmalıdır.

#### **Teorem 6: Ayrık tasarımın yol bağımsızlığı**

Ayrık tasarımın bilgi içeriği, mevcut fonksiyonel ihtiyaçlar kümesini karşılamak için değiştirilen tasarım parametrelerinin değiştirildiği sıralamadan bağımsızdır.

### Teorem 7: Bağlı ve ayrılmış tasarımların yol bağımlılığı

Bağlı ve ayrılmış tasarımların bilgi içeriği, tasarım parametrelerinin değiştirildiği sıralamaya ve bu tasarım parametrelerinin değişiminde belirtilen yollara bağımlıdır.

#### 5.5.3.9 Tasarım Matrisi

Suh'a göre bir tasarım ancak ayrık ya da ayrılmış ise bağımsızlık aksiyomunu sağlayacak, dolayısıyla durağan ve kontrol edilebilir olacaktır. Ayrık tasarımlar en iyi tasarımlardır. Bağlı tasarımları alt bileşenlerine ayırmak imkansızdır. Çünkü tasarım parametrelerindeki en küçük değişimler, değişkenliğe ve kontrol edilemezliğe yol açacaktır. Sonuçta bağlı olma durumu, daha önceki bir ihtiyacı gidermeye yönelik belirlenen tasarım parametresinin yanlış ya da yetersiz olduğunu ortaya çıkaracak, aynı ihtiyaç farklı bir parametrede yeniden giderilmeye çalışılacaktır. Bağlı tasarımlar ayrılmış tasarımlara dönüştürülerek karışıklık ortadan kaldırılır (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004).

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişki matematiksel olarak (5.22) eşitliği ile tanımlanmıştır. Bu eşitliğe tasarım denklemleri denir.

$$\{FR\} = [DM]\{DP\} \quad (5.22)$$

**Fonksiyonel İhtiyaçlar**  
**Vektörü**

**Tasarım Matrisi**

**Tasarım Parametreleri**  
**Vektörü**

Daha ayrıntılı yazılırsa;

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ \vdots \\ FR_i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} DM_{11} & DM_{12} & \dots & DM_{13} \\ DM_{21} & DM_{22} & \dots & DM_{23} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ DM_{i1} & DM_{i2} & \dots & DM_{ij} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ \vdots \\ DP_j \end{Bmatrix} \quad (5.23)$$

Tasarım matrisindeki her  $DM_{ij}$  elemanı,  $FR$  vektörünün  $i$ 'nci elemanı ile  $DP$  vektörünün  $j$ 'nci elemanı arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$\{dFR\} = [DM] \{dDP\} \quad (5.24)$$

Buradan tasarım matrisinin elemanları şu şekilde yazılabilir:

$$DM_{ij} = \partial FR_i / \partial DP_j \quad (5.25)$$

Tasarım matrisinin ayırık (uncoupled, matrisin köşegen olmayan elemanları sıfır), ayrılmış (üçgensel, decoupled veya quasi-coupled, matrisin köşegen elemanlarının üstünde kalan elemanları sıfır ) ya da bağlı (coupled, üstte kalan köşegen olmayan sıfırdan farklı elemanların olduğu özel yapısı olmayan matris) yapısı tasarımın türünü tanımlamaktadır (Suh, 2001). Eşitlik 5.26’da, 5.27’de ve 5.28’de bu yapılar gösterilmiştir.

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & X & X \\ X & X & X \\ X & X & X \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad \text{Bağlı Tasarım} \quad (5.26)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad \text{Ayrılmış Tasarım} \quad (5.27)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad \text{Ayrık Tasarım} \quad (5.28)$$

Fiziksel alan ile süreç alanı arasındaki ilişki benzer şekilde yazılabilir (El-Haik ve Yang, 1999):

$$\{DP\} = [PDM]\{PV\} \quad (5.29)$$

**Tasarım Parametreleri**  
**Vektörü**

**Süreç Tasarım**  
**Matrisi**

**Süreç Değişkenleri**

#### 5.5.3.10 Bilgi İçeriğinin Hesaplanması

Matematiksel olarak bilgi içeriği, fonksiyonel ihtiyacın karşılanması olasılığının logaritması alınarak ifade edilebilir. Buna göre  $FR_i$  için bilgi içeriği;

$$I_i = \log\left(\frac{1}{P_i}\right) = -\log_2(P_i) \quad (5.30)$$

şeklinde ifade edilir. Burada (Hu vd., 2004);

$I_i$  :  $FR_i$  için bilgi içeriği,

$P_i$  : Fonksiyonel ihtiyacı karşılama olasılığı,

$\log_2$  : 2 tabanında logaritmadır.

Shannon tarafından yapılan tanımlamaya göre n tane fonksiyonel ihtiyacın toplam bilgi içeriği hepsinin karşılanma olasılıklarının toplamı olacak ve bu toplam sonsuza yaklaştıkça sistem çalışmayacaktır. Bütün olasılıklar toplamı 1 ise bilgi içeriği sıfır ve bir veya birden fazla olasılık sıfıra eşit olduğunda gereksinim duyulan bilgi sonsuz olacaktır (Baxter vd., 2002).

$$I_{Sistem} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (5.31)$$

$$I_{Sistem} = \log_2(1/p_1) + \log_2(1/p_2) + \log_2(1/p_3) + \dots \log_2(p_n)$$

$$I_{Sistem} = -\sum_{i=1}^n \log_2 P_{i\{j\}} \quad \{j\} = \{1, 2, \dots, i-1\} \quad (5.32)$$

En iyi tasarım aşağıdaki formülle elde edilir (Suh, 1991).

$$I_{\min} = \min \left\{ \sum_{i=1}^n I_i \right\} \quad (5.33)$$

Aksiyomlarla tasarım yaklaşımında “tasarım aralığı”, tasarımcının toleranslar bazında ulaşmak istediği seviyeyi ifade etmektedir. Aynı zamanda “sistem aralığı” ise sistem kapasitesini ifade etmektedir ve bir tasarımda başarı olasılığı, tasarım aralığı ile sistem aralığı değerlerine bağlıdır. Şekil 5.32’de gösterildiği gibi, tasarımcı tarafından belirlenen “tasarım aralığı” ve sistem yeterliliği olan “sistem aralığı” arasında kalan bölge “kabul edilebilir çözüm aralığı” olarak değerlendirilir. Buna bağlı olarak üniform olasılık dağılım fonksiyonu ( $P_i$ ) Eşitlik (5.34)’de gösterildiği gibi yazılabilir:

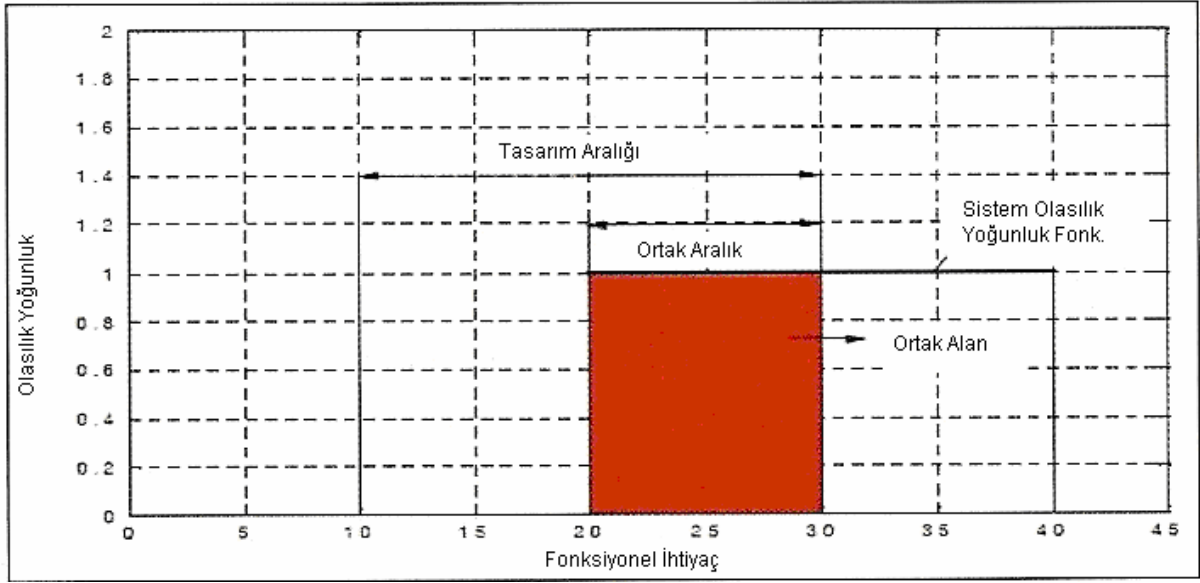
$$P_i = \left( \frac{\text{Ortak Alan}}{\text{Sistem Alanı}} \right) \quad (5.34)$$

Bu durumda, bilgi içeriği eşitlik (5.35)’de gösterildiği gibi yeniden yazılır:

$$I_i = \log_2 \left( \frac{\text{Sistem Alanı}}{\text{Ortak Alan}} \right) \quad (5.35)$$

( $FR_i$ ) sürekli rastsal bir değişken ise, tasarım aralığında karşılanma olasılığı eşitlik (5.36)’da verildiği gibi hesaplanır:

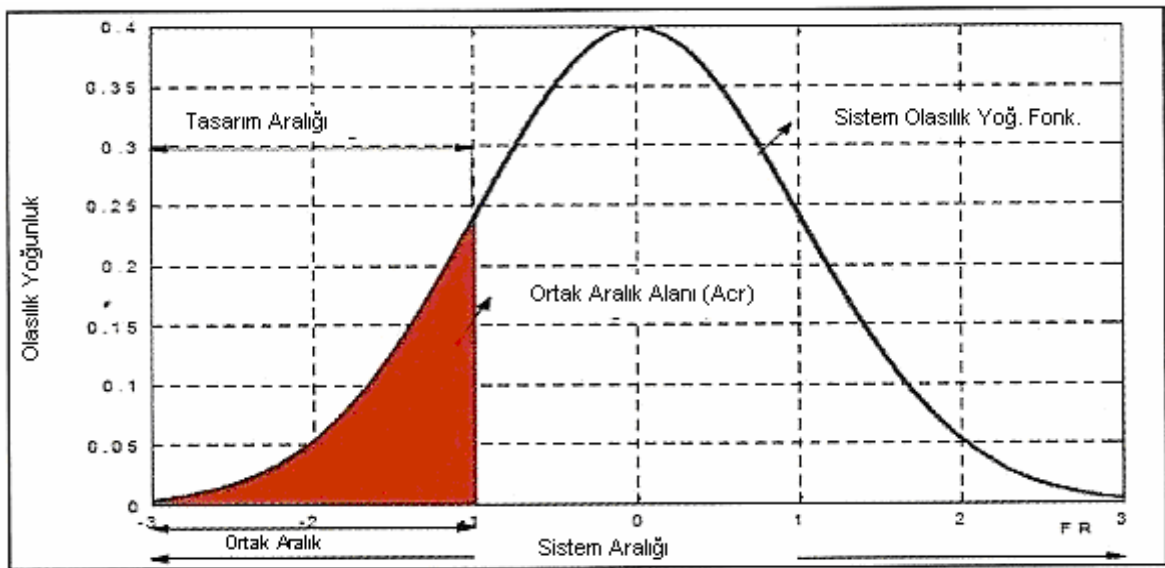
$$p_i = \int_{dr^l}^{dr^u} p_s(FR_i) dFR_i \quad (5.36)$$



Şekil 5.32 Fonksiyonel ihtiyaçlar için tasarım aralığı, sistem aralığı ve ortak aralık-1 (Suh, 1990)

$P_s(FR_i)$ ,  $(FR_i)$  için sistemin olasılık yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir. Eşitlik (5.37), sistemin alt sınırı ( $dr^l$ ) ve üst sınırı ( $dr^u$ ) arasındaki tasarım aralığında başarıya ulaşma olasılığını, sistemin olasılık yoğunluk fonksiyonu ile birleştirerek ortaya koymaktadır. Şekil 5.33'te ortak aralığın ( $A_{cr}$ ) alanı, başarıya ulaşma olasılığına ( $P_i$ ) eşittir (Suh, 1990).

Bu durumda bilgi içeriği için eşitlik (5.37)'de verildiği gibi ifade edilmektedir.



Şekil 5.33 Fonksiyonel ihtiyaçlar için tasarım aralığı, sistem aralığı ve ortak aralık-2 (Suh, 1990)

$$I_i = \log_2 \left( \frac{1}{A_{cr}} \right) \quad (5.37)$$

Herhangi bir tasarımda başarı olasılığı, tasarımcının ulaşmak istediği aralık (tasarım aralığı) ile sistemin karşılayabileceği bir aralık (sistem aralığı) cinsinden verilebilir. Fonksiyonel ihtiyaçların olasılık yoğunluğuna göre çizilen grafiğinde aralıklar belirlenerek kesişimi alınır. Tekdüze dağılımda dağılım fonksiyonu şu şekilde yazılabilir (Suh ve Kim, 1991):

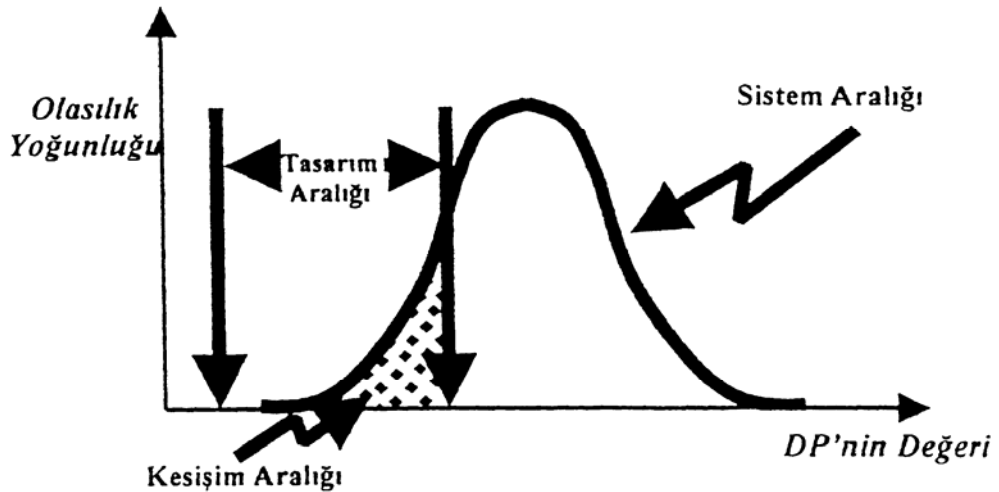
$$p_i \leq 1$$

$$p_i = (\text{Kesişim aralığı} / \text{Sistem aralığı}) \quad (5.38)$$

$$I_i \geq 0$$

$$I_i = \log_2 (\text{Sistem aralığı} / \text{Kesişim aralığı}) \quad (5.39)$$

Buradan çıkarılacak sonuç; herhangi bir ek çabaya gerek duyulmaksızın tasarım sistem tarafından karşılanabiliyor, sistem aralığı tasarım aralığı ile kaplanıyor ise (sistem aralığı/kesişim aralığı = 1)  $I = 0$  olacaktır. Tasarım aralığı sistem aralığını kaplamıyor ise, diğer bir deyişle kesişim aralığı = 0 ise  $I = \infty$  olacaktır (Jang vd., 2001). Bir ürün ya da hizmetin bilgi içeriği arttırıldıkça karmaşıklığı ve çıkabilecek sorun sayısı artacaktır. Olabildiğince basite indirgemek başarıyı beraberinde getirir. Şekil 5.34'de bu durum ifade edilmiştir.



Şekil 5.34 Düzgün olasılık dağılımı (Jang vd., 2001)

## 5.6 Tasarımın Uygulanması (T<sub>5</sub>)

Bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu kullanılarak alternatif

taşıma yöntemleri içinden ön hazırlık aşamasında elde edilen müşteri istekleri doğrultusunda en uygun taşıma yönteminin seçilmesinin tamamlanması ve seçilen yöntemin bağımsızlık aksiyomuna göre tasarımılanması ve ardından mevcut tasarımın uygulanmasına geçilecektir.

### **5.7 Tasarımın Belirlenen Performans Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi (T<sub>6</sub>)**

Günümüzün artan rekabet ortamında firmaların başarılı olabilmesi için hedefler koyması ve bu hedeflere ulaşması için gerekli çabayı göstermesi gerekmektedir. Bu çerçevede firmaların sisteme özgü performans hedeflerini belirlemeleri ve bunları başarmaya yönelik sistemlerini sürekli olarak değerlendirmeleri ve geliştirmeleri kaçınılmazdır. Özellikle de sayısal hedefleri koyarak, ölçmek ve geliştirmek performansın geliştirilmesinde vazgeçilmezdir.

### **5.8 AD İlkelerine Göre Performans Geliştirme Prosedürü (T<sub>7</sub>)**

Gerçekleştirilen tasarımın uygulanmasının ardından elde edilen sonuçların istenilen performans değerlerine ulaştırılması ve tasarımın bu amaç doğrultusunda değerlendirilmesi için performans geliştirme prosedürü uygulanması gerekmektedir. Performans geliştirme prosedürü de sistem tasarımının gerçekleştirilmesinde kullanılan AD ilkeleriyle gerçekleştirilebilir.

### **5.9 Mevcut Taşıma Sisteminin Geliştirilmesi (T<sub>8</sub>)**

AD ilkelerine göre performans geliştirme prosedürünün kullanılmasıyla seçilen ve AD ile tasarlanan sistemin geliştirilmesi sağlanabilir. Gelişimi sağlanmış sistem, uygulamaya son haliyle alınacak ve sürekli olarak belirlenen performans kriterlerine göre değerlendirmeye tabi tutulacaktır.

### **5.10 Yeni Hedeflerin Belirlenmesi (T<sub>9</sub>)**

Uygulamaya alınan sistemin performans değerlendirme kriterlerine göre sürekli olarak uygun sonuçlar sağlaması durumunda yeni hedeflerin belirlenmesi ve sistemin belirlenen yeni hedefler doğrultusunda değerlendirmeye alınması gerekmektedir.

## 6. AKSİYOMLARLA TASARIM LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı çalışmalardan oluşan literatür taraması açıklanacaktır.

### 6.1 Aksiyomlarla Tasarım Literatürü

Aksiyomlarla tasarım literatürü incelenirken literatürdeki çalışmalar çalışmanın yazarları, çalışmanın yılı, çalışma kapsamında kullanılan aksiyon(lar) ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde odaklanılan alan başlıklarında analize tabi tutulmuş ve literatür çizelgesi oluşturulmuştur. Aksiyomlarla tasarım literatürü Çizelge 6.1'deki gibi gösterilebilir,

Çizelge 6.1 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-1

YAYINLAR	Çalışma Zamanı	Kullanılan Aksiyom		Odaklanılan Alan					
		A1	A2	Ürün Tasarımı	Yazılım Tasarımı	Kalite	Karşılaştırma-Seçim	Üretim Sistem Tasarımı	Diğerleri
Black ve Schroer	1988	√						√	
Suh	1990	√	√	√					
Kim ve diğerleri	1991	√			√				
Suh	1995	√		√		√			
Gunasekera ve Ali	1995	√						√	
Harutunian ve diğerleri	1996	√			√				
Gazdik	1996	√							√
Park ve Suh	1996	√						√	
Tseng ve Jiao	1997	√		√					
Suh	1997	√						√	
Goel ve Singh	1998	√	√	√					
Suh ve diğerleri	1998	√						√	
Cochran ve diğerleri	1998	√						√	
Babic	1999	√						√	
Cha ve Cho	1999	√		√					
Suh ve Do	2000	√			√				
Cochran ve diğerleri	2000	√						√	
Cochran ve Kim	2000	√		√					√
Lenz ve Cochran	2000	√		√					
Engelhardt ve Nordlund	2000	√							√



Çizelge 6.1 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-2

YAYINLAR	Çalışma Zamanı	Kullanılan Aksiyom		Odaklanılan Alan					
		A1	A2	Ürün Tasarımı	Yazılım Tasarımı	Kalite	Karşılaştırma-Seçim	Üretim Sistem Tasarımı	Diğerleri
Yang ve Zhang	2000	✓							✓
Werneman ve diğerleri	2000	✓							✓
Chen ve diğerleri	2001	✓						✓	
Haushmand ve Jamshidnezhad	2002	✓						✓	
Donnarumma ve diğerleri	2002	✓	✓						✓
Huang	2002	✓		✓	✓				
Baxter ve diğerleri	2002	✓	✓						✓
Söderberg ve Lindkvist	2002	✓			✓				✓
Chen ve Feng	2003	✓		✓					
Calarge ve Lima	2004	✓				✓			
Hu ve diğerleri	2004						✓		
Kulak ve Kahraman	2005a		✓				✓		
Kulak ve Kahraman	2005b		✓				✓		
Kulak ve diğerleri	2005		✓				✓		
Thielman ve diğerleri	2005	✓		✓					
Pappalardo ve Naddeo	2005		✓						✓
Houshmand ve Jamshidnezhad	2005	✓	✓					✓	
Hirani ve Suh	2005	✓		✓					
Yi ve Park	2005	✓			✓				
Schnetzler ve diğerleri	2006	✓							✓
Heo ve Lee	2007	✓		✓					
Liang	2007	✓	✓	✓					
Stiassnie ve Shpitalni	2007	✓		✓				✓	
Gonçalves-Coelho	2007		✓				✓		
Nakao ve diğerleri	2007	✓					✓	✓	
Liu ve diğerleri	2007		✓						✓
Çelik ve diğerleri	2007		✓				✓		
Liu ve Pedrycz	2007		✓						✓
Togay ve diğerleri	2008	✓			✓				
Bang ve Heo	2008	✓		✓					✓
Durmuşoğlu ve Kulak	2008	✓							✓
Shin ve diğerleri	2008	✓		✓					
Zhu ve diğerleri	2008	✓		✓					

Çizelge 6.1 Aksiyomlarla tasarım yönteminin kullanıldığı yayınlar-3

YAYINLAR	Çalışma Zamanı	Kullanılan Aksiyom		Odaklanılan Alan					
		A1	A2	Ürün Tasarımı	Yazılım Tasarımı	Kalite	Karşılaştırma-Seçim	Üretim Sistem Tasarımı	Diğerleri
Cavique ve Coelho	2008	√		√					
Yan ve diğerleri	2009	√		√					
Urbanic ve Maraghy	2009	√		√					
Duigou ve diğerleri	2009	√		√	√				

Black ve Schroer (1988), yaptıkları çalışmada hücresel üretim sisteminde birincil fonksiyonel ihtiyaç olan esnekliği sağlayacak tanımlanmasını, gösterilmesini ve kullanılmasını açıklamaktadır.

Suh (1990), yaratıcı tasarımlar ortaya çıkaran makinelerin tasarlanması için AD yaklaşımını kullanarak geliştirdiği kavramsal tasarım modelini sunmuştur. Düşünen tasarım makinesi, doğru karar verme yeteneğine sahip olan ve yaratıcı tasarımların sentezi için zengin bir bilgi veri tabanına sahip olan bilgisayar olarak ifade edilmiştir.

Kim vd. (1991), bilgisayarların gelişimi ile her alanda ihtiyaç duyulan yazılımların, gelişimini hızlandıran güvenilirliğini ve yeniden kullanılabilirliğini artıran yazılım tasarımı için AD yaklaşımı ile kavramsal bir model geliştirmiştir.

Suh (1995), ürün kalitesi ve süreç verimliliğini etkileyen ürün ve süreç tasarımı aşamasında verilen kararlara yardımcı olması için kavramsal bir çerçeve geliştirilmiştir. Önerilen yöntem, kaliteyi geliştirmek için kullanılan istatistiksel süreç kontrolü (SPC) ve diğer yöntemlerin AD yaklaşımı yani bağımsızlık ve bilgi aksiyomları ile tutarlı olmasını önermektedir.

Gunasekera ve Ali (1995), bir metal şekil verme sürecinin tasarımı için hiyerarşik tasarım ve analiz yöntemini geliştirdi. Geliştirilen yöntem kavramsal tasarım, ilk tasarım ve son tasarımdan oluşan üç adımlı tasarım prosedürünü içermektedir. Kavramsal tasarım, kısıtlar altında analiz edilmiş ve optimuma ulaştıracak parametrelere karar vermek için kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem, metale şekil veren bir süreç için zaman ve kaynak kullanımını azaltan güçlü bir çözüm sağlamaktadır.

Harutunian vd. (1996), büyük bir sistemin AD yaklaşımına göre tasarlanması sürecinde bilgi yönetimini sağlayan bir yazılımı AD yaklaşımı kullanarak tasarladıklarını belirtmiş ve ilgili yazılım hakkında tanıtım bilgileri sunmuştur. AD yazılımı, aksiyomlarla tasarımın temelleri olan fonksiyonel ihtiyaçlar, tasarım parametreleri ve proses değişkenleri bilgi alanları ile tasarım matrisini içermektedir. Geliştirilen yazılım, AD yaklaşımına bağlı olarak tasarım sürecinin her adımındaki karar vermeyi dokümente etmekte ve tasarımcıya kolaylıklar sağlamaktadır.

Gazdik (1996) yaptığı çalışma ile tüm tasarımcılara katkı sağlaması için, aksiyomlarla tasarım yöntemi ve boyutlu analizlerin temel düşüncelerini özetlemiştir. Çalışmanın büyük bir kısmı, bulanık küme aritmetiğinin gerekli elemanlarının bir araya getirmesini içermektedir. Aksiyomlarla tasarım yöntemi ile boyutlu analiz yöntemleri arasındaki benzerliği göstermek için, bir mekanizma tasarım sorunu incelenmiştir.

Park ve Suh (1996), kuvvetlendirici olarak kısa kesikli lifleri kullanan polimer esaslı karma parçaların tabakalandırılmış üretimi için hızlı bir üretim sürecini AD yaklaşımını kullanarak tasarlamıştır. Yöntemde, AD yaklaşımının bağımsızlık aksiyomu kullanılmıştır.

Tseng ve Jiao (1997), elektronik ürünlerin tasarımı sırasında modüllerin tanımlanması ve oluşturulması sorununu çözümlleyen bir yöntemi geliştirmiştir. Geliştirilen yöntem elektronik bir ürün olan güç kaynağı tasarımında uygulanmıştır.

Suh (1997), sistemleri tanımlayan, sınıflandıran ve tasarlanmaları için kavramsal tasarı önerileri sunan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma ile sistemler fonksiyonel ihtiyaç sayılarına göre büyük ve küçük sistemler olarak sınıflandırılmıştır. Küçük sistemler, zamanın bir fonksiyonu olarak değişmeyen ve sınırlı sayıda fonksiyonel ihtiyaçlara sahip olan sistemler olarak tanımlanmıştır. Büyük sistemler ise tanımlama safhasındaki yüksek seviyedeki fonksiyonel ihtiyaçlar sayısının geniş olduğu sistemler olarak ifade edilmiştir.

Goel ve Singh (1998), ürün tasarımı süreci boyunca yaratıcılığı ve yeniliği birleştiren bir yöntem geliştirmiştir. Yaratıcılık ve yenilik içeren çeşitli yöntemler değerlendirilmiş ve ürün kavram tasarımına katkı sağlayan bir yaklaşım oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, bir ürünün tasarlanma sürecinin 5 adımdan oluştuğu belirtilmekte ve her adımda yaratıcılığın ve yeniliğin gerekliliği vurgulanmaktadır.

Suh vd. (1998), müşteri istekleri doğrultusunda ideal bir üretim sistemi tasarlamak için, AD yaklaşımı kullanarak yalın ilkeleri içeren bir yöntemi geliştirdi. Geliştirilen yöntem ile en üst düzeydeki fonksiyonel ihtiyacı (FR1) "yatırımın geri dönüşünü maksimum yap" amacını

karşılama için kalite, maliyet ve teslim süresi ölçütlerini sağlayan bir üretim sisteminin tasarımı amaçlanmıştır.

Cochran vd. (1998) tarafından günümüzdeki rekabet koşullarına uygun hedefleri başarabilecek, yalın üretim prensiplerine göre hazırlanmış Üretim Sistemi Tasarımı Ayrışımı (MSDD)'nı kullanan stratejik performans ölçümü yöntemi önerilmiştir. MSDD Aksiyomlarla tasarım yönteminin bağımsızlık aksiyomunu kullanarak oluşturulmuş bir rehberdir.

Babic (1999), esnek üretim sistemi tasarımı sırasında etkin bir karar destek sistemi ile birlikte, en uygun esnek üretim sistemi düzenlemesini sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, esnek üretim sistemlerinin tasarımında aksiyomlarla tasarım yöntemini ve yine esnek üretim sistemlerinin tasarımı için geliştirilen bir zeki sistemi içermektedir.

Cha ve Cho (1999), tasarımı mevcut olan bir DVD'yi değerlendiren ve yine bu DVD tasarımını AD yaklaşımı ile geliştiren bir yöntemi sunmuştur. Önerilen yöntemle DVD performansının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle, performans gelişimini sağlayan fonksiyonel ihtiyaçlar belirlenmekte ve AD yöntemi ile DVD tasarımı geliştirilmektedir. Bu çalışma sırasında AD yaklaşımının bağımsızlık aksiyomu kullanılmıştır.

Suh ve Do (2000), büyük bir yazılım sistemini tasarlamak için Object-oriented programlama ile AD yönteminin birleştirilmesi ile geliştirilen bir yöntemi (Ado-oSS) sunmuştur. Geliştirilen yöntem ile, yazılım tasarımlarının başından sonuna kadar doğru bir şekilde tasarlanması ve yazılım temin sürelerinin olabildiğince kısaltılması amaçlanmıştır. Ado-oSS yöntemi kullanılarak, büyük bir ticari yazılım olan Acclaro geliştirilmiştir. Acclaro'nun geliştirilen yöntemle tasarlanma süreci detaylı olarak sunulmuştur. Geliştirilen yöntemde AD yaklaşımının bağımsızlık aksiyomu kullanılmıştır.

Cochran vd. (2000a), başarılı bir üretim sistemi tasarımı elde etmek için, üretim sistemini küçük, esnek ve merkezi olmayan üretim birimlerine yani üretim kısımlarına dönüştüren bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, yalın yönetim prensipleri ile kısımlandırma yaklaşımını birleştiren ve aksiyomlarla tasarım yöntemi tarafından yönlendirilen bir yapıya sahiptir.

Cochran ve Kim (2000), yaptıkları çalışma ile firmalarda karşılaşılan sorunları uygulama ortamında çözüm bulma fırsatı sunarak üretim sistemi tasarımını öğreten ve Cochran tarafından geliştirilen bir ders işleme yöntemini sunmuşlardır. Ders kapsamında anlaşma sağlanan firmaların üretim sistemi ile ilgili ortaya çıkan sorunlarını çözmek ve yeni bir tasarım oluşturmak için aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılmıştır.

Lenz ve Cochran (2000), tarafından yapılan çalışmada ürün geliştirme konusu AD ile incelenmiştir. Söz konusu çalışmada bilgi dönüşüm süreci ve fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametrelerinin detaylandırılması işlenmiştir.

Engelhardt ve Nordlund (2000)'nin stratejik tasarım ve planlama üzerine yaptıkları çalışmada AD'nin bir araç olarak kullanıldığında hedefler ile stratejiler arasında güçlü bir ilişki sağladığı görülmüştür.

Yang ve Zhang (2000), yaptıkları çalışmada AD'nin 2 aksiyomundan türetilen 7 sonucu, TRIZ ile bağlantılı 3 teoremi kıyaslama için kullanmışlardır.

Werneman vd. (2000), tarafından yapılan çalışmada operasyon geliştirme konusunda AD kullanılmış ve tasarım konusundaki ortak problemin sistem yaklaşımı, algı ve bilinç eksikliği olduğu ileri sürülmüştür. Müşteri bilgi alanının vizyonu, fonksiyonel bilgi alanının amaçları fiziksel bilgi alanının stratejileri ve süreç bilgi sahasının aktivite ve ölçümleri temsil ettiği öne sürülmüştür.

Chen vd. (2001), üretim hücrelerinin performansını artırmak için simülasyon yöntemini de kullanan bilgi tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Karar verme sürecini sağlayan hiyerarşik bir bilgi tabanlı yapıyı oluşturmak için aksiyomlarla tasarım yöntemi rehber olarak kullanılmıştır. Takip edilen bağımsızlık aksiyomu yardımıyla etkili ve tutarlı çözümler üreten bilgi tabanlı yapı sistematik bir şekilde oluşturulmuştur.

Houshmand ve Jamshidnezhad (2002), yalın üretim prensiplerine uygun bir üretim sistemi tasarımı için AD yaklaşımını kullandıkları bir model geliştirmişlerdir. Bu model, yalın üretimin temel ihtiyaçları olan organizasyonel yetenekler, teknolojik yetenekler ve değer akışı analizi dikkate alınarak hazırlanmıştır. Suh vd. (1998) tarafından geliştirilen yöntemden farkı, üretim sisteminin organizasyonel yönünü daha çok dikkate almasıdır.

Donnarumma vd. (2002), yaptıkları çalışma ile sistem tasarımı sorunlarını, parametrelerin yumuşak (düşük düzeyde) bağımlılığını içeren modelleri kullanarak incelemişlerdir. Yumuşak tasarım, belirsiz ve kısmen doğru durumlar için sağladığı tolerans nedeniyle son zamanlarda ortaya çıkan Bayes yöntemi, maksimum entropi yöntemi ve minimum bilgi yöntemi gibi bir çok yöntemi kullanmaktadır.

Huang (2002), ürün tasarımının değerlendirilmesi süreci boyunca ürün tasarım takımı ile ürün tasarımı değerlendirme takımı arasındaki işbirliğini kolaylaştıran, "Cyber Review" isimli bir model geliştirmiştir. Geliştirilen model, tasarım değerlendirme sürecindeki takımın karar verme faaliyetlerini desteklemektedir.

Baxter vd. (2002), bir tedarik tasarım sürecini desteklemek için aksiyomlarla tasarım yaklaşımı ile bir yöntem geliştirmişlerdir. Makalede tedarik zinciri sisteminin performansını değerlendirmek için maliyet, kalite, zaman, risk ve sorumluluk göz önünde bulundurulması gereken ana faktörler olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışma ile Leeds üniversitesi öğrencileri tarafından yapılan formula tipi tek kişilik yarış arabası için gerekli tedarik zinciri sistemi tasarımında AD uygulaması ele alınmaktadır.

Söderberg ve Lindkvist (2002), bozucu etkilere dayanıklı bir kavram tasarımı ve ilgili süreç seçimine uygun bir yöntem ile bunlara ait bir yazılımı geliştirmişlerdir. Kavram tasarımı boyunca, tasarımcılar ile ürün mühendisleri parçaların nasıl montaj edilecekleri ve birbirine göre nasıl konumlandıracakları ile ilgili kararları vermek zorundadır. Oluşturulan montaj ve konumlandırma ile ilgili farklı kavram tasarımları farklı detaylı çözümleri ve dolayısı ile kritik ürün boyutları için farklı miktarlarda sapmaları ortaya çıkarmaktadır. Montaja duyarlılığı sağlamak için toleranslar belirlenir ve en son olarak toleransları başaran süreçler seçilir. Belirtilen süreç boyunca ortaya çıkan farklı çözümleri değerlendirmek ve karşılaştırmak için bozucu etkilere karşı dayanıklı tasarım ve AD yönteminin temel düşünceleri, geliştirilen yöntem ve araçlar tarafından kullanılmaktadır. Yöntem ve ilgili yazılımın kullanılabilirliğini açıklamak için, farklı iki kapı montajı tasarımı ve zemin montajı tasarımı olmak üzere üç adet uygulama gösterilmiş ve bu tasarımlara etki eden faktörler değerlendirilmiştir.

Chen ve Feng (2003), aksiyomlarla tasarım yöntemi yardımı ile bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli mühendislik (CAD/CAE) yazılımının tüm fonksiyonlarını uygulayabilen bir bilgisayar destekli tasarım yöntemini geliştirmişlerdir. Geliştirilen tasarım yöntemi heterojen malzemelerden yapılan parçaların tasarlanması için sistematik ve etkin bir prosedürdür.

Calarge ve Lima (2004) tarafından AD çerçevesi altında oluşturulan kalite yönetim modelinde yatırımın geri dönüşünün (ROI) maksimuma çıkarılması temel amacından yola çıkılarak sistemik kalite yönetim modeli ile bu ihtiyaç giderilmeye çalışılmıştır. Bunun için;

$$ROI = (\text{Satış Geliri} - \text{Maliyet}) / \text{Yatırım} \quad (5.40)$$

formülünde yer alan kelimeler üzerinden ikinci seviyede satış gelirlerinin maksimuma çıkarılması, üretim maliyetinin minimuma indirilmesi ve yatırım maliyetlerinin minimuma indirilmesi olarak 3 fonksiyonel ihtiyaca ayrılmıştır. Bu ihtiyaçların tasarım parametreleri sırasıyla müşteri tatmini yüksek ürünler, belirlenmiş hedef maliyet ve üretimde sistemik

yatırım değerlendirme olarak belirlenmiştir. Daha sonra tasarım 4. seviyeye kadar detaylandırılarak modelin tasarımı sonlandırılmıştır.

Hu vd. (2004) tarafından AD ile karşılaştırması en sık yapılan tasarım yöntemi TRIZ karşılaştırılmış ve oluşturulan karşılaştırmaların sonuçları tablolar halinde gösterilmiştir.

Kulak ve Kahraman (2005a) tarafından yapılan çalışmada, aksiyomlarla tasarımın bilgi aksiyomunu ve analitik hiyerarşi prosesini kullanılarak lojistik sektöründe faaliyet gösteren taşıma şirketleri arasından en uygun olanının seçilmesine ilişkin uygulama örneği göstermişlerdir.

Kulak ve Kahraman (2005b), gelişmiş üretim sistemlerinin karşılaştırılması aşamasında bulanık aksiyomlarla tasarım ve bulanık olmayan (crisp) aksiyomlarla tasarım yöntemlerini kullanmış ve sayısal uygulama sonuçlarını göstermişlerdir.

Kulak vd. (2005), ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırılmamış çok ölçütlü aksiyomlarla tasarım yaklaşımı geliştirerek, çalışmalarında bilgi aksiyomu kullanarak belirlenmiş kriterler altında en etkin üretim sistemi için en uygun ekipman seçimi çalışmasında bulunmuşlardır.

Thielman vd. (2005), gaz tribünlü modüler Helyum nükleer reaktörünün, reaktör boşluğunun soğutma sisteminin değerlendirilmesi ve optimize edilmesinde aksiyomlarla tasarım yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmalarında Suh'un aksiyomlarla tasarım teorisine bağlı kalarak bağımsızlık aksiyomunu kullanmışlardır.

Pappalardo ve Naddeo (2005), aksiyomlarla tasarım aksiyomlarını, olasılıklı olmayan ve tekrarlanan olaylar için genişletmiş, bunun için bilgi aksiyomunu kullanmışlardır. Çalışmadaki bilgi değerleri, değerler kümesi arasındaki eşitliğin bir ölçüsü olarak, aksiyometrik yapı içinde, fonksiyonel ihtiyaçların tasarım parametrelerinden daha fazla olduğu durumların veri analizi için uygulanmıştır.

Houshmand ve Jamshidnezhad (2005), proses değişkenlerini kullanarak yalın üretim sisteminin aksiyomlarla tasarım modelini kurmuşlardır. Aksiyomlarla tasarım metodolojisine uygun olarak, fonksiyonel ihtiyaçların, tasarım parametrelerinin ve proses değişkenlerinin birleşimi olan yalın bir üretim sisteminin tasarım prosesinin modellenmesi için hiyerarşik bir yapı geliştirmişlerdir.

Hirani ve Suh (2005), akışkan film sabiti yüklü günlük ürünlerin geliştirilmesi için optimum tasarım metodolojisine değinmişlerdir. Aksiyomlarla tasarımı objektif fonksiyonlar ve tasarım değişkenlerini sağlamak için kullanılmıştır. Günlük ürünlerin optimum tasarımında, radyal

temizlik, çap oranının uzunluğu, yağ viskozitesi ve tedarik basıncı gibi tasarım değişkenleri, eşzamanlı olarak yağ akışını ve g kaybını minimize etmek için kullanılmaktadır.

Yi ve Park (2005), mühendislerin darbe hızını kesen Genleştirilmiş Polistiren (EPS), tampon paketini tasarlamasına yardımcı olması için, aksiyomlarla tasarlanmış software sistemi geliştirmiştir. Bu proseste, hedef yönlü programlama için V-modeli benimsenmiş ve kodlama software tasarım baz alınarak yürütülmüştür. Bu noktada aksiyomlarla tasarım yaklaşımının software gelişimi için oldukça kullanışlı olduğu farkedilmiştir.

Schnetzler vd. (2006) alışmalarında, tedarik zinciri stratejisinin gelişimi için, tedarik zinciri yönetimine aksiyomlarla tasarım yaklaşımının uygulanmasına yer vermiştir. Aksiyomlarla tasarım ilkeleri doğrultusunda, bağımsızlık aksiyomunu kullanarak, tedarik zinciri yönetiminin hedefleri ve sonuçlarının ayrımını yapan, tedarik zinciri tasarımının ayrıştırılması metodunu geliştirmişlerdir.

Heo ve Lee (2007), aksiyomlarla tasarım kullanarak, nükleer güç ünitelerinin acil öz soğutma sisteminin tasarım prosesinin incelenmesi için bir metodoloji önermişlerdir. Aksiyomlarla tasarım kullanılarak yapılan tersine mühendislik çalışması, iki ayrı acil soğutma sisteminin tasarım stratejilerinin koordinasyonu açısından kıyaslanmasına yardımcı olmuştur.

Liang (2007) ikon tasarımı için, bağımsızlık ve bilgi aksiyomu olarak iki aksiyomu baz alan metod kullanmıştır. Semiyotik ve insan bilgi prosesi açısından, simgelemenin görsel ayırt ediciliği ve uygunluğu ikon tasarımındaki iki önemli faktördür. Çalışmada, ikonların ayırdedilebilirliğinin bağımsızlık aksiyomu ile analiz edilebileceği, anlamlılığının ise bilgi aksiyomu ile değerlendirilebileceği ileri sürülmüştür.

Tasarımcılar, rn tasarımında aksiyomlarla tasarımın kullanılmasıyla, çevresel problemleri içeren zorunlu ve gerekli fonksiyonel ihtiyaç ile kısıtlar kümesini sağlayan hizmetin veya ürünün final düzenlemesini temin edebilir. Stiassnie ve Shpitalni (2007), yapay bir vaka çalışması olarak, modern bir üretim sisteminin tasarlanmasında, çevresel etmenlerin aksiyomlarla tasarımın başlangıcında entegre edilmesinin, evre dostu ürün veya hizmetin gelişimine nasıl yol gösterebileceğine değinmişlerdir.

Aksiyomlarla tasarım, tasarım prosesinin karar verme sistemini sağlayan bir mühendislik tasarım teorisidir. Gonçalves-Coelho (2007) yaptıkları çalışmada, aksiyomlarla tasarımın, her ürün ve ilgili üretim prosesi arasındaki ilişkinin farkına varılmasına nasıl olanak sağladığını göstermişlerdir. En uygun üretim prosesini seçmek amacıyla, bir örnekten mekanik komponentin son tasarım detaylarını elde etmek için aksiyomlarla tasarımın bilgi aksiyomunu uygulamışlardır.



Nakao vd. (2007), kısaltılmış temin süresi için geliştirilen dikilmiş ürünlerin üretim proseslerini ayırtıran yeni bir navigasyon metodu geliştirmişlerdir. Aksiyomlarla tasarım, üretim proseslerini iki tasarım eşitliği ile açıklar; bunların biri proses tanımlamanın fonksiyonel ihtiyaçları ve proses kararlarının tasarım parametreleri, diğeri ürün tamamlanma zamanının tahmininin fonksiyonel ihtiyaçları ve ürünün önceliği tasarım parametreleridir. Bu navigasyon metodolojisinin uygulanmasıyla kalıp imalatında insansız çalışan makinenin işlem zamanı 44 günden 7.7 güne indirilmiştir.

Liu vd. (2007) aksiyometrik bulanık kümeler ile formal konsept analizi (veri analizi ve bilgi kazanmak için kullanılan bir teoridir) ve aksiyometrik bulanık küme cebiri ile kavram çerçevesi içinde bazı cebirsel homomorfizmler saptamışlardır. Sonuç olarak bu çalışmada aksiyometrik bulanık küme teorisinin, pratikte bilgi kazanımı ve gösterimi için uygulamalarla yapay zeka sistem analizi ve tasarımı, çok daha esnek ve etkili bir yaklaşım sunduğu ortaya çıkmıştır.

Çelik vd. (2007) çalışmalarında, tersanenin çapraz havuzlama tesisinde, geminin teknik yöneticileri için karar yardımı ve etkili bir biçimde bu sorumluluğu yerine getirmelerini sağlamak için sistematik değerlendirme modeli incelemişlerdir. Çok kriterli bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı, tersaneler arasında herbir kriter için tasarım sürelerinin belirlenmesi, bulanık aksiyomlarla tasarımdan yararlanarak seçimin yapılması amacıyla kullanılmıştır.

Karar ağaçları, ilginç ve çokça karşılaşılan, öğrenme, düşünme ve veri kümesinin organizasyonu için kullanılan yapılardır. Liu ve Pedrycz (2007), yaptıkları çalışmada yerleştirilmiş karar ağaçları alanında 2 ana hedef belirtmişlerdir. Bunlardan ilki, bulanık kümelerin (üyelik fonksiyonları) oluşturulmasında yeni bir algoritmik yapının kullanılması ve bunların aksiyometrik bulanık küme teorisinin kuramsal bulguları merkezli mantıksal operatörleridir. İkincisi de bu yapı içinde tasarım prosesinin değiştirilmesini sağlayan bulanık karar ağaçlarıdır.

Togay vd. (2008) baştan kod değiştirilmesine bir alternatif olarak hizmet odaklı gelişimi destekleyen bul-entegre et ve böl-fethet tekniklerini uygulamışlardır. Çalışmalarında aksiyomlarla tasarımı kullandığı komponent-yönlü yaklaşımı, yüksek seviye mimari birliği geliştirme ve uygulama prosesine adapte edilmişlerdir.

Bang ve Heo (2008), çalışmalarında nano akışkanların tasarımını, ileri kullanımlarına kolaylık getirmek amacıyla sistematize etmek için aksiyomlarla tasarım teorisini uygulamışlardır. Aksiyomlarla tasarım teorisinin bağımsızlık aksiyomu ile ilgili olarak, fonksiyonel ihtiyaçlar

ve nanoakışkan sistemin parametreleri arasındaki aşırı bağların bütün sistemin fonksiyonel hedefleri ile karşılaşması engellenir. Bu çalışma, nanoakışkanların araştırmasında standart tebliğ protokolü sağlanmasına katkıda bulunmuştur.

Durmuşoğlu ve Kulak (2008) aksiyomlarla tasarım ilkelelerini kullanarak kullanışlı bir ofis operasyonu için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Aksiyomlarla tasarım, tasarım hedeflerini biçimlendirirken, iyi anlaşılmış tüm gerekli bilgilerin ve örneklerin kullanılmasını sağlar. Çalışmada, bu prensipler ofis hücrelerinin tasarımı için kullanılmış, metodolojinin ofis operasyonlarını geliştireceği ve iş rekabetine katkıda bulunacağı ifade edilmiştir.

Shin vd. (2008) aralayıcı parmaklıklar üzerinde çalışmışlardır. Aralayıcı bir parmaklıktaki patlamalar, nükleer yakıt sistemindeki yakıt gücünü destekler. Aralayıcı parmaklık yakıt dönüştürücüsünün bir parçasıdır. Patlamalar tekrarlandıkça yakıt sisteminin yüzeyinde aşınmalar meydana gelir. Bu aşınmaları azaltmak için genellikle bir tasarım uygulanır. Patlamalar için tasarım süreci bağımsızlık aksiyomu tasarımı ile tasarım matrisini baz alınarak yürütülür. Detaylı bir tasarım için bir optimizasyon problemi formüle etmişlerdir.

Enerji absorblayıcıları, çarpışma veya aşırı dinamik yükleme sırasında kinetik enerjiyi dağıtırlar. Bunlar en çok endüstriyel ve mühendislik uygulamalarında kullanılırlar. Bu absorblayıcıların tasarımı için alışılmış bir yaklaşım olan ve çok zaman harcayan deneme ve yanılma iterasyonları kullanılmıştır. Zhu vd. (2008) yaptıkları çalışmada, tasarım metodolojisini geliştirmek için bir bilgi tabanlı tasarım destekleme sistemi kullanmışlardır. Bu sistem ile, tasarımcılar zeka kuralı tabanlı tümevarım tekniğinin enerji absorblayıcıları bilgisini baz alarak optimal tasarımı elde edebilirler. Diğer taraftan tümevarım için hiç bir bilgi olmaması durumunda, bilgi tabanı, tasarım sonucunu oluşturabilmek için bir hesaplama aracı sağlar. Buna ek olarak ilgili destekleyici bilgiler, karar verme görevini desteklemek için metin ve görüntü formunda olan sistemin içine entegre edilir.

Cavique ve Coelho 2008 yılında yaptıkları çalışmalarında aksiyomlarla tasarımın yeni tasarımları geliştiren bir teori olduğunu ve gerçekleştirilen tasarımların kalitelerinin değerlendirilmesinde de kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yazarlar aksiyomlarla tasarım tekniğini ısıtma ve havalandırma sistemlerinin tasarımında kullanmışlar ve bazı belirli uygulamaların tasarım kalitesi ile ilgili sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmadaki amaç, güney Avrupa ikliminde bulunan ticari binaların enerji tüketimi ve uygunluğunun tespit edilmesidir.

Hızlı gelişen bilgi teknolojilerinde ürün kavramsallaştırmasının etkinliği ve verimliliği, yeni ürünün geliştirilmesindeki rolünün önemi arttırmıştır. Buna rağmen 2 önemli başlık atlanmıştır; bunlardan ilki ürün kavramsallaştırma sürecindeki birleştirilmiş yapının tam

olarak ele alınamamış olmasıdır. İkincisi ise ürün kavramsallaştırma sürecini desteklemek için etkili bir veri madenciliği yaklaşımını elde etmenin zorunlu olmasıdır. Bu anlayışla, önerilen yaklaşım aksiyomlarla ürün kavramsallaştırma sistemini ürünün tasarımının geliştirilmesini amaçlamıştır. Önerilen aksiyomlarla ürün kavramsallaştırma sistemi birbirlerini etkileyen 3 modülü içerir. Bunlar bilgi toplama tekniğini kullanan toplama modülü, tasarım bilgi hiyerarşisini kullanan bilginin sunulduğu modül ve sınırlandırılmış Coulomb enerjisi sinir ağlarını kullanan bilgi sentez modülüdür. Buna bağlı olarak bu sistem web tabanlı veri madenciliği ürün kavramsallaştırma yaklaşımının tasarım kararı yoluyla yapılmasını önerir. Yan vd. (2009) bu sistemin açıklanması için bir golf kulübü tasarımının vaka çalışmasını uygulamışlardır.

Etkili bir tersine mühendislik çalışması, ürün ve parça oluşumlarının, özelliklerinin ve fonksiyonlarının geri dönüşümü ile oluşmaktadır. Gerekli bilgilerin tespit edilmesi ve ilgili tasarım bilgileri içerisine transfer edilmesi için sistematik bir yaklaşım Urbanic ve Maraghy'in (2009) yaptıkları çalışmada adapte edilmiştir. Tersine mühendislik için geri dönüşüm çerçevesini gösteren bir tasarım bu çalışma içerisinde sunulmuştur. Aksiyomlarla tasarım tekniğinin kullanılmasıyla yapılan bu çalışma, mevcut parça tasarımlarının yeterli olup olmadığını veya daha değer katan bir yapı oluşturulması için parçaların nasıl modifiye edilebileceğini göstermektedir.

Duigou vd. (2009), yaptıkları çalışmada makina mühendisliği üzerine çalışan şirketler için dijital mühendislik çalışmalarının stratejik konular için gittikçe artan bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, ürün yaşam çevrimi boyunca kullanılabilecek ve yönetilebilecek teknik verilere imkan sağlayan global bir yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşım ürünlerin endüstrileşme, gelişme ve maliyetleri için yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, gemi parça ailelerini üreten ve tasarlayan bir firmada uygulanarak tecrübe edilmiş ve bu vaka çalışması, firma için geliştirilen bir yazılımla beraber sunulmuştur.

## **7. YALIN LOJİSTİK SİSTEMİ İÇİN ÖNERİLEN TASARIM METODOLOJİSİ UYGULAMASI**

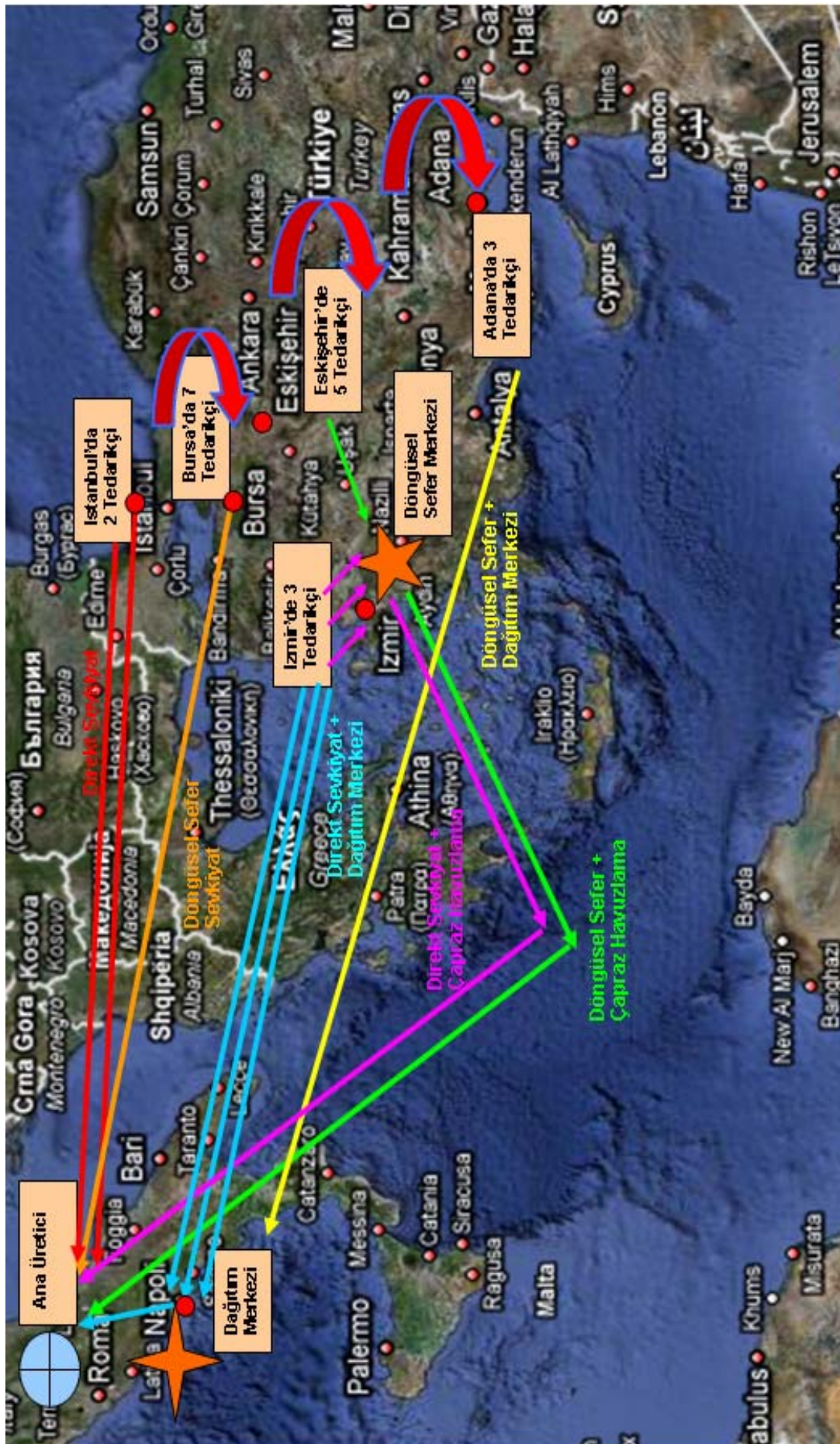
Yalın lojistik sistemi için önerilen tasarım metodolojisi uygulamasının gerçekleştirilmesinde önceki bölümde açıklandığı gibi öncelikle hazırlık aşamasında elde edilen müşteri istekleri doğrultusunda en uygun taşıma yönteminin seçilmesi için bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemleri kullanılacaktır. Bir sonraki aşamada bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, AD yöntemi ile gerçekleştirilecek tasarım için en uygun yöntemin kararlaştırılması yapılacaktır. Tasarım çalışması AD yönteminin bağımsızlık aksiyomu kullanılarak gerçekleştirilecektir. Uygulama aşamasından sonra sürekli gelişimin elde edilmesi için aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre hazırlanmış sistem geliştirme prosedürü tasarımı açıklanacaktır.

### **7.1 En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulaması**

Bir otomobil firması Türkiye’de bulunan 45 farklı tedarikçiden Fransa, Slovenya ve Romanya’daki fabrikalarına gerçekleştirilecek taşımalar için ortaklaşa çalıştığı lojistik firması tarafından uygulanacak en uygun taşıma ve stoklama tekniğini belirlemek istemektedir. Malzeme talebi, farklı boyutlarda olan parçalar için, benzer sevkiyat hacminde (çok yüksek olmayan) ve orta sıklıkta sevkiyat periyodundadır. Bunun için kendi bünyesindeki lojistik departmanı kapsamında çalışan uzmanlarla ortaklaşa çalıştığı lojistik firmasının uzmanlarının beraber çalışılmasına karar verilmiştir. Uzmanlar belirledikleri,

- Direkt Sevkiyat,
- Döngüsel Sefer ile Sevkiyat,
- DM ile Sevkiyat,
- Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat,
- Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat
- Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat

teknikleri arasından en verimli ve uygun olan tekniğin seçilmesi ve taşıma sistemini vakaya uygun olarak tasarlamasını istemektedir. Şekil 7.1’de alternatif olarak belirlenen tüm sevkiyat tekniklerinin aynı harita üzerinde örnek olarak gösterimi yapılmıştır.



Şekil 7.1 Alternatif olarak belirlenen tüm seviyat tekniklerinin aynı harita üzerinde gösterimi

Uzmanlar sevkiyat teknikleri arasından en verimli ve uygun olan tekniği seçmek için bilgi aksiyomu (bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemi ve ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemi), en uygun alternatifin seçilmesinden sonra sistemin tasarlanması aşamasında da bağımsızlık aksiyomunu (aksiyomlarla tasarım yöntemi) kullanmaya karar vermişlerdir. Çalışmada ilk olarak uzmanlar tarafından taşıma yöntemi seçim sürecini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda otomobil fabrikası için taşıma yöntemi seçimini etkileyen en önemli 9 kriter şu şekilde açıklanabilir;

**Teslim Kalitesi (TK):**

Taşıma yönteminin hizmet kalitesini (sağlam teslim edebilme) ve teknik yeterliliğini ifade etmektedir.

**Teslim Süresi (TS):**

Talep edilen ürünlerin ana firmaya ulaşmasına kadar taşıma süresi boyunca geçirdiği süreyi ifade etmektedir.

**Esneklik (E):**

Ana üreticinin değişken taleplerine karşı taşıma yönteminin verdiği tepkinin verimliliğini ifade etmektedir.

**Stok Maliyeti (SM):**

Taşıma yönteminin ana üreticiye ve lojistik firmasına getireceği stokta tutma maliyetinin değerini, ifade etmektedir.

**Taşıma Maliyeti (TM):**

Taşıma yönteminin ana üreticiye ve lojistik firmasına getireceği taşıma maliyetinin değerini ifade etmektedir.

**Koordinasyon Kolaylığı (KK):**

Taşıma yönteminin başarılı bir sevkiyat yapabilmesi için gerekli olan koordinasyonun kolaylık derecesini ifade etmektedir.

**Uygunluk (U):**

Taşıma yönteminin ana üreticinin ihtiyaçlarını (sevkiyat sıklığı, sevkiyat hacmi v.b.) karşılama değerini ifade etmektedir.

**Güvenilirlik (G):**

Taşıma yönteminin seçilmesiyle oluşabilecek hata miktarına göre belirlenen değeri ifade



etmektedir.

### **Geçerlilik ve Rekabet (GR):**

Taşıma yönteminin ana üretici ile lojistik firması açısından geçerlilik süresini ve dolayısıyla rekabet gücünün değerini ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında belirlenen tasarım kriterlerinden teslim kalitesi ve teslim süresi için sayısal ifadeler kullanılırken diğer tasarım kriterleri için sözel ifadeler kullanılmıştır. Teslim kalitesi ve teslim süresi kriterlerinin sayısal ifadelerinin alternatif teknikler için belirlenmesi aşamasında, lojistik firmasının daha önceki vakalarda taşıma stratejisi olarak kullandığı söz konusu stratejiler için elde ettiği ve bilgisayar ortamında da kayıtlı bulunan performans göstergeleri kullanılmıştır. Söz konusu kriterlerin kullanılmasıyla geçmiş yıllarda elde edilen performans göstergeleri proje ekibinin üyeleri tarafından analize tabi tutularak üzerinde çalışılan vaka için kullanılabilecek tekniklerin kriterler açısından değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Teslim kalitesi ve teslim süresi kriterlerinin dışındaki kriterler için de proje ekibi lojistik firmasının önceki lojistik faaliyeti tecrübelerinden ve müşteri isteklerinden yararlanarak, tekniklerin sağlayabilecekleri yeterlilikleri sözel olarak tespit etmeye çalışmışlardır. Lojistik uzmanlarının belirlediği tasarım aralık verilerinde sayısal, sözel ve bulanık ifadeler kullanılmıştır. Farklı türde ifadelerin kullanılmış olması ve hesaplamalarda da farklı formülasyonlardan yararlanılacak olması çalışmaya zenginlik katacaktır. Bu ifadelerin belirlenmesinde, üzerinde çalışılacak olan vakaya ilişkin müşteri istek ve beklentileri kullanılmıştır. Bu kriterler doğrultusunda en iyi taşıma yöntemini belirlemek için, bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı ve kriterlerin ağırlıklandırıldığı durum göz önüne alınarak ağırlıklı bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı kullanılacaktır. Her iki yöntemin kullanılmasıyla elde edilen sonuçların karşılaştırılarak yorumlanmasıyla alternatif teknikler arasından seçim yapılacak ve seçilen yöntemin tasarım yol haritasının şeklinde de belirtildiği gibi bağımsızlık aksiyomları kullanılarak tasarımı gerçekleştirilecektir.

Alternatif sevkiyat yöntemlerinin, lojistik uzmanları tarafından belirlenmiş kriterler için sağladıkları sistem aralıkları Çizelge 7.1’de, tasarım aralıkları ise Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 Alternatif teknikler için sistem aralık verisi

Tasarım Kriterleri Alternatif Teknikler	Teslim Kalitesi	Teslim Süresi	Esneklik	Stok Maliyeti	Taşıma Maliyeti	Koordinasyon Kolaylığı	Uygunluk	Güvenilirlik	Geçerlilik ve Rekabet
Direkt Sevkiyat	%93-98	2-4 gün	Vasat	Çok Düşük	Düşük	Mükemmel	Kısmen Uygun	Güvenilir	Zayıf
Döngüsel Sefer Sevkiyat	%92-96	3-5 gün	İyi	Yüksek	Orta	İyi	Uygun	Güvenilir	İyi
DM ile Sevkiyat	%85-95	4-7 gün	Vasat	Çok Düşük	Orta	Çok iyi	Kısmen Uygun	Kısmen Güvenilir	Zayıf
Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	%90-98	3-5 gün	İyi	Yüksek	Orta	İyi	Uygun	Güvenilir	Vasat
Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat	%88-95	4-7 gün	İyi	Düşük	Orta	İyi	Uygun	Kısmen Güvenilir	Vasat
Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	%92-97	4-6 gün	Çok iyi	Yüksek	Yüksek	Vasat	Çok Uygun	Güvenilir	Çok iyi

Çizelge 7.2 Lojistik uzmanlarının belirlediği tasarım aralık verisi

Kriterler(Fonksiyonel İhtiyaç)	Tasarım Aralığı
Teslim Kalitesi	%95 ve üzeri
Teslim Süresi	3-5 gün
Esneklik	Çok iyi
Stok Maliyeti	4: (4, 10, 10)
Taşıma Maliyeti	6: (6, 10, 10)
Koordinasyon Kolaylığı	4: (4, 10, 10)
Uygunluk	Çok Uygun
Güvenilirlik	Güvenilir
Geçerlilik ve Rekabet	İyi

Alternatif teknikler arasından seçim yapma çalışmasında değerlendirmeye alınacak tasarım kriterleri kullanılarak yapılan hesaplamalar aşağıda görülmektedir,

- **Teslim kalitesi:**

“Teslim kalitesi” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri Eşitlik (5.35)’te belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%93-98”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,



$$I_{DSTK} = \log_2 \left( \frac{98-93}{98-95} \right) = \log_2 1.666 = 0.737 \quad (7.1)$$

değeri elde edilir.

#### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%92-96”dır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSSTK} = 2$$

değeri elde edilir.

#### ***DM ile Sevkiyat:***

DM ile sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%85-95”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DMTK} = \infty$$

değeri elde edilir.

#### ***Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%90-98”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{ÇHTK} = 1.415$$

değeri elde edilir.

#### ***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%88-95”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSDMTK} = \infty$$

değeri elde edilir.

#### ***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama sevkiyat için “Teslim kalitesi” fonksiyonel ihtiyacı “>%95”, sistem aralığı ise “%92-97”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSÇHTK} = 1.322$$

değeri elde edilir.

- **Teslim Süresi:**

“Teslim süresi” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri Eşitlik (5.11)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları EK-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı ise “2-4 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSTS} = \log_2 \left( \frac{4-2}{4-3} \right) = \log_2 2 = 1 \quad (7.2)$$

değeri elde edilir.

***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı da yine “3-5 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSTS} = 0$$

değeri elde edilir.

***DM ile Sevkiyat:***

DM ile sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı ise “4-7 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DMTS} = 1.585$$

değeri elde edilir.

***Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı ise “3-5 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{CHTS} = 0$$

değeri elde edilir.

***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı ise “4-7 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSDMTS} = 1.585$$

değeri elde edilir.

***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama sevkiyat için “Teslim süresi” fonksiyonel ihtiyacı 3-5 gün, sistem aralığı ise “4-6 gün”dür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa,

$$I_{DSCHTS} = 1$$

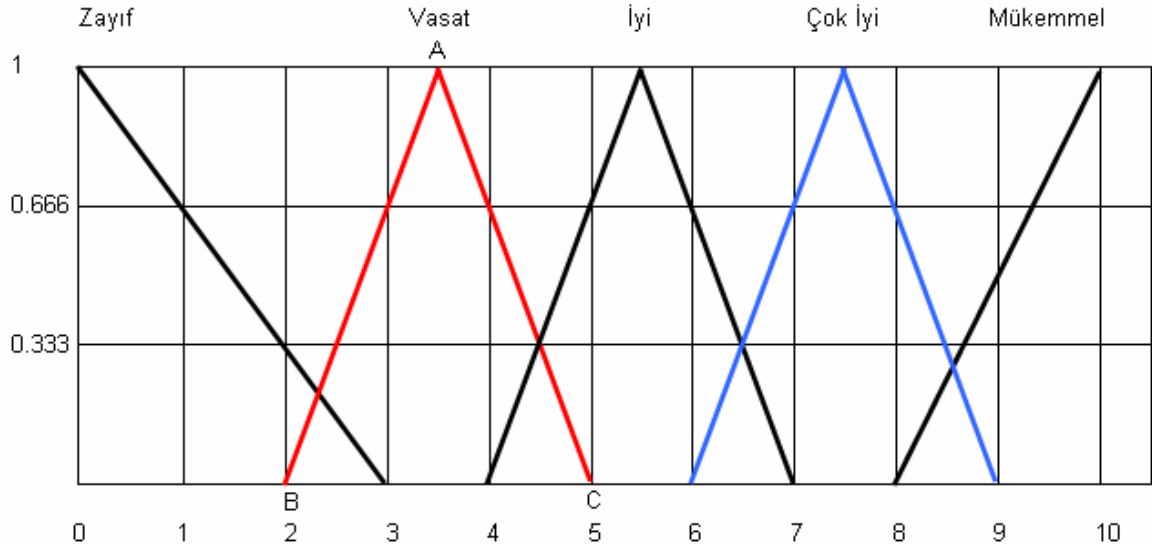
değeri elde edilir.

• **Esneklik:**

“Esneklik” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı ise “vasat”tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.2),



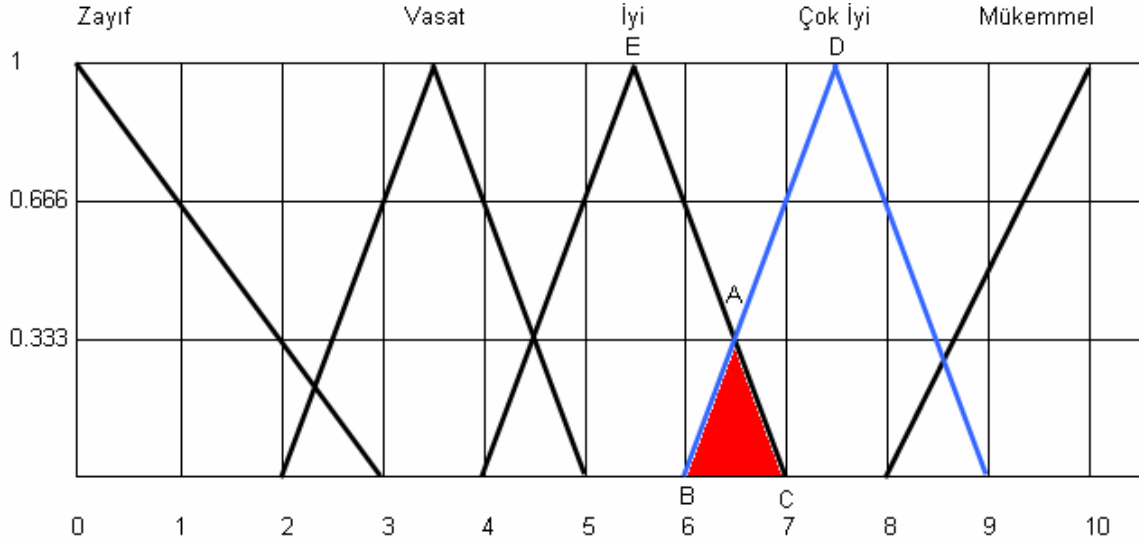
Şekil 7.2 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSE} = \log_2 \left( \frac{(5-2) \times 1}{\frac{2}{0}} \right) = \infty \quad (7.3)$$

sonucuna ulaşılır.

### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.3),



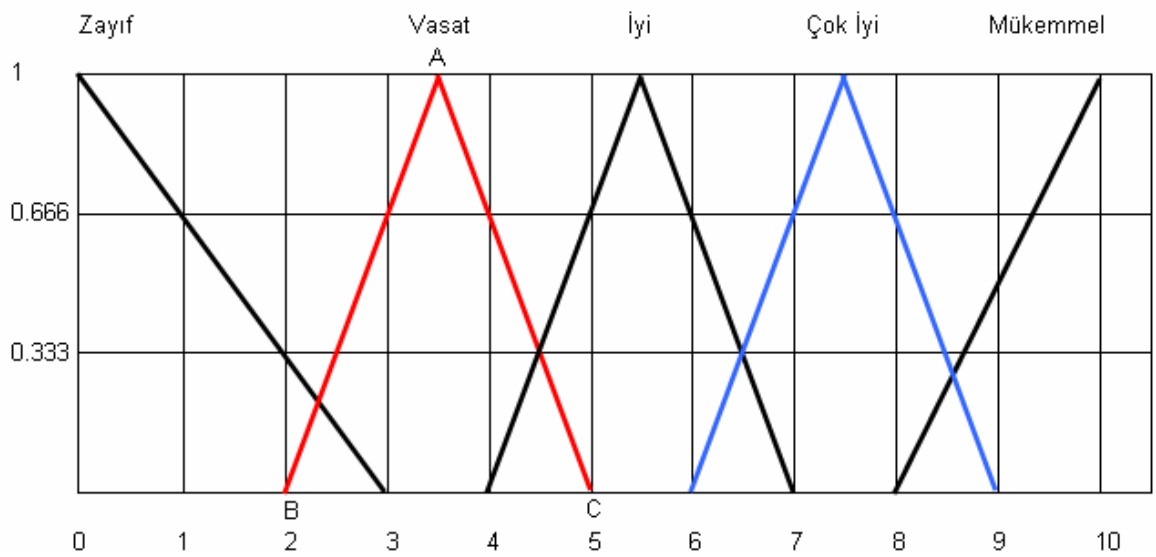
Şekil 7.3 Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSE} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

### ***DM ile Sevkiyat:***

DM ile sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı ise “vasat”tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.4),



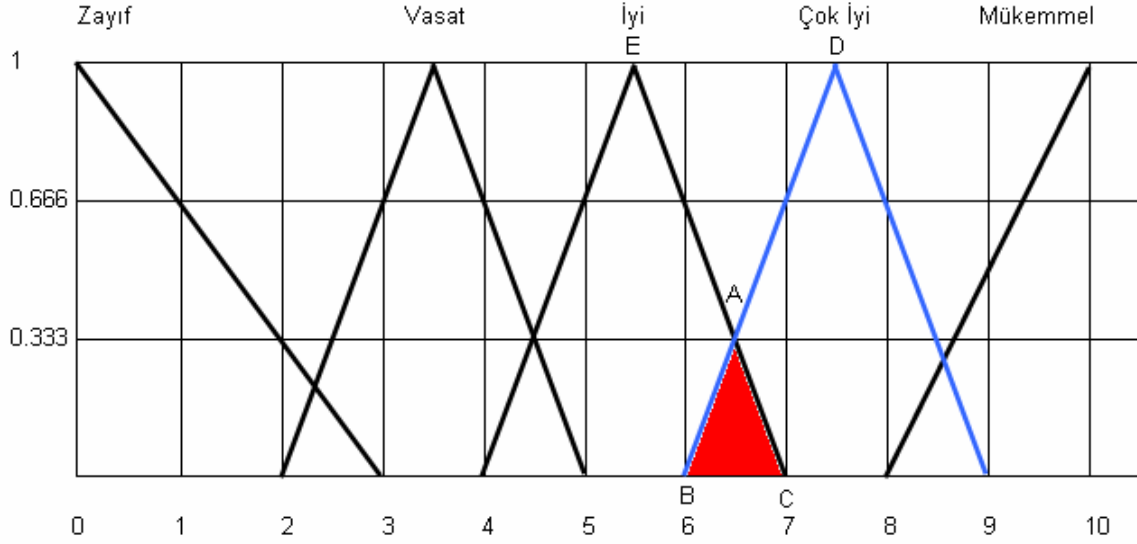
Şekil 7.4 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DME} = \infty$$

olarak hesaplanır.

**Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.5),



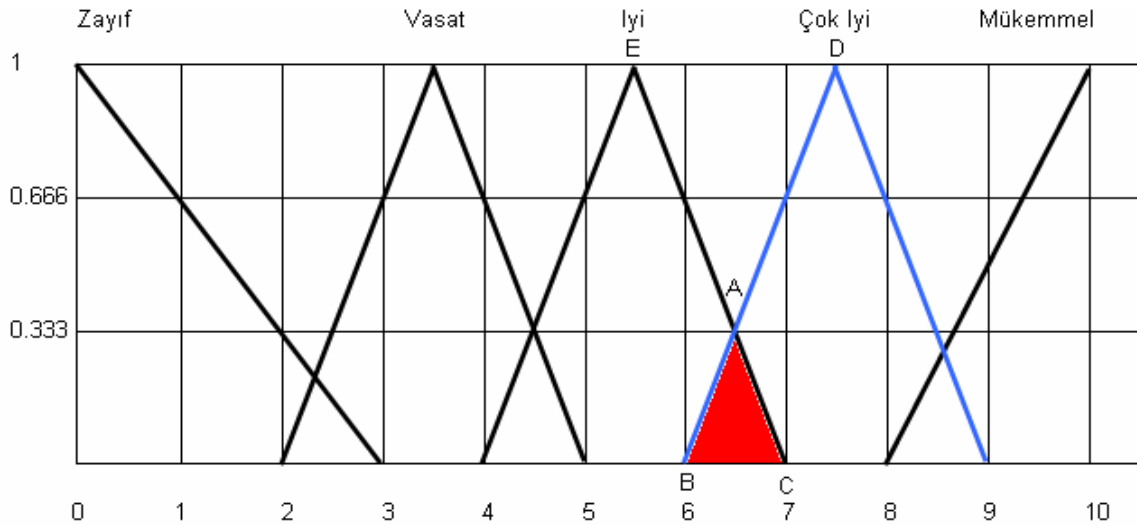
Şekil 7.5 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{CHE} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

**Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:**

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 6.6),



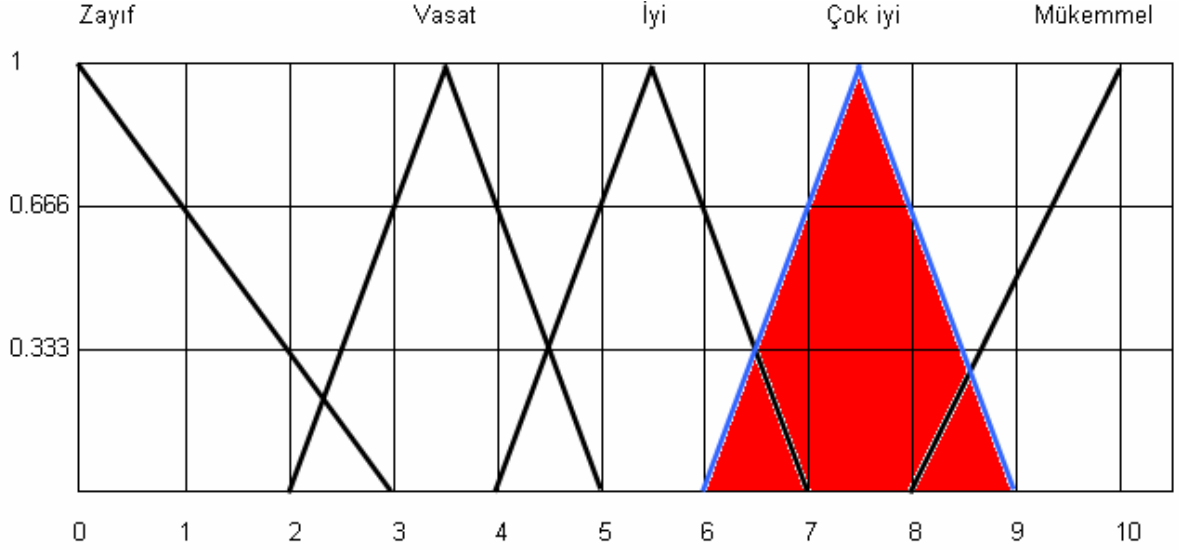
Şekil 7.6 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSDME} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Esneklik” fonksiyonel ihtiyacı “çok iyi”, sistem aralığı da yine “çok iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.7 ),



Şekil 7.7 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DS\check{C}HE} = 0$$

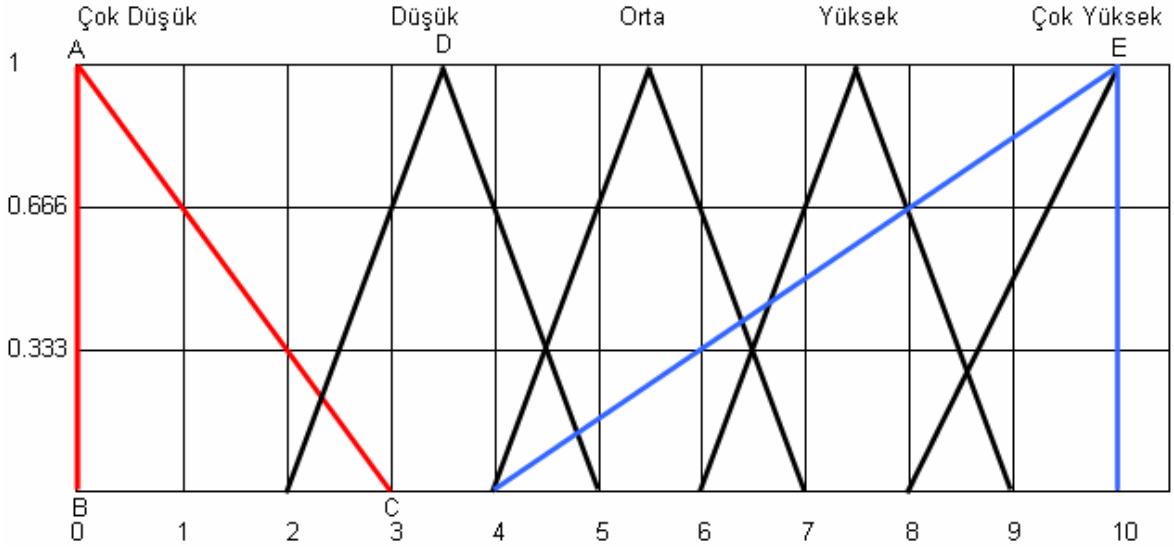
olarak hesaplanır.

• **Stok Maliyeti:**

“Stok maliyeti” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “çok düşük”tür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.8),



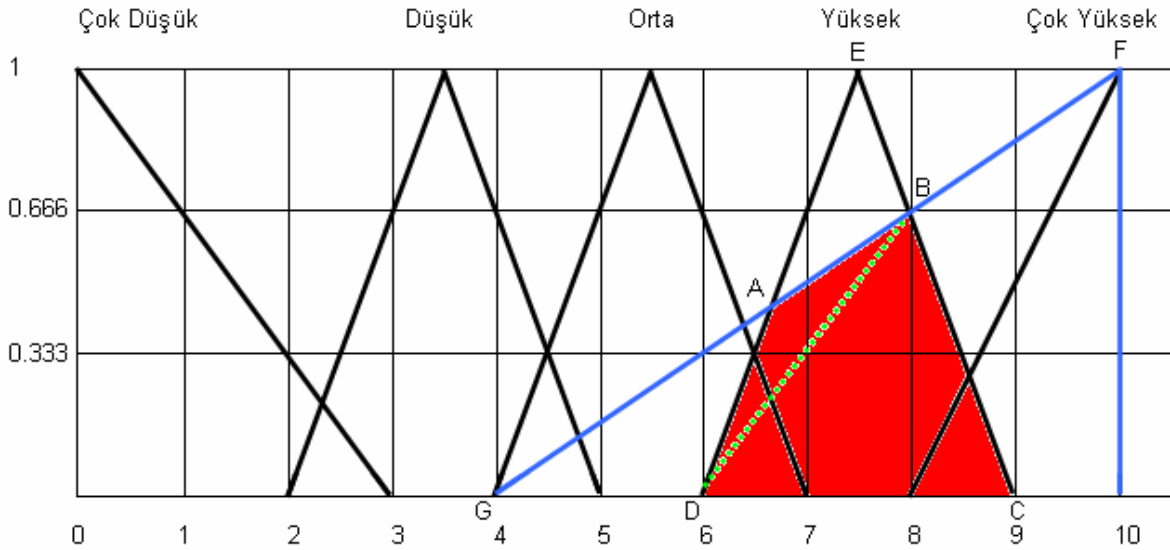
Şekil 7.8 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSM} = \log_2 \left( \frac{\frac{(3-0) \times 1}{2}}{0} \right) = \infty \quad (7.4)$$

sonucuna ulaşılır.

#### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “yüksek”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.9),



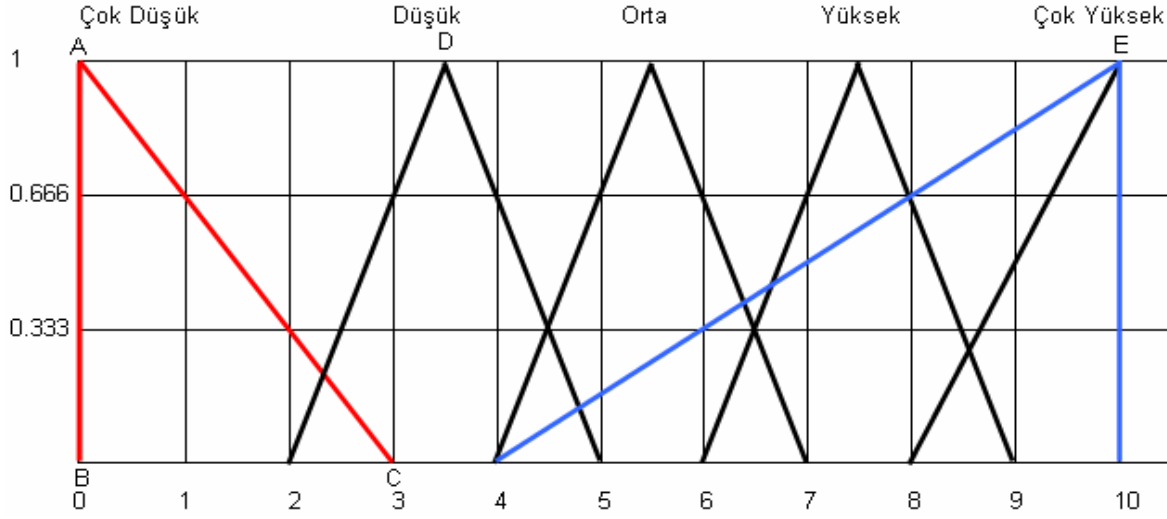
Şekil 7.9 Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSM} = 0.299$$

olarak hesaplanır.

### DM ile Sevkiyat:

DM ile sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “çok düşük”tür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.10),



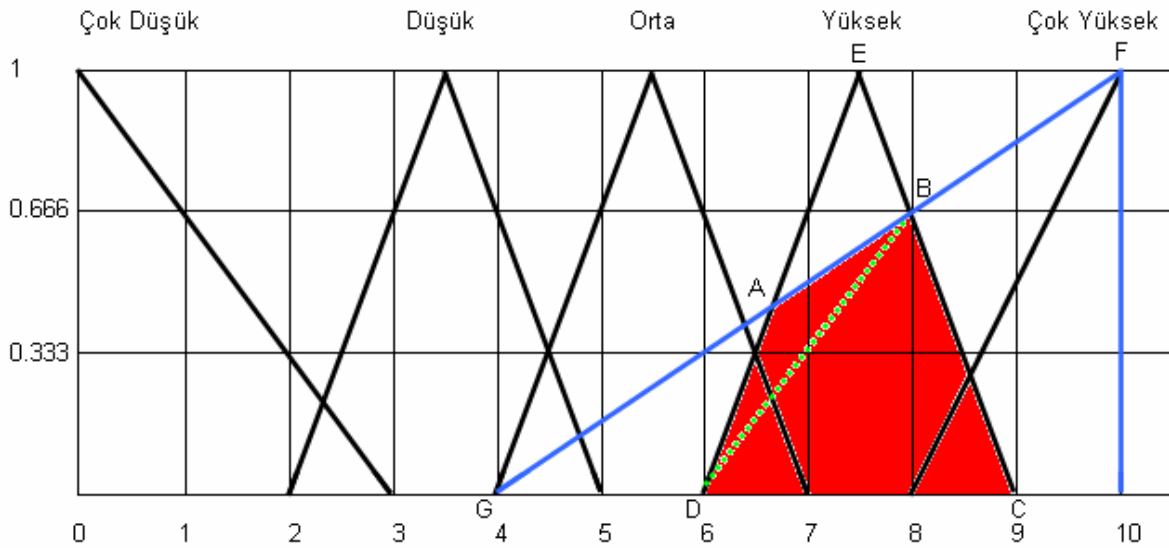
Şekil 7.10 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DMSM} = \infty$$

sonucuna ulaşılır.

### Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “yüksek”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.11),



Şekil 7.11 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

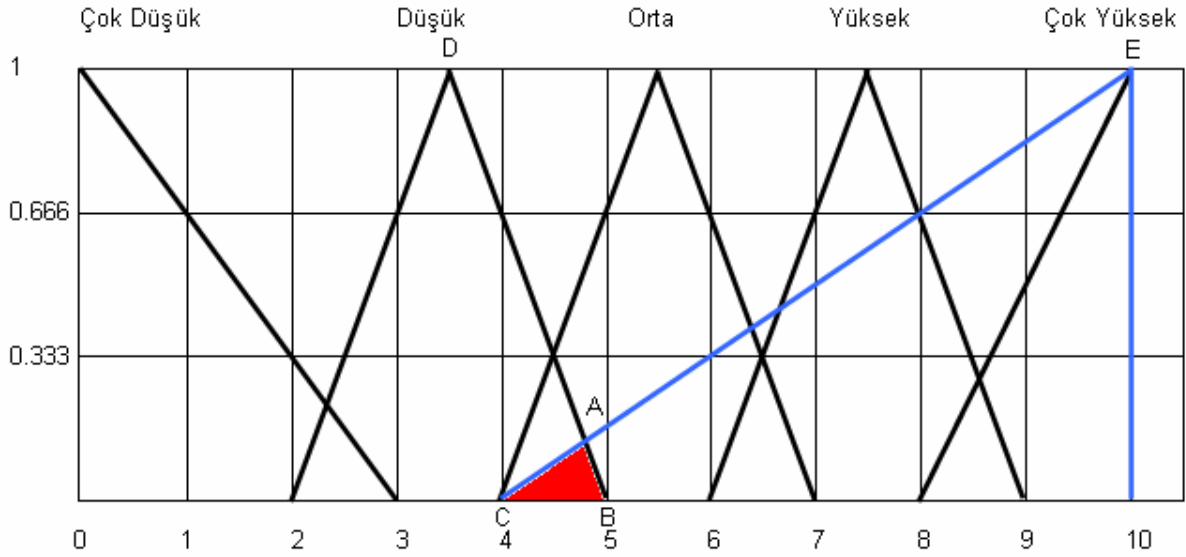


$$I_{\text{CHSM}} = 0.299$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “düşük”tür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.12),



Şekil 7.12 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{\text{DSDMSM}} = 5.49$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

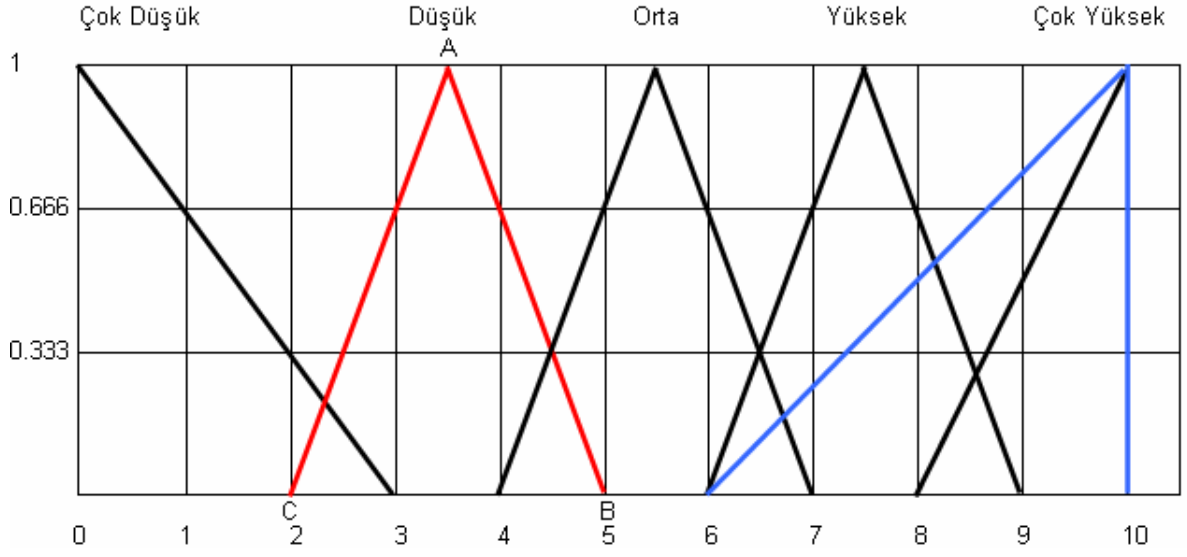
Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “yüksek”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.13),

$$I_{DS\zeta HSM} = 0.299$$

- **Taşıma Maliyeti:**

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “düşük”tür. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılırsa (Şekil 7.14),



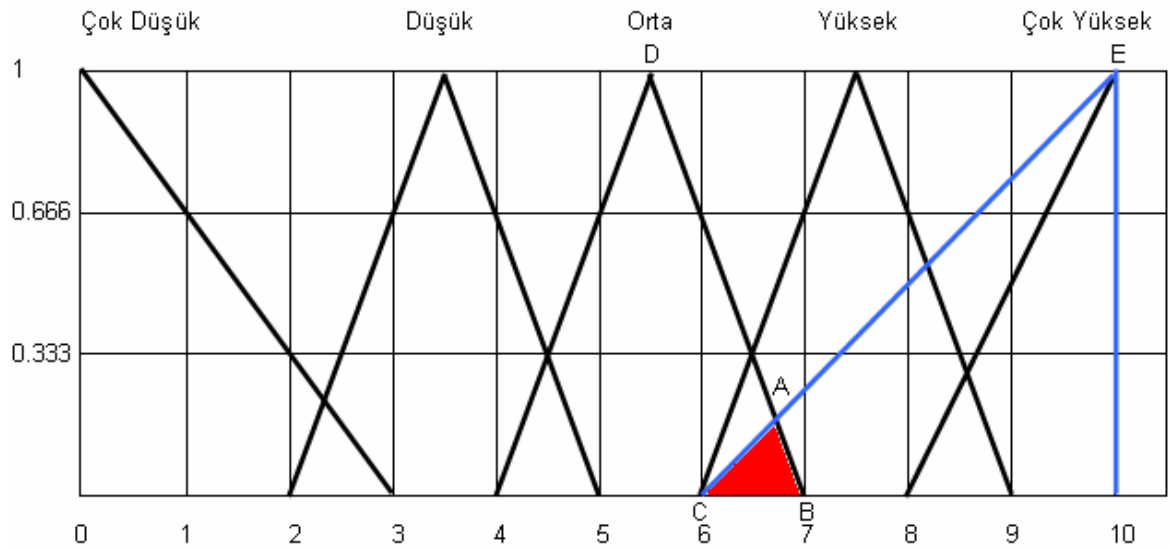
Şekil 7.14 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSTM} = \log_2 \left( \frac{\frac{(5-2) \times 1}{2}}{0} \right) = \infty \quad (7.5)$$

olarak hesaplanır.

#### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “orta”dır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.15),



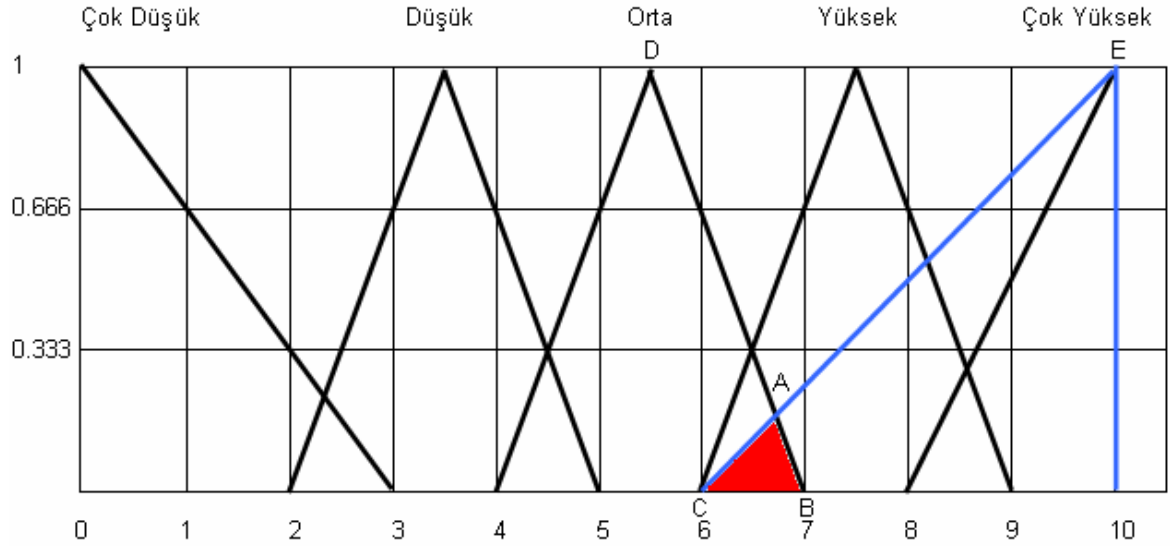
Şekil 7.15 Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSTM} = 4.059$$

olarak hesaplanır.

#### **DM ile Sevkiyat:**

DM ile sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “orta”dır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.16),



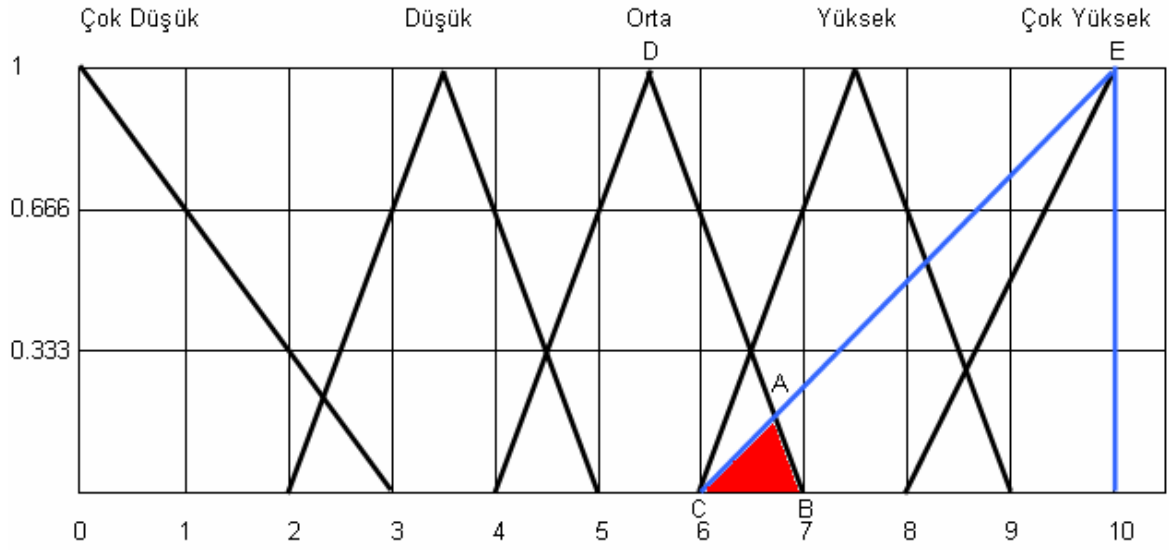
Şekil 7.16 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DMTM} = 4.059$$

olarak hesaplanır.

#### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “orta”dır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.17),



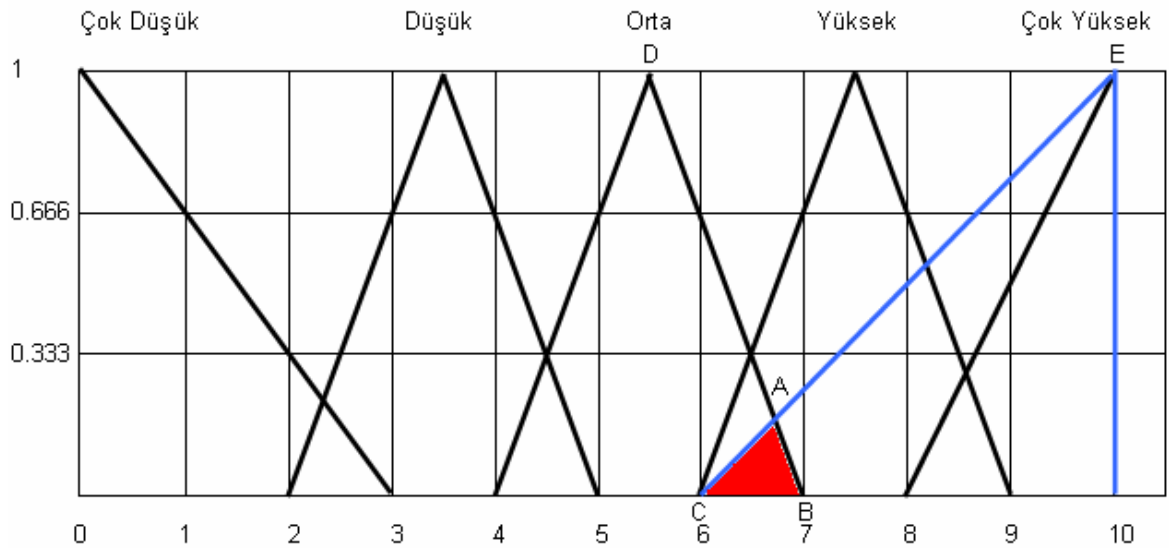
Şekil 7.17 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{\text{CHTM}} = 4.059$$

olarak hesaplanır.

#### ***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “orta”dır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.18),



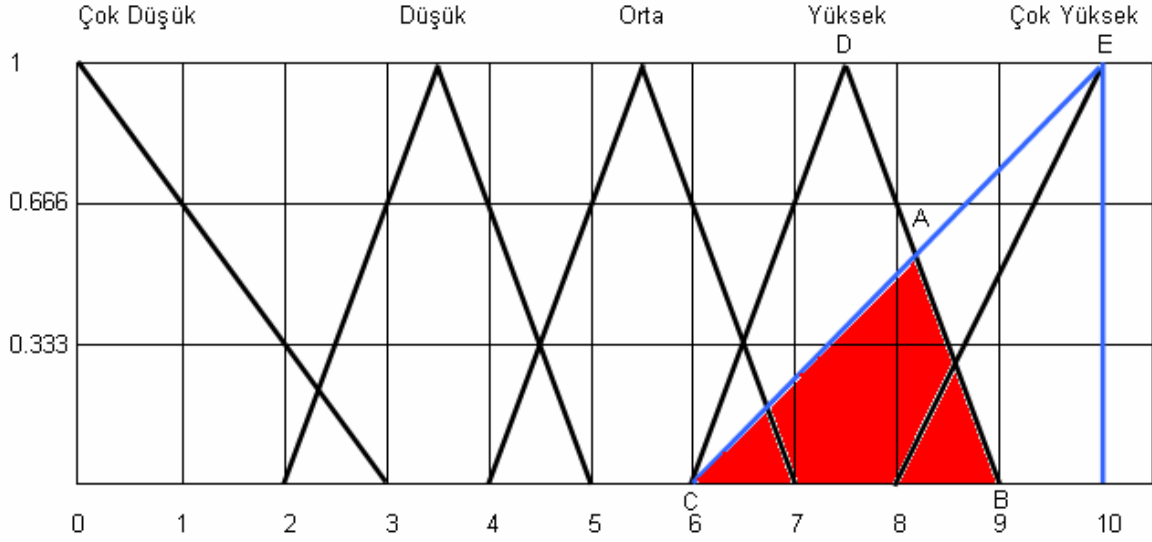
Şekil 7.18 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{\text{DSDMTM}} = 4.059$$

olarak hesaplanır.

### ***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Taşıma maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “6:(6,10,10)”, sistem aralığı ise “yüksek”tir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.19),



Şekil 7.19 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSCHTM} = 0.862$$

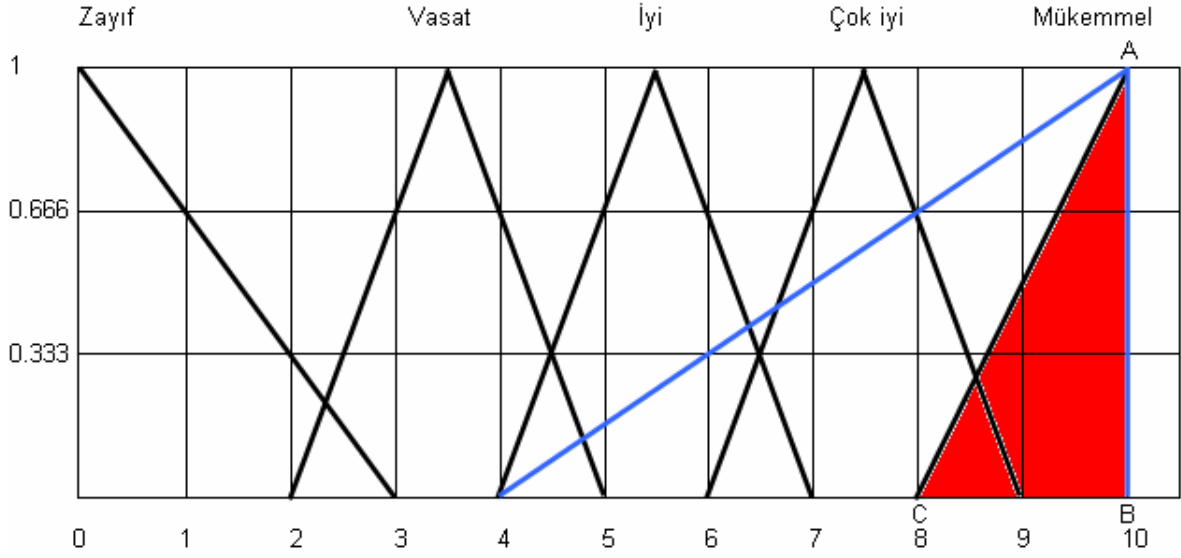
olarak hesaplanır.

- **Koordinasyon Kolaylığı:**

“Koordinasyon kolaylığı” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

### ***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Koordinasyon kolaylığı” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “mükemmel”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.20),



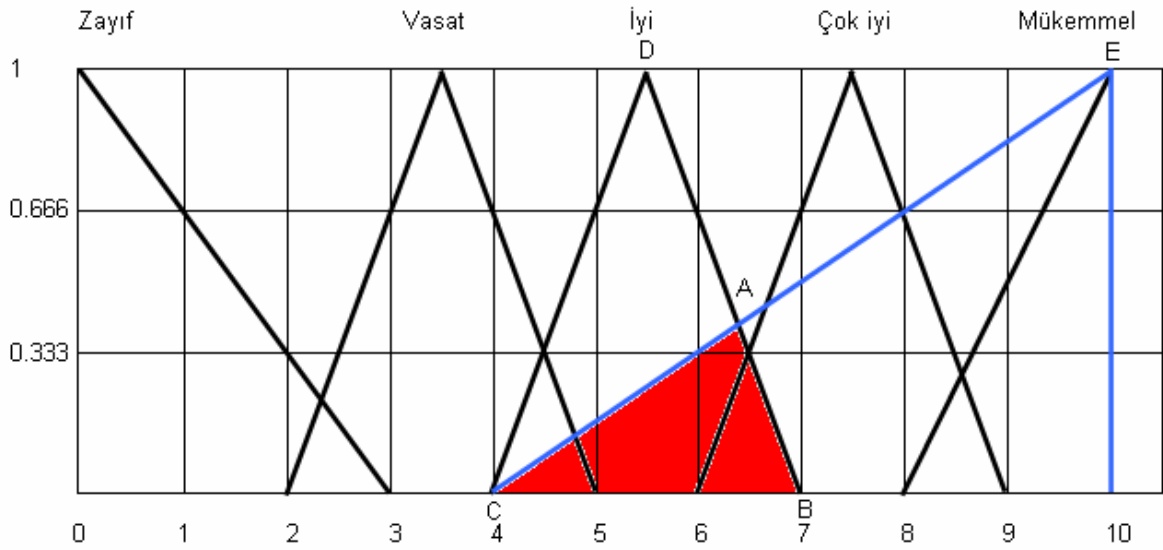
Şekil 7.20 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSKK} = \log_2 \left( \frac{\frac{(10-8) \times 1}{2}}{\frac{(10-8) \times 1}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1}{1} \right) = 0 \quad (7.6)$$

değeri elde edilir.

#### ***Döngüsel Sefer ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer ile sevkiyat için “Koordinasyon kolaylığı” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.21),



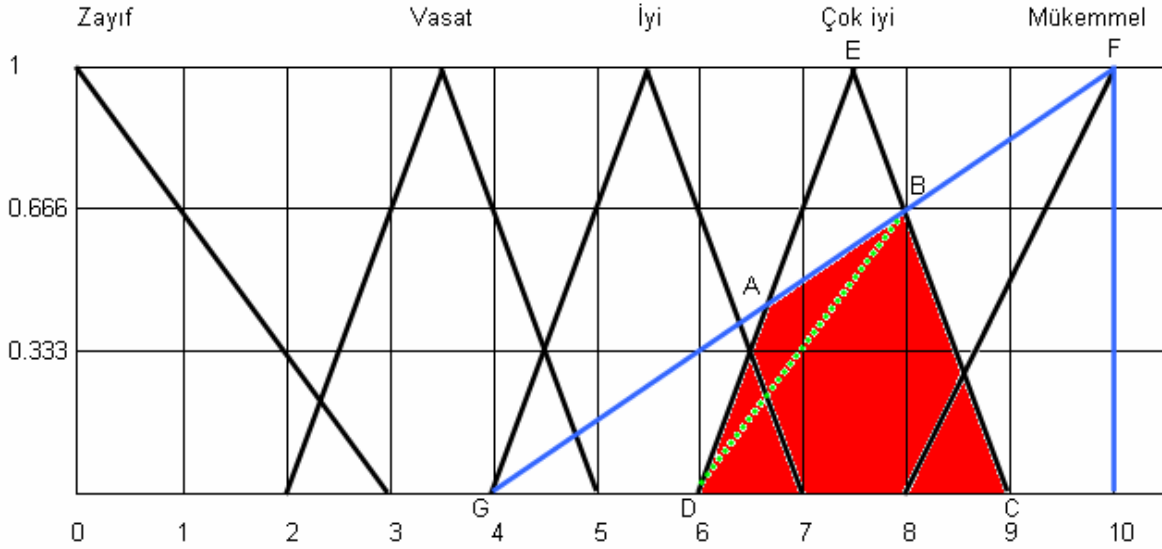
Şekil 7.21 Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSKK} = 1.322$$

olarak hesaplanır.

#### **DM ile Sevkiyat:**

DM ile sevkiyat için “Stok maliyeti” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “çok iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.22),



Şekil 7.22 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

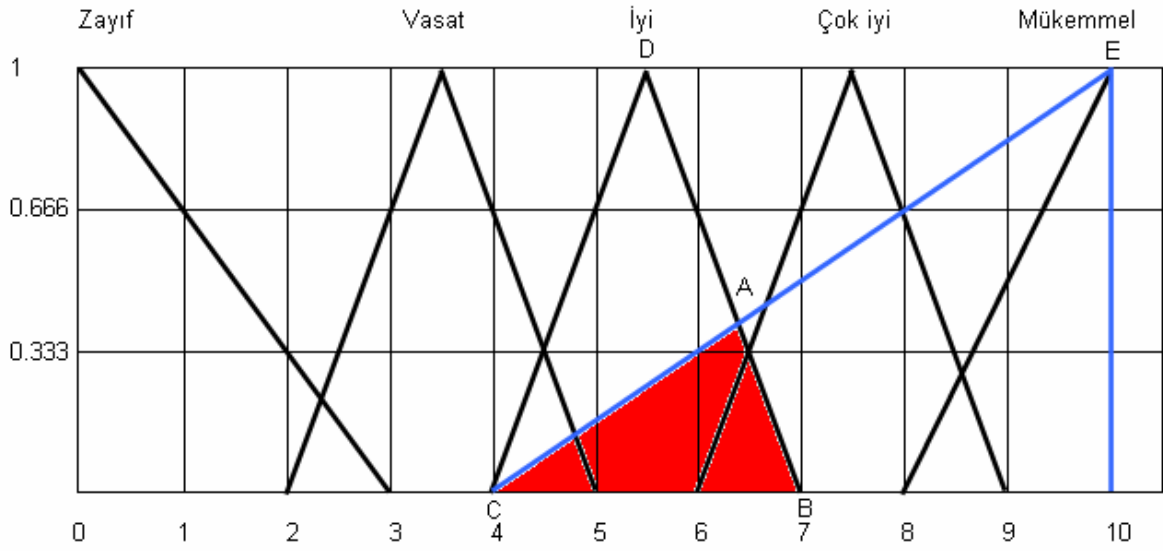
$$I_{DMKK} = 0.299$$

olarak hesaplanır.

#### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Koordinasyon kolaylığı” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.23),





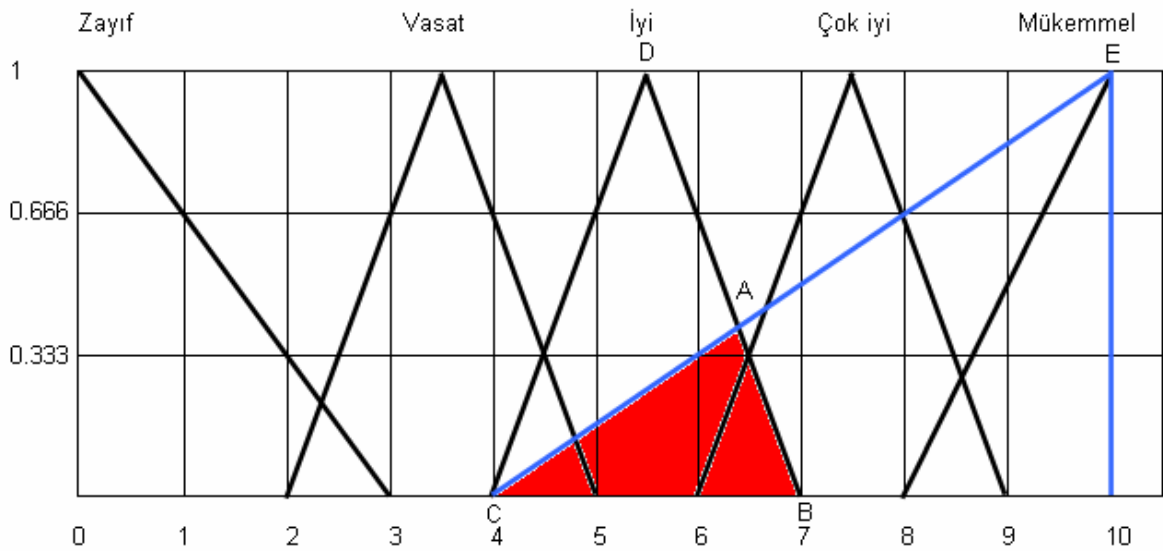
Şekil 7.23 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{CHKK} = 1.322$$

olarak hesaplanır.

**Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:**

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Koordinasyon kolaylığı” fonksiyonel ihtiyacı “4:(4,10,10)”, sistem aralığı ise “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.24),



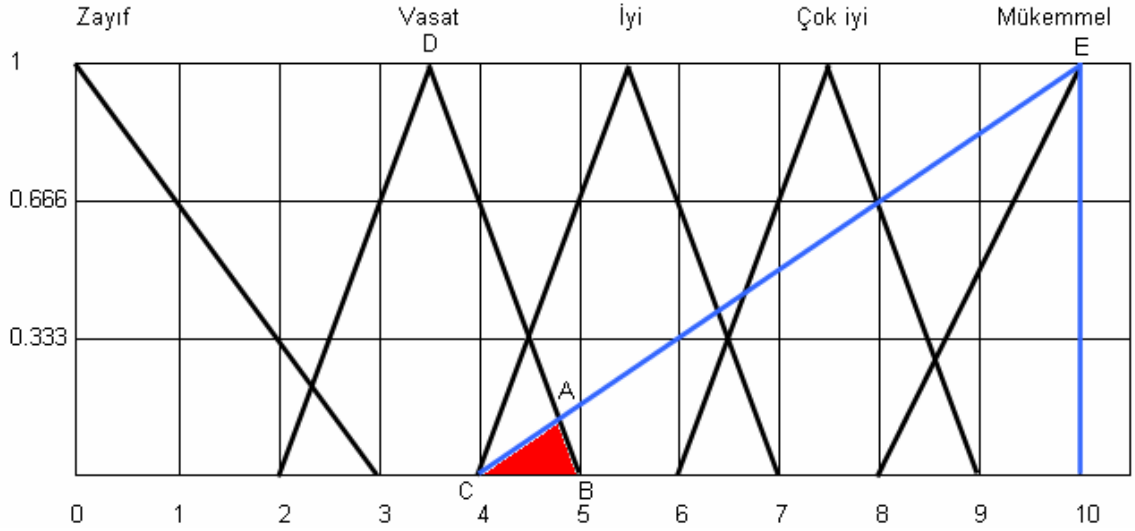
Şekil 7.24 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSMKK} = 1.322$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Koordinasyon kolaylığı” fonksiyonel ihtiyacı “4: (4,10,10)”, sistem aralığı ise “vasat”tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.25),



Şekil 7.25 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DS\check{C}HKK} = 5.49$$

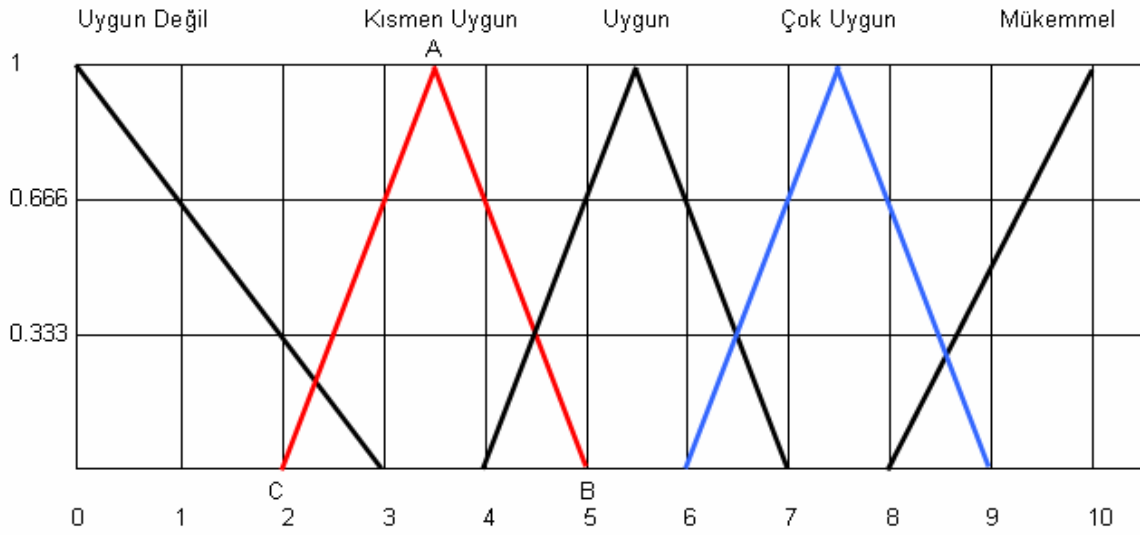
olarak hesaplanır.

• **Uygunluk:**

“Uygunluk” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı ise “kısmen uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.26),



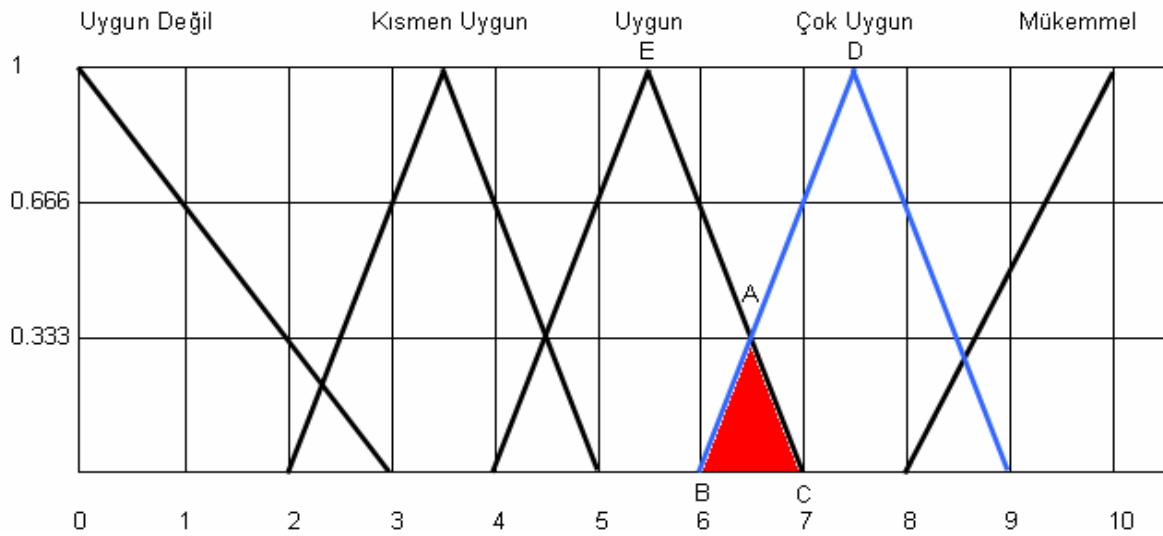
Şekil 7.26 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSU} = \log_2 \left( \frac{\frac{(5-2) \times 1}{2}}{0} \right) = \infty \quad (7.7)$$

sonucuna ulaşılır.

#### ***Döngüsel Sefer ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer ile sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı ise “uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.27),



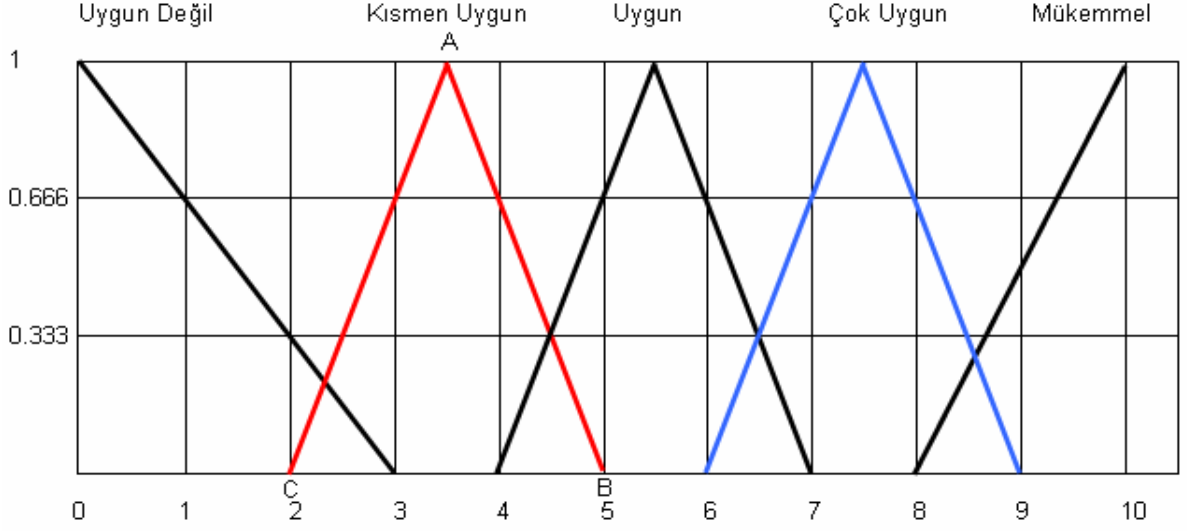
Şekil 7.27 Döngüsel sefer ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSU} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

### **DM ile Sevkiyat:**

DM ile sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı ise “kısmen uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.28),



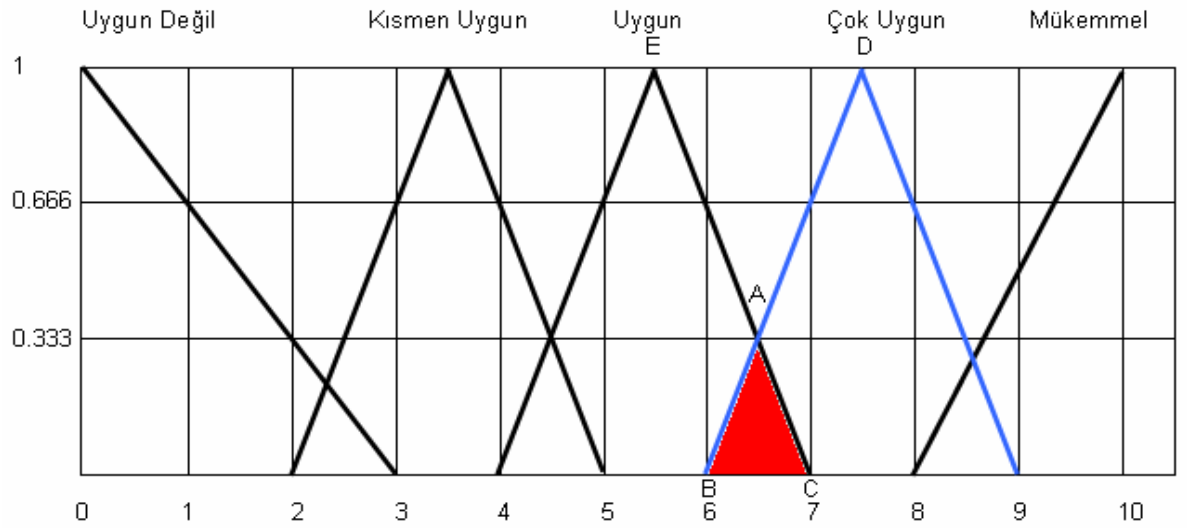
Şekil 7.28 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DMU} = \infty$$

sonucuna ulaşılır.

### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı ise “uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.29),



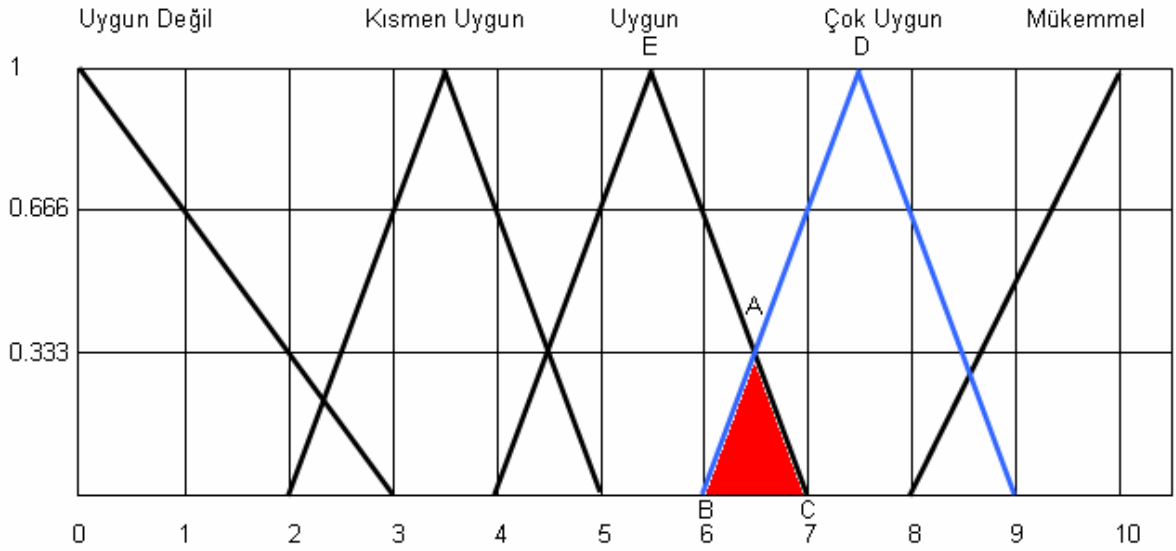
Şekil 7.29 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{\zeta HU} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

#### ***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı ise “uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.30),



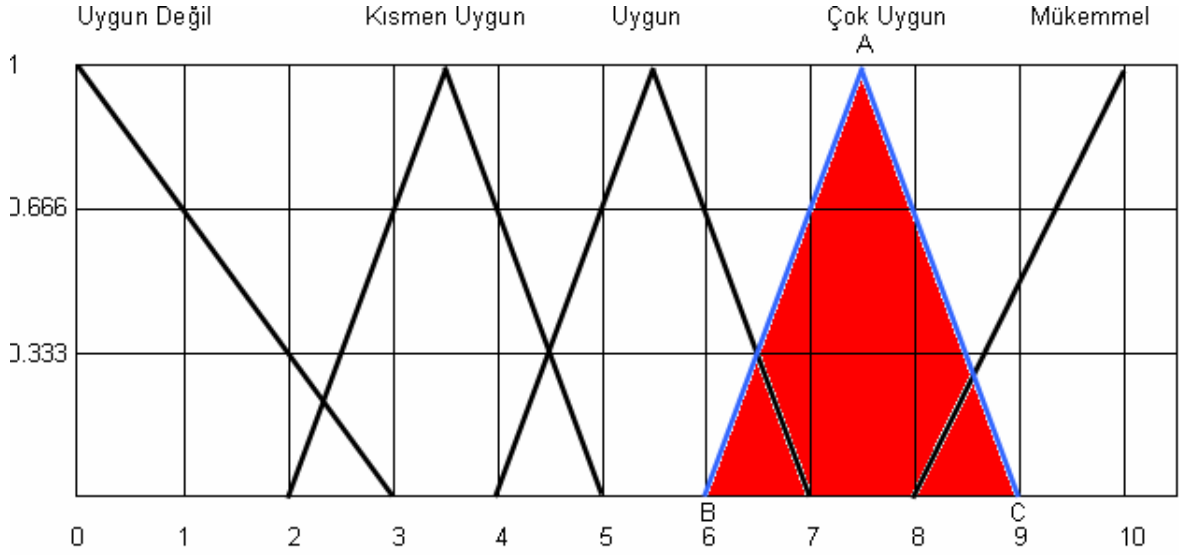
Şekil 7.30 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSDMU} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

#### ***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Uygunluk” fonksiyonel ihtiyacı “çok uygun”, sistem aralığı da yine “çok uygun”dur. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.31),



Şekil 7.31 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSCHU} = 0$$

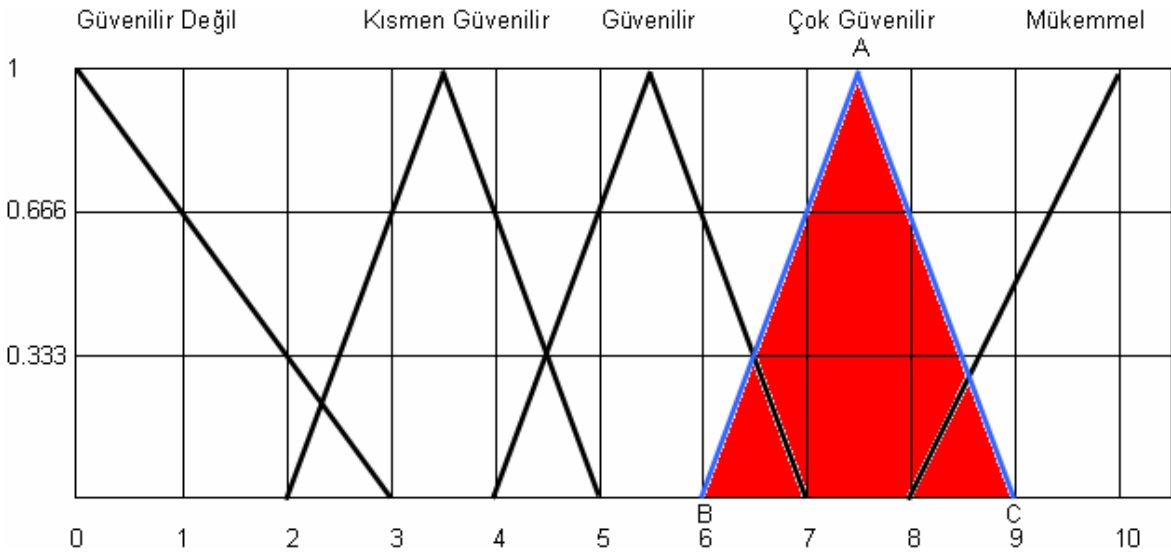
olarak hesaplanır.

- **Güvenilirlik:**

“Güvenilirlik” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise yine “güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.32),



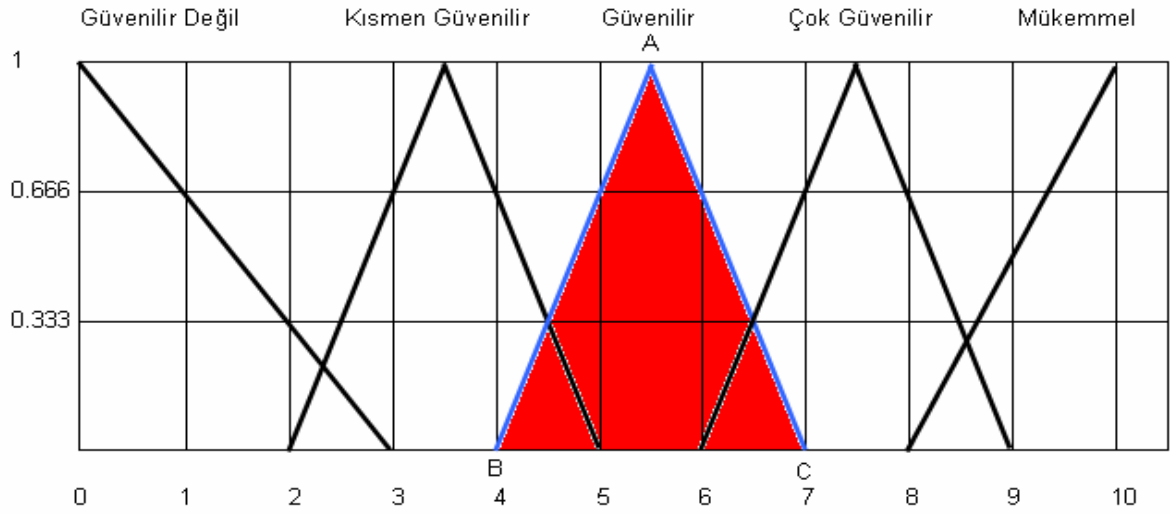
Şekil 7.32 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSG} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(7-4) \times 1}{2}} \right) = \log_2(1) = 0 \quad (7.8)$$

olarak hesaplanır.

### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise yine “güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.33),



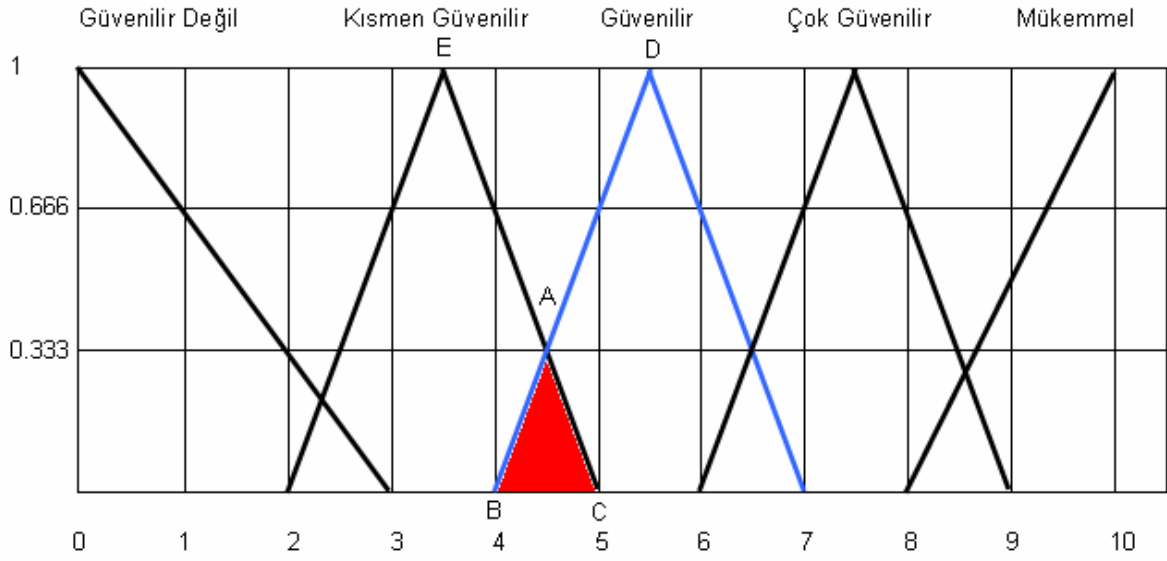
Şekil 7.33 Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSG} = 0$$

olarak hesaplanır.

### ***DM ile Sevkiyat:***

DM ile sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise “kısmen güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.34),



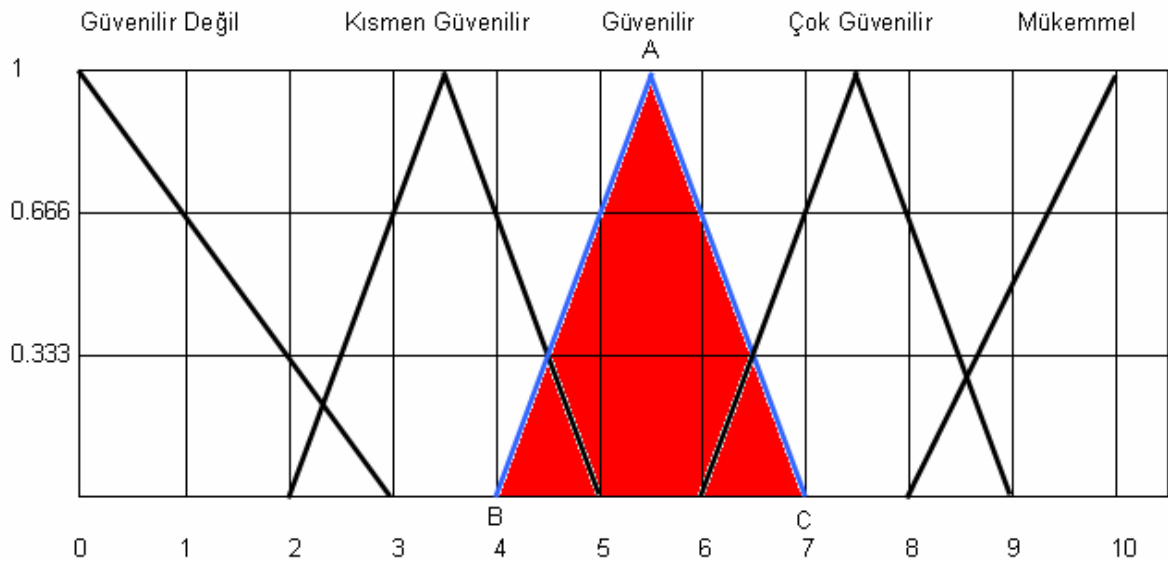
Şekil 7.34 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DMG} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

#### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise yine “güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.35),



Şekil 7.35 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

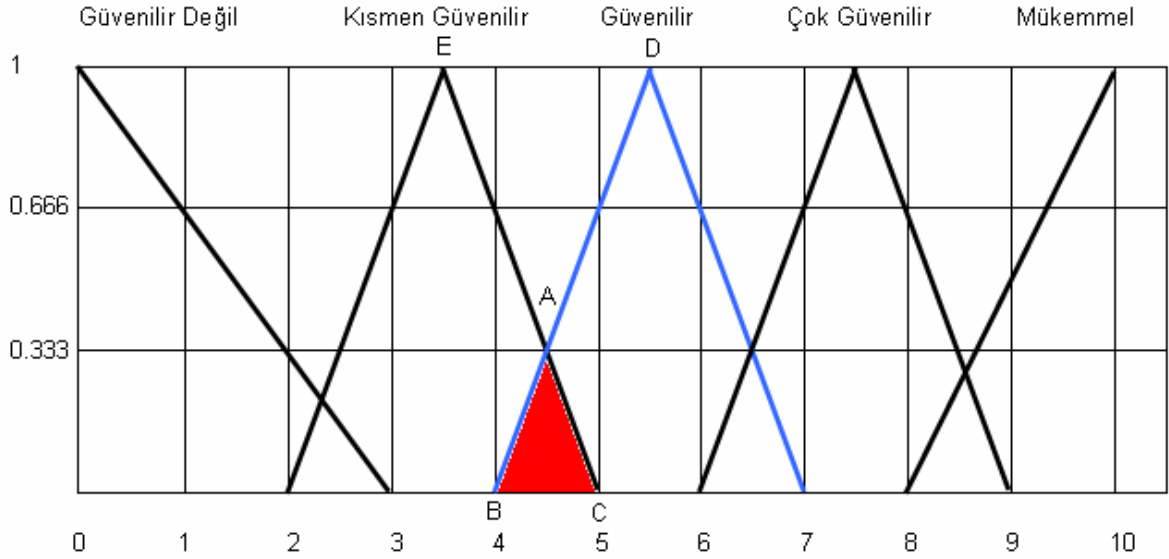
$$I_{CHG} = 0$$

olarak hesaplanır.



### ***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise “kısmen güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.36),



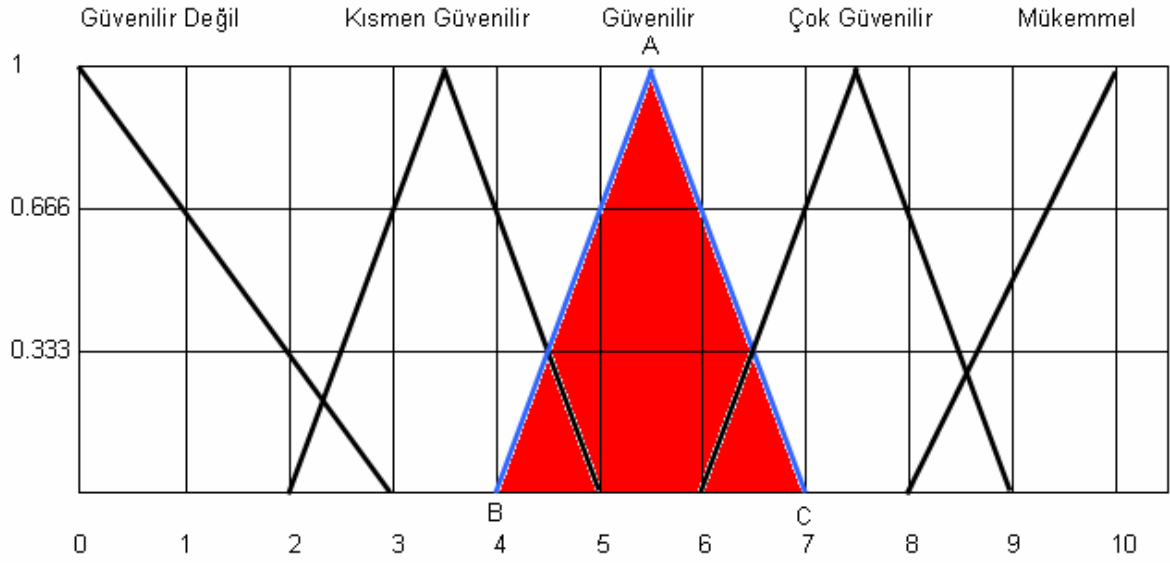
Şekil 7.36 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSDMG} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

### ***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Güvenilirlik” fonksiyonel ihtiyacı “güvenilir”, sistem aralığı ise yine “güvenilir”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.37),



Şekil 7.37 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DS\dot{C}HG} = 0$$

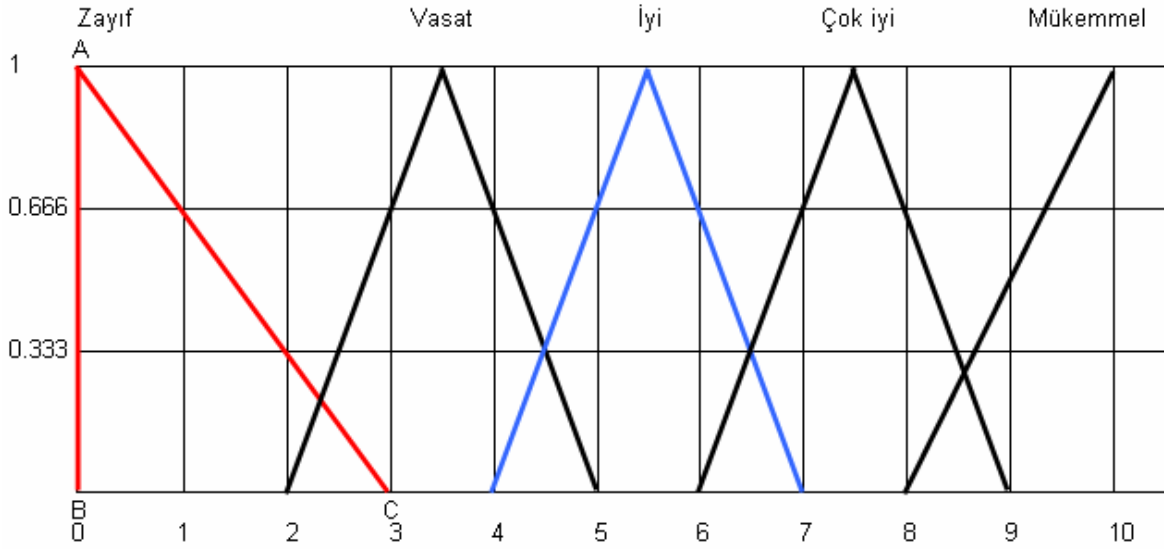
olarak hesaplanır.

- **Geçerlilik ve Rekabet:**

“Geçerlilik ve rekabet” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri eşitlik (5.20)’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-1’de gösterilmiştir.

***Direkt Sevkiyat:***

Direkt sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise yine “zayıf”tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.38),



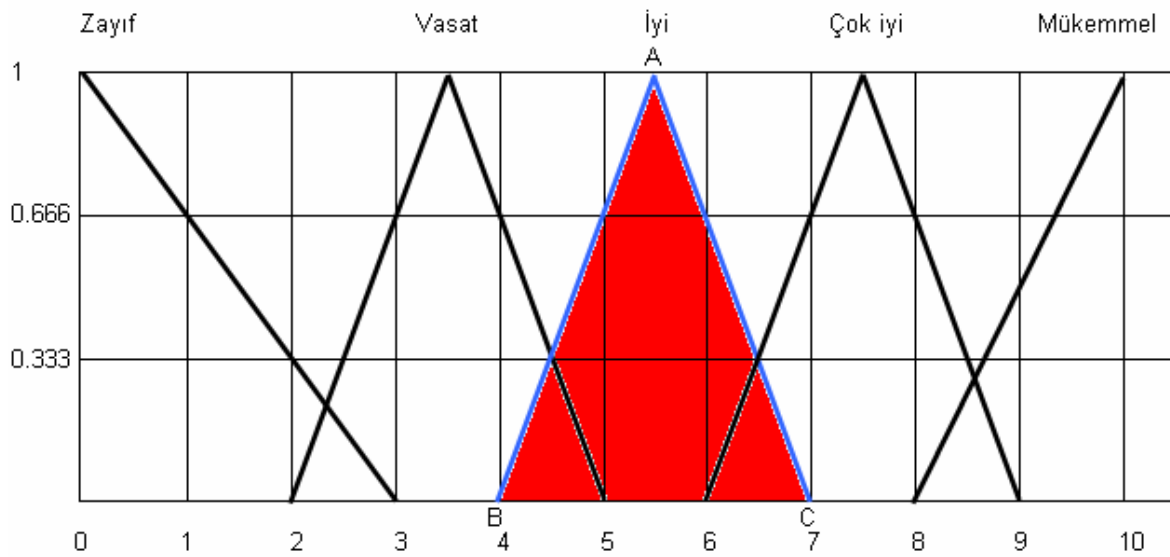
Şekil 7.38 Direkt sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSGR} = \log_2 \left( \frac{\frac{(3-0) \times 1}{2}}{0} \right) = \infty \quad (7.9)$$

olarak hesaplanır.

#### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

Döngüsel sefer sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise yine “iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.39),



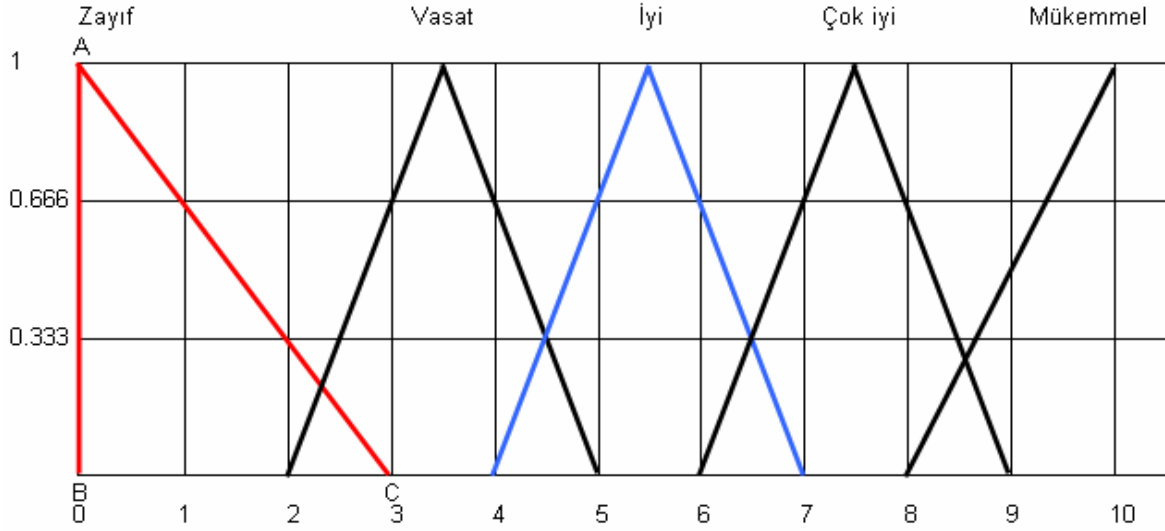
Şekil 7.39 Döngüsel sefer sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSSGR} = 0$$

olarak hesaplanır.

**DM ile Sevkiyat:**

DM ile sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise yine “zayıf”tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.40),



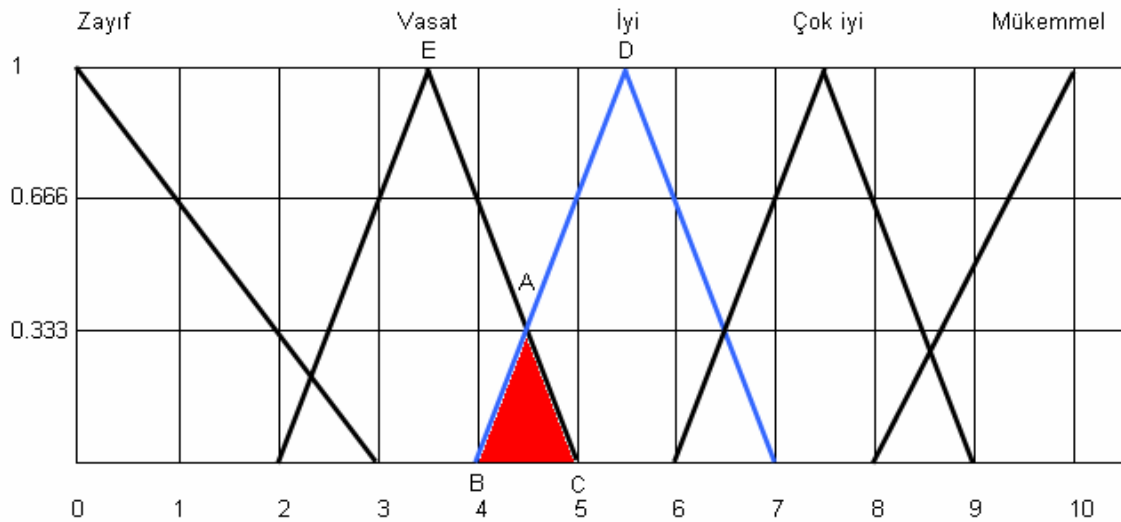
Şekil 7.40 DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DMGR} = \infty$$

olarak hesaplanır.

**Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise “vasat” tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.41),



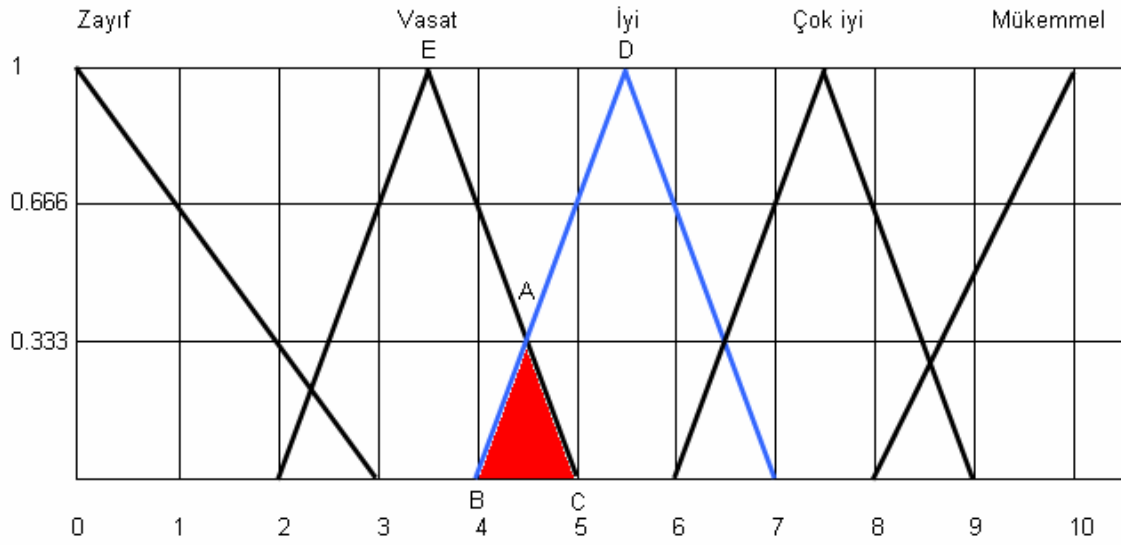
Şekil 7.41 Çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{CHGR} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise “vasat” tır. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.42),



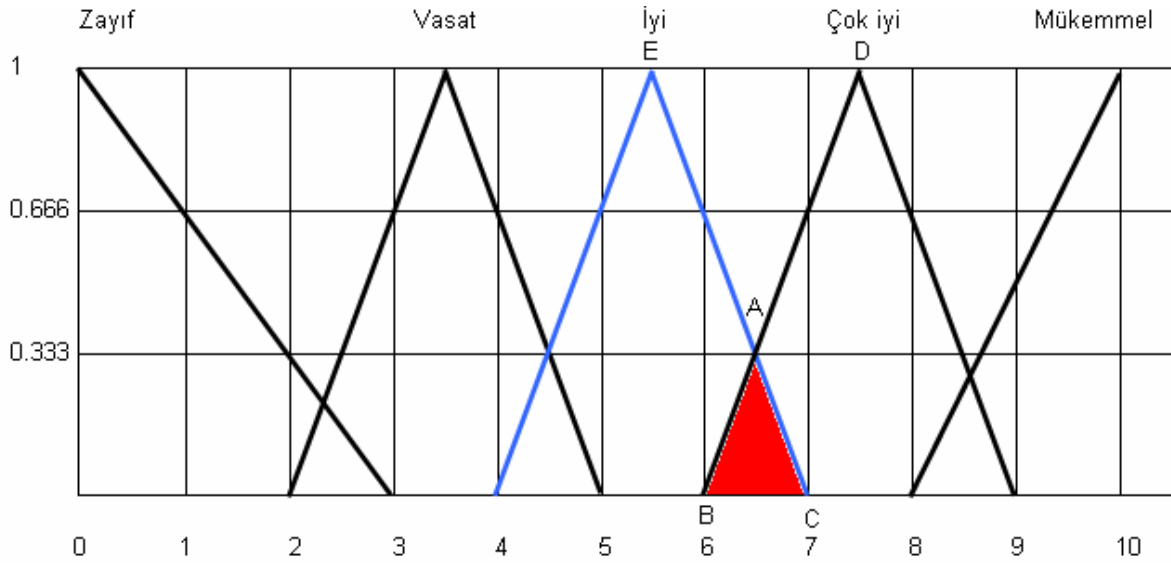
Şekil 7.42 Döngüsel sefer + DM ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DSMGR} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için “Geçerlilik ve rekabet” fonksiyonel ihtiyacı “iyi”, sistem aralığı ise “çok iyi”dir. Bu teknik için sistem ve tasarım aralıkları karşılaştırılacak olursa (Şekil 7.43),



Şekil 7.43 Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat için sistem ve tasarım aralıklarının karşılaştırılması

$$I_{DS\check{C}HGR} = 3.18$$

olarak hesaplanır.

Çizelge 7.3 Taşıma yöntemleri için bilgi içeriği sonuçları

Tasarım Kriterleri Alternatif Teknikler	$I_{TX}$	$I_{TS}$	$I_E$	$I_{SM}$	$I_{TM}$	$I_{KK}$	$I_U$	$I_G$	$I_{GR}$	$\Sigma I$
Direkt Sevkiyat	0.737	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
Döngüsel Sefer Sevkiyat	2	0	3.18	0.299	4.059	1.322	3.18	0	0	14.040
DM ile Sevkiyat	$\infty$	1.585	$\infty$	$\infty$	4.059	0.299	$\infty$	3.18	$\infty$	$\infty$
Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	1.415	0	3.18	0.299	4.059	1.322	3.18	0	3.18	16.635
Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat	$\infty$	1.585	3.18	5.49	4.059	1.322	3.18	3.18	3.18	$\infty$
Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	1.322	1	0	0.299	0.862	5.49	0	0	3.18	12.153

“Bulanık aksiyomlarla tasarım” yöntemi kullanılarak yapılan analizlerin neticesinde elde edilen Çizelge 7.3’teki sonuçlara göre en küçük bilgi içeriğine sahip olan “Döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat” taşıma yönteminin seçilmesi uygun olacaktır.

## 7.2 En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Ağırlıklandırılmış Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulaması

Karar verme aşamasında kullanılan kriterler eşit öneme sahip olmayıp önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda ağırlıklı bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşımda yapılması gereken ilk iş kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Bu amaçla bu çalışmada 1-9 önem skalası kullanılmış ve düzenlenen ikili karşılaştırma matrisi öz vektör yöntemi ile analiz edilerek kriterlere ilişkin ağırlık değerleri belirlenmiştir. Çizelge 7.4'te ağırlıklandırılmış bulanık aksiyom için karşılaştırma tablosu görülmektedir.

Çizelge 7.4 Ağırlıklandırılmış bulanık aksiyom için karşılaştırma tablosu

Kriterler	TK	TS	E	SM	TM	KK	U	G	GR	Ağırlıklar ( $w_i$ )
TK	1	5	3	3	2	1/3	4	1	2	0,155
TS	1/5	1	1	2	3	3	5	1/2	3	0,136
E	1/3	1	1	5	5	7	1	1/2	1/3	0,153
SM	1/3	1/2	1/5	1	1/3	5	4	2	1/2	0,100
TM	1/2	1/3	1/5	3	1	7	5	3	1/3	0,148
KK	3	1/3	1/7	1/5	1/7	1	2	1/3	1/4	0,055
U	1/4	1/5	1	1/4	1/5	1/2	1	1	1/3	0,034
G	1	2	2	1/2	1/3	3	1	1	1/2	0,082
GR	1/2	1/3	3	2	3	4	3	2	1	0,136

Eşitlik (5.21)'de belirtilen formül kullanılarak alternatif tekniklerin tüm kriterler için bilgi içerikleri hesaplanabilir. Direkt sevkiyat için hesaplamalar ayrıntılı olarak gösterilmiş olup, diğer alternatiflerin hesaplamaları Ek-2'de gösterilmiştir.

### **Direkt Sevkiyat:**

$$I_{DSTK} = 0.737 \text{ olduğundan,}$$

Eşitlik (5.21)'de belirtilen formül kullanılarak,

$$I_{DSTK} = (0.737)^{1/0.155} = 0.139 \quad (7.10)$$

$I_{DSTS} = 1$  olduğundan,

$w_j, I_j = 1$

$I_{DSTS} = w_{TS} = 0.136$

$I_{DSE} = \infty$

$I_{DSSM} = \infty$

$I_{DSTM} = \infty$

$I_{DSKK} = 0$

$I_{DSU} = \infty$

$I_{DSG} = 0$

$I_{DSGR} = \infty$

### ***Döngüsel Sefer Sevkiyat:***

$I_{DSSTK} = 2$  olduğundan,

$I_{DSSTK} = 1.113$

$I_{DSSTS} = 0$

$I_{DSSE} = 3.180$  olduğundan,

$I_{DSSE} = 1.194$

$I_{DSSSM} = 0.299$  olduğundan,

$I_{DSSSM} = 0.0000057$

$I_{DSSTM} = 4.059$  olduğundan,

$I_{DSSTM} = 1.230$

$I_{DSSKK} = 1.322$  olduğundan,

$I_{DSSKK} = 1.015$

$I_{DSSU} = 3.180$  olduğundan,

$I_{DSSU} = 1.040$

$I_{DSSG} = 0$

$I_{DSSGR} = 0$



olarak hesaplanır.

***DM ile Sevkiyat:***

$$I_{DMTK} = \infty$$

$$I_{DMTS} = 1.585 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DMTS} = 1.065$$

$$I_{DME} = \infty$$

$$I_{DMSM} = \infty$$

$$I_{DMTM} = 4.059 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DMTM} = 1.230$$

$$I_{DMKK} = 0.299 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DMKK} = 2.940 \times 10^{-10}$$

$$I_{DMU} = \infty$$

$$I_{DMG} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DMG} = 1.099$$

$$I_{DMGR} = \infty$$

olarak hesaplanır.

***Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:***

$$I_{CHTK} = 1.415 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHTK} = 1.055$$

$$I_{CHTS} = 0$$

$$I_{CHE} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHE} = 1.194$$

$$I_{CHSM} = 0.299 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHSM} = 0.0000057$$

$$I_{CHTM} = 4.059 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHTM} = 1.230$$

$$I_{CHKK} = 1.322 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHKK} = 1.015$$

$$I_{CHU} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHU} = 1.040$$

$$I_{CHG} = 0$$

$$I_{CHGR} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{CHGR} = 1.170$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel sefer + DM ile Sevkiyat:***

$$I_{DSSDMTK} = \infty$$

$$I_{DSSDMTS} = 1.585 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMTS} = 1.065$$

$$I_{DSSDME} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDME} = 1.194$$

$$I_{DSSDMSM} = 5.490 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMSM} = 1.186$$

$$I_{DSSDMTM} = 4.059 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMTM} = 1.230$$

$$I_{DSSDMKK} = 1.322 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMKK} = 1.015$$

$$I_{DSSDMU} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMU} = 1.040$$

$$I_{DSSDMG} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMG} = 1.099$$

$$I_{DSSDMGR} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSDMGR} = 1.170$$

olarak hesaplanır.

***Döngüsel sefer + Çapraz havuzlama ile Sevkiyat:***

$$I_{DSSCHTK} = 1.322 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHTK} = 1.044$$

$$I_{DSSCHTS} = 1 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHTS} = 0.136$$

$$I_{DSSCHE} = 0$$

$$I_{DSSCHSM} = 0.299 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHSM} = 0.0000057$$

$$I_{DSSCHTM} = 0.862 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHTM} = 0.367$$

$$I_{DSSCHKK} = 5.490 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHKK} = 1.098$$

$$I_{DSSCHU} = 0$$

$$I_{DSSCHG} = 0$$

$$I_{DSSCHGR} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$I_{DSSCHGR} = 1.170$$

olarak hesaplanır.

Çizelge 7.5'te ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 7.5 Ağırlıklı bulanık aksiyomlarla tasarım yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar

Tasarım Kriterleri Alternatif Teknikler	$I_{TX}$	$I_{TS}$	$I_E$	$I_{SM}$	$I_{TM}$	$I_{KK}$	$I_U$	$I_G$	$I_{GR}$	$\Sigma I$
Direkt Sevkiyat	0.139	0.136	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
Döngüsel Sefer Sevkiyat	1.113	0	1.194	0.0000057	1.230	1.015	1.040	0	0	5.592
DM ile Sevkiyat	$\infty$	1.065	$\infty$	$\infty$	1.230	$2.940 \times 10^{-10}$	$\infty$	1.099	$\infty$	$\infty$
Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	1.055	0	1.194	0.0000057	1.230	1.015	1.040	0	1.170	6.704
Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat	$\infty$	1.065	1.194	1.186	1.230	1.015	1.040	1.099	1.170	$\infty$
Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	1.044	0.136	0	0.0000057	0.367	1.098	0	0	1.170	3.815

**Sonuçların Yorumlanması:**

Ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak yapılan analizlerin neticesinde elde edilen Çizelge 7.5'teki sonuçlara göre en küçük bilgi içeriğine sahip olan döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat taşıma yönteminin seçilmesi uygun olacaktır (Çizelge 7.6).

Çizelge 7.6 Bulanık aksiyomlarla tasarım ve ağırlıklı aksiyomlarla tasarım yöntemleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Alternatif Teknikler	Bulanık AD	Ağırlıklı Bulanık AD
Direkt Sevkiyat	Elendi	Elendi
Döngüsel Sefer Sevkiyat	2. Öncelikli	2. Öncelikli
DM ile Sevkiyat	Elendi	Elendi
Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	3. Öncelikli	3. Öncelikli
Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat	Elendi	Elendi
Döngüsel sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat	1. Öncelikli	1. Öncelikli

Ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım ve bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemlerinin ikisinde de önemli sayılan bir sayısal değer farkıyla döngüsel sefer + çapraz havuzlama ile sevkiyat yöntemi en az bilgi içeriğine sahip olduğu için söz konusu vaka için en uygun yöntem olarak seçilmiştir. Döngüsel sefer sevkiyat yöntemi her iki değerlendirme yöntemine göre de ikinci öncelikli kullanılabilecek taşıma sistemi olarak belirlenmiştir. Çapraz havuzlama ile sevkiyat yöntemi her iki değerlendirme yöntemine göre de üçüncü öncelikli kullanılabilecek taşıma sistemi olarak belirlenmiştir. Ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemi sonuçlarına göre 2. ve 3. olan alternatifler arasında bulanık aksiyomlarla tasarım yönteminin sonuçlarına göre bilgi içeriği değerlerinin farkında önemli bir değişiklik gerçekleşmemiştir. Direkt sevkiyat, DM ile sevkiyat ve döngüsel sefer + DM ile sevkiyat taşıma yöntemleri her iki tasarım yönteminde de elenmişlerdir. Şekil 7.44'te çapraz havuzlama merkezinin ve tedarikçilere uygulanacak çapraz havuzlama yönteminin harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 7.44 Çapraz havuzlama merkezinin ve tedarikçilere uygulanacak çapraz havuzlama yönteminin harita üzerinde gösterimi

### 7.3 Yalın Lojistik Sisteminin Aksiyomlarla Tasarım İlkelerine Göre Tasarımı

Döngüsel sefer – Çapraz havuzlama sistemini müşterinin isteklerine göre tasarlamayı amaçlayan bir tasarımcı için, bilimsel temellere göre hazırlanmış rehber niteliğinde kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır.

Tasarımcı açısından bakıldığında, sistemin elemanlarının belirlenmesi, anlaşılması ve tasarım amaçlarına uygun olarak kullanılması kolay değildir. Bu elemanlar arasındaki ilişkiler tasarım sürecini karmaşık hale getirir. Belirli bir elemanın seçimi, diğer elemanların seçimini kısıtlayabilir veya diğer elemanların kullanımını gerekli kılabilir. Bu çalışmada, aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre bütün bu sorunları ortadan kaldırıp tasarımcıya yardımcı olan bir rehber hazırlanmıştır. Böylece, tasarım sürecini karmaşık hale getiren tasarım parametreleri arasında bağımsızlık sağlanır. Elemanların tanımlanması bağımsızlık aksiyomuna uygun olarak sağlandığı için, tasarımcının tasarım sürecini zorlaştıran karmaşıklıklar önlenerek süreç basitleştirilmiş olur.

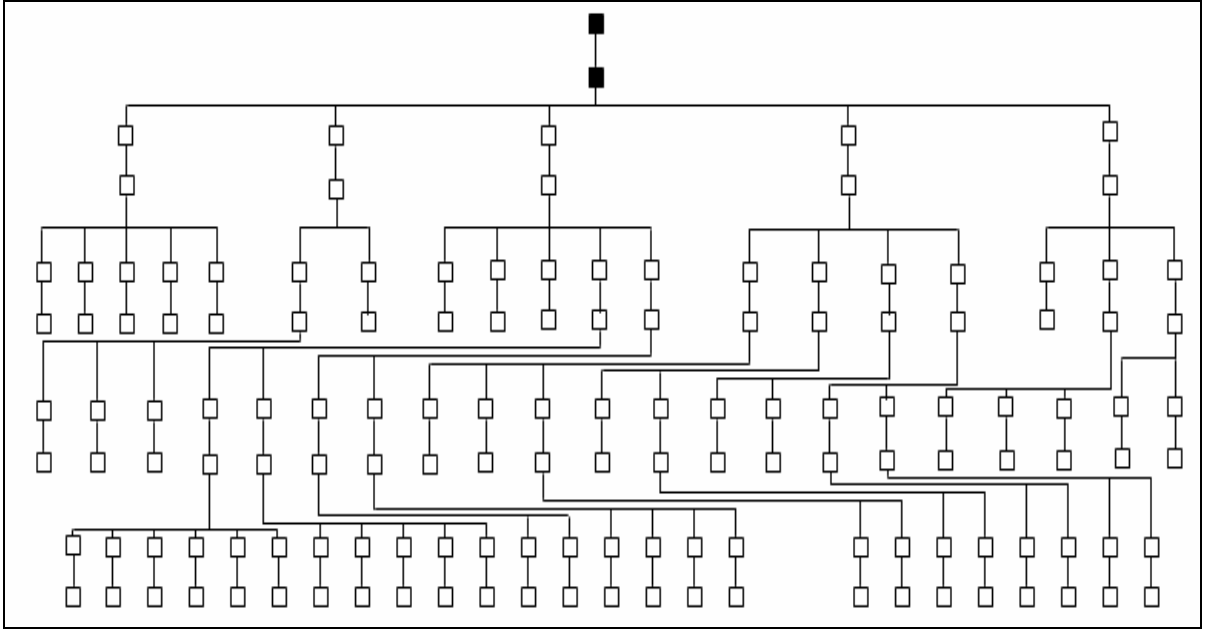
**1. Adım: Fonksiyonel Sahada Fonksiyonel İhtiyaçları (FRs) Seç:** Sisteminin tasarımında ilk adım, fonksiyonel saha içinde sistem hiyerarşisinin en üst seviyesindeki fonksiyonel ihtiyacı (FR) belirlemektir. Bu adımda birbirinden farklı bir çok fonksiyonel ihtiyaç belirlenebilir. En üst seviye için tek bir fonksiyonel ihtiyacı belirlenmeden önce, bu seviye için mümkün olabilecek tüm fonksiyonel ihtiyaçların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışmada en üst seviyedeki fonksiyonel ihtiyaç aşağıda belirtildiği gibi seçilmiştir.

FR= Müşteri isteklerini karşılayan yalın lojistik sistemini sağla

**2. Adım: Fiziksel Sahada Tasarım Parametrelerini (DPs) Seç:** Bir önceki adımda belirlenen fonksiyonel ihtiyaçlara (FRs) karşılık gelen tasarım parametreleri (DPs), fonksiyonel saha ile fiziksel saha arasında gerçekleştirilen haritalandırma işlemi ile seçilir. En uygun tasarım parametresini (DP) seçmek için, seçilen fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelebilecek tasarım parametresi ayrıntılı değerlendirme sonucunda belirlenmelidir. İlk adımda belirlenen fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen tasarım parametresi aşağıda belirtildiği gibi seçilmiştir (Şekil 7.45).

DP= Yalın lojistik sistemi tasarımı

Bir üretim sisteminin ısmarlama seri üretim yapabilme yeteneği, sistemin değişen müşteri ihtiyaçlarına ekonomik ve hızlı bir şekilde nasıl cevap verebildiği ile ölçülür. İsraflardan arındırılmış esnek bir lojistik sistemi, yalın lojistik ilkelerine sahip yapı ile ulaşılır.



Şekil 7.45 Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması

**3. Adım: Sahalar Arasında Yapılan Zikzaklarla Fonksiyonel Sahada Fonksiyonel İhtiyacın (FR) Ayrıştırılması:** İlk adımda belirlenen fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen tasarım parametresi, daha ileri düzeyde açıklık getirilmeden uygulanamıyorsa, fonksiyonel sahaya dönülerek, ilgili fonksiyonel ihtiyacın daha alt düzeyde fonksiyonel ihtiyaçlara (FRs) ayrıştırılması, aksiyomlarla tasarım ilkeleri tarafından önerilmektedir. Aşağıda belirtilen alt seviyedeki fonksiyonel ihtiyaçlar ilk adımda belirtilen fonksiyonel ihtiyacın ayrıştırılması için tanımlanmıştır.

FR1 = Farklı ve dağınık yerleşimdeki tedarikçileri yeniden organize et

FR2= Uzun mesafe ve sürekli sevkiyat için en uygun aktarım sistemini uygula

FR3= Entegre sistemin başarısı için kaynakların yeterliliklerini sağla

FR4= Olası tüm kayıpları azaltacak en iyi sistem düzenlemesini sağla

FR5= Müşteri talebine göre lojistiği sağla

**4. Adım: Fiziksel Sahada Belirlenen Fonksiyonel İhtiyaçlara (FRs) Karşılık Gelen Tasarım Parametrelerinin (DPs) Bulunması:**

En üst seviyede belirlenen fonksiyonel ihtiyacın ayrıştırılması için belirlenen alt seviyedeki fonksiyonel ihtiyaçların her birine karşılık gelen tasarım parametreleri bu adımda belirlenir. Fonksiyonel sahadan fiziksel sahaya geçilerek elde edilen tasarım parametreleri aşağıda belirtilmiştir (Şekil 7.46).

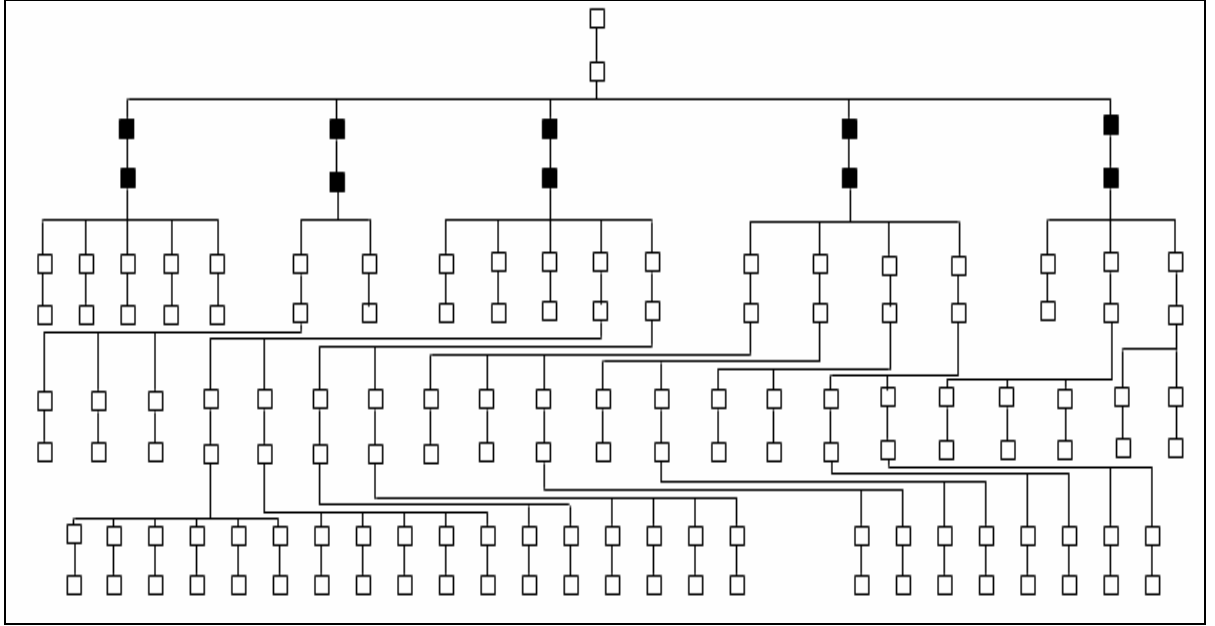
DP1 = Tedarikçi ailesi oluşturma prosedürü

DP2= Çapraz havuzlama sistemi

DP3= En uygun süreç bileşenlerini planla ve seç

DP4= Akışı esas alan organizasyon yapısı

DP5= Çekme esaslı lojistik kontrol sistemi



Şekil 7.46 Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FRn-DPn)

**5. Adım: Tasarım Matrisinin Belirlenmesi:** Bu aşamada, 3 ve 4 nolu adımlarda belirlenen fonksiyonel ihtiyaçlar ve tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi hazırlanır. Belirlenen tasarım matrisinin aksiyomlarla tasarım ilkelerinin bağımsızlık aksiyomuna uygun olması oldukça önemlidir. Tasarım matrisi, ayrık veya ayrılmış tasarım ise bağımsızlık aksiyomuna uygundur. Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıda belirtilmiştir.

$$\begin{bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \\ FR4 \\ FR5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & \\ X & X & & & \\ X & X & X & & \\ X & X & X & X & \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \\ DP4 \\ DP5 \end{bmatrix} \quad (7.11)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarım olduğundan bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen



tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Farklı ve dağınık yerleşimdeki tedarikçileri yeniden organize et:**

Tedarikçiler-merkez depo ve üreticiler arasındaki klasik taşıma sistemlerinde, tedarikçiler çeşitli gruplandırmalar çerçevesinde değerlendirilmemekte, daha fazla ve daha az dolu araçlarla, daha uzun taşıma süreleriyle ve daha fazla mesafe yapılmasından dolayı daha maliyetli ve müşteri içi daha pahalı taşıma gerçekleştirilmektedir. Daha etkin ve kayıpsız taşımanın sağlanabilmesi açısından dağınık lokasyonlarda bulunan tedarikçilerin döngüsel sefer felsefesine göre gruplandırılması ve taşımanın gerçekleştirilmesi önemli boyutlarda kazanç sağlamaktadır.

Sürekli sevkiyat, tedarikçilere ayrı ayrı araç gönderilerek gerekli parçaların toplanması yerine, öncesinde bölgelere ayrılmış tedarikçi gruplarından belirli rotalar ve sıralarda mümkün olduğunca en az araçla parça toplama işleminin gerçekleştirilmesidir. Otomotiv sanayinde Toyota ile başlayan kanban sisteminin en önemli ayağı sıkça yapılan sevkiyatlardır. Stoğu düşürmek ve sevkiyat-üretim uyumunu en üst düzeye çıkarmak için sevkiyat sıklığının mümkün olduğunca fazla olması gerekmektedir. Tedarik ve tüketimin gerçek zamanlı çalışması için imalatçıdan mümkün olduğunca fazla seferde malzeme alımı gerekmektedir. Bu sebeple otomotiv fabrikaları hacme göre en yüksek sayıda sevkiyatla günlük hatta saatlik mal alımını hedeflemektedir.

Günlük veya saatlik sevkiyatlar için otomobil üreticileri kendi organize ettikleri kamyonlarla imalatçıları dolaşarak, istenen sıklığa göre gereken miktarda malzemeyi toplayıp üretimine yetiştirmek istegindedir. Bu sebeple hacme göre hesaplanan günlük kamyon ihtiyacı kadar seferde belirli bir rota üzerinde dolaşan kamyon her uğradığı imalatçıdan istenen kadar malzeme alır. Otomotiv sanayinde bu tip kamyon taşımaya “döngüsel sefer” adı verilmektedir. Döngüsel sefer’in çalışma mantığı kamyonun belirli saatlerde imalatçıları dolaşıp sevkiyat sıklığının gerektirdiği kadar malzemeyi toplamasına dayanır. Kamyon aynı saatlerde yola çıkıp sürekli aynı rotayı takip ederek imalatçıları sırayla dolaşmaktadır. İmalatçılara kanban veya sipariş yoluyla bildirilen kadar malzemeleri toplamaktadır.

#### **FR1’in Ayrıştırılması:**

“Farklı ve dağınık yerleşimdeki tedarikçileri yeniden organize et” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR1) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP1 (tedarikçi ailesi oluşturma prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.47):

FR11= Tedarikçi yerleri ile müşteri talepleri arasındaki ilişkiyi belirle

FR12= Taşınacak ürün miktarı yüksek olan tedarikçileri sırala ve sınıflandır

FR13= Aynı müşteriye hizmet eden veya mesafe yakınlığı olan tedarikçileri ayır

FR14= Nihai tedarikçi ailesini belirle

FR15= Ailelerin performansını ölç

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR1x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP1x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

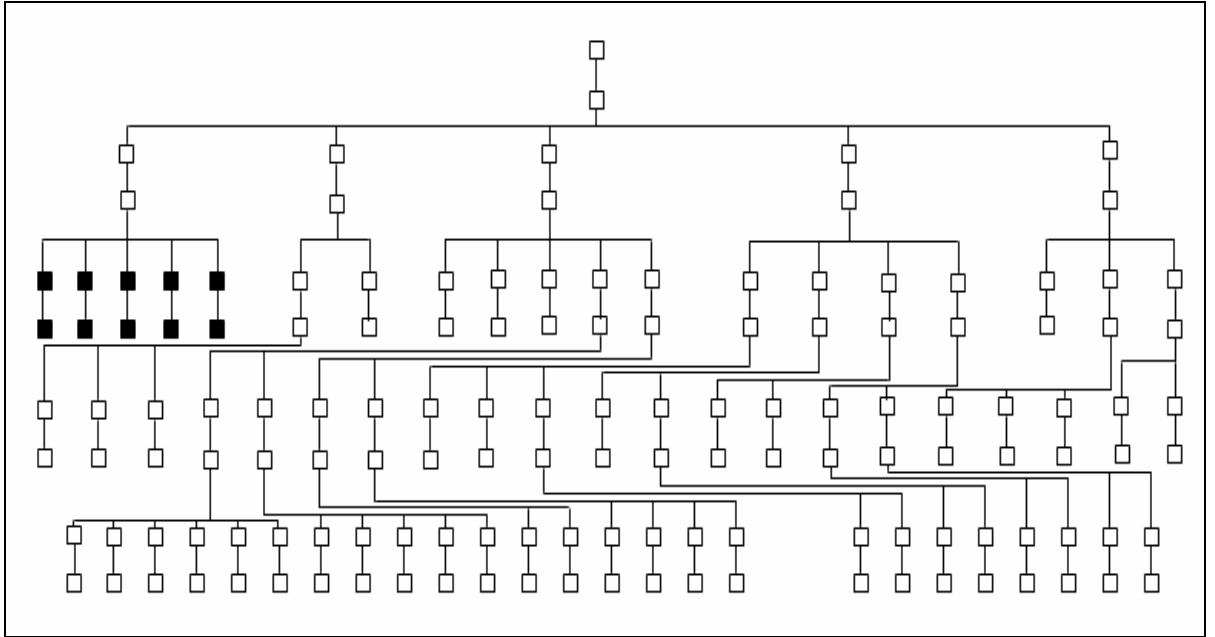
DP11= Tedarikçi-Müşteri ilişki matrisi

DP12= Taşıma ve talep yükü analizi

DP13= İlişki ve mesafe matrisi esaslı en uygun gruplandırma yöntemi

DP14= Taşıma yükü-mesafe-maliyet analizi

DP15= Fayda-Maliyet analizi



Şekil 7.47 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR11n-DP11n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR11 \\ FR12 \\ FR13 \\ FR14 \\ FR15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & \\ X & X & & & \\ X & X & X & & \\ X & X & X & X & \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP11 \\ DP12 \\ DP13 \\ DP14 \\ DP15 \end{bmatrix} \quad (7.12)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarım olduğundan bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Tedarikçi yerleri ile müşteri talepleri arasındaki ilişkiyi belirle:**

Sürekli sevkiyat sisteminde, araçlar ayarlanarak tedarikçilere gidilir. Amaç sık ve karışık sevkiyat almaktır. Gerçekleştirilecek olan sevkiyatlar için yapılacak olan planlamalar, aynı müşteriye ürün sağlayan tedarikçilere veya farklı müşterilere hizmet sağlayan ancak lokasyonları birbirine yakın bulunan tedarikçilere göre gerçekleştirilebilir, dolayısıyla öncelikli olarak taşıma planlamasının doğru olarak belirlenebilmesi, doğru güzergahların ve araç kapasitelerinin tayin edilebilmesi için tedarikçiler ile müşterileri ve talepleri arasında ilişki matrisinin belirlenmesi gerekmektedir.

#### **Taşınacak ürün miktarı yüksek olan tedarikçileri sırala ve sınıflandır:**

Tedarikçi lokasyonları ile müşteri talepleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinden sonra müşteriler için tedarikçilerden yapılacak olan sevkiyatlar için talep yükünün ve dolayısıyla taşıma kapasitesinin doğru olarak belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizler neticesinde hangi tedarikçiden ne sıklıkla ve hangi hacimde malzeme çekimi yapılacağı ve yaklaşık olarak talep dalgalanmalarının da tespit edilmesiyle olabilecek talep değişikliklerinin nasıl dengeleneceği ve optimum olarak nasıl planlanacağı konuları netlik kazanmaktadır.

#### **Aynı müşteriye hizmet eden veya mesafe yakınlığı olan tedarikçileri ayır:**

Tedarikçi lokasyonları ile müşteri talepleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile taşıma ve talep yükü analizinin yapılmasından sonra elde edilen bilgiler doğrultusunda ilişki ve mesafe matrisi esaslı en uygun kümelendirme için ön çalışma gerçekleştirilebilir. Sürekli sevkiyat, iş modeline ve müşterilerin coğrafi konumuna bağlı olarak günlük veya haftalık olabilir. Optimal döngüsel sefer yolunu belirlemek için tedarikçilerin uygun olarak gruplandırılarak sevkiyat güzergahlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

#### **Nihai tedarikçi ailesini belirle:**

Aynı müşteriye hizmet eden veya mesafe yakınlığı olan tedarikçilerin gruplandırılması için

yapılan ön çalışmanın ardından elde edilen sonuçların taşıma yükü, müşteri talebi, mesafe ve maliyet kriterleri açılarından analiz edilmesi ile nihai tedarikçi gruplandırması sağlanmalıdır.

#### **Ailelerin performansını ölç:**

Nihai tedarikçi gruplandırmasının sağlanması ve bu doğrultuda döngüsel sefer sevkiyatlarının gerçekleştirilmesinin sağlanmasından sonra dikkat edilmesi gereken nokta müşteri talepleri doğrultusunda tedarikçilerin değiştirilmesi, başka tedarikçilerle çalışılması veya aynı tedarikçinin tesisini farklı lokasyonlara taşıması durumlarının değerlendirilmesidir. Olası söz konusu durumlarda lokasyon değişikliğinin sisteme ve ilişki matrislerine dahil edilmesi, yeni lokasyonlara göre sevkiyatlar için araç rotalarının planlanması gerekmektedir. Bu amaçla değişiklikler neticesinde optimum rota ve maliyetin sağlanabilmesi için gruplandırmanın da sürekli optimum olarak sağlaması gerekmektedir. Optimal sürekli sevkiyat yolunu belirlemek için ihtiyaç duyulan araçlar, bir harita ve müşteriler ile siparişlerin nakliye zamanlarına göre bir listesidir. Karmaşık durumlarda sürekli sevkiyatları optimize etmek için yazılımlar mevcuttur, fakat küçük operasyonlar için “Excel” ve “MapQuest” kullanılabilir.

#### **Uzun mesafe ve sürekli sevkiyat için en uygun aktarım sistemini uygula:**

Önceki adımda tedarikçilerden ürünleri en etkin biçimde toplanması amacıyla döngüsel sefer sisteminin başarıyla uygulanabilmesi için en iyi tedarikçi gruplandırmasından bahsedilmiştir. Tedarikçi gruplandırmasının ve döngüsel sefer ile sevkiyatın başarıyla gerçekleştirilmesinden sonra müşteri lokasyonlarının uzun mesafede olması nedeniyle uygun bir aktarım sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Müşteri talebinin belirli bir hacimin üzerinde olması ve talebin sürekli gerçekleşmesi durumlarında daha yüksek performans ve düşük maliyet sunan, gelen ürünlerin müşteri bazında gruplandırıldığı ve 24 saat içinde sevkiyata hazırlandığı çapraz sevkiyatlama sistemi kullanılmalıdır.

#### **FR2'nin Ayrıştırılması:**

“Uzun mesafe ve sürekli sevkiyat için en uygun aktarım sistemini uygula” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR2) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP2 (çapraz havuzlama sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.48):

FR21= Belirlenen ölçütlere göre en uygun çapraz havuzlama yerini seç

FR22= Çapraz havuzlama merkezi donanımını belirle

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR2x) karşılık gelen tasarım parametreleri (DP2x)'de aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

Ambarlamanın ana fonksiyonları olan temin etme, depolama, talep toplama ve göndermeden özellikle depolama ve talep toplama (order picking) fonksiyonlarının maliyetleri yüksektir. Depolamada envanter bulundurma maliyetleri, talep toplamada ise gerektirdiği yoğun çalışmalar sonucu ortaya çıkan yüksek maliyetler söz konusudur. Çapraz havuzlama bu fonksiyonlardan temin etme ve gönderme fonksiyonlarının devam etmesini sağlarken depolama ve talep toplama fonksiyonlarını elimine eden bir lojistik tekniğidir. Çapraz havuzlama sisteminin ortaya attığı fikir, taşınacak ürünleri gelen römorklardan giden römorklara arada depolama yapmadan transfer etmektir. Çapraz havuzlama sistemiyle

yollamalar 24 saatten az bir zamanda hatta bazen bir saatten az bir zamanda gerçekleştirilebilmektedir.

Dolayısıyla çapraz havuzlama sistemi önemli bir yalın lojistik tekniği olmakla beraber lokasyonunun seçimi, uzun mesafe sevkiyatlarda inbound (geliş) ve outbound (çıkış) lojistiği maliyetlerini azaltma açısından önemli ve stratejik bir çalışma konusudur.

#### FR21'nin Ayırıştırılması:

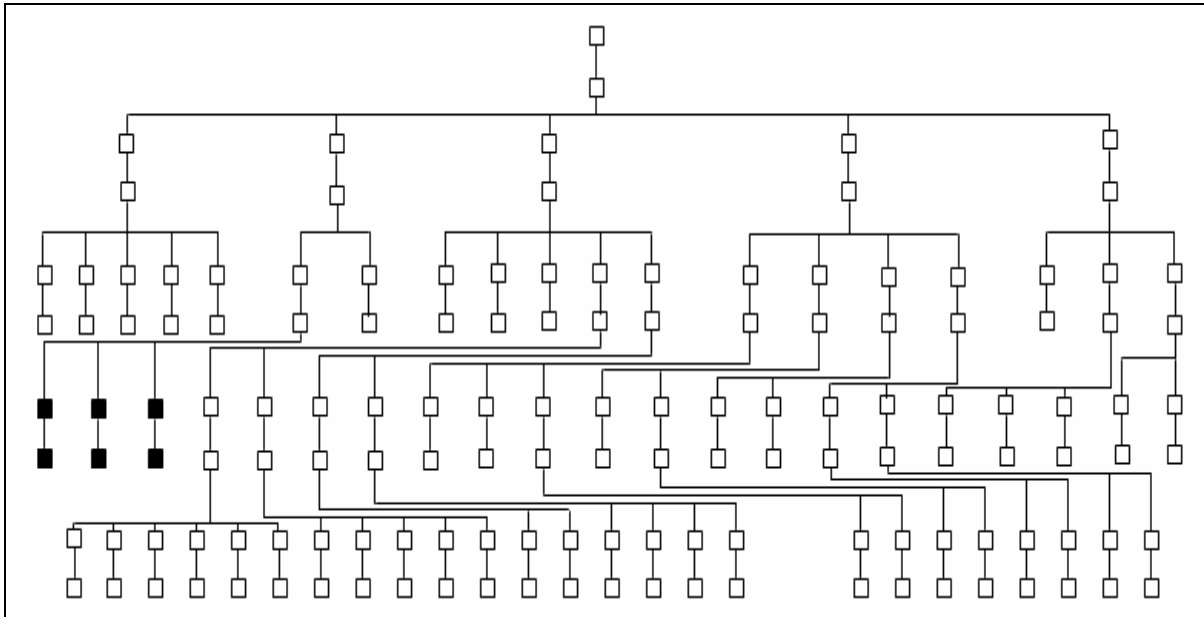
“Belirlenen ölçütlere göre en uygun çapraz havuzlama yerini seç” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR21) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP21 (yer seçim prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayırıştırılmıştır (Şekil 7.49):

FR211= Müşteri talebini esnek bir şekilde karşılayacak taşımayı yap

FR212= En uygun yer seçim alternatiflerini belirle

FR213= Yüksek etkinlikte taşımayı sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR21x) karşılık gelen tasarım parametreleri (DP21x)'de aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:



Şekil 7.49 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayırıştırılması (FR21n-DP21n)

DP211= Seçilen yer seçim ölçütleri

DP212= Belirlenen parametreler

DP213= Alternatiflerin arasından çok ölçütlü karar verme yöntemiyle seçim

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR211 \\ FR212 \\ FR213 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP211 \\ DP212 \\ DP213 \end{bmatrix} \quad (7.14)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Müşteri talebine uygun hızı sağlayacak taşıma sağlama:**

Tedarikçilerden belirli bir sıklıkta ve hacimde döngüsel sefer sistemi ile toplanan ürünlerin getirileceği ve aktarımı yapılacağı çapraz havuzlama lokasyonunun müşteriye istenilen zamanda ürünlerin ulaştırılmasını sağlayacak ve diğer yandan inbound lojistik süreçlerini de geciktirmeyecek özellikte olması gerekmektedir. Bu nedenle lokasyon seçiminde müşteri malzeme talebi parti büyüklüğü ve sıklığına ilişkin parametreler üzerinde analiz yapılarak, inbound ve outbound lojistik süreçlerinin zamanında yapılmasını sağlayacak uygun lokasyon belirlenmelidir.

#### **En uygun yer seçim alternatifleri belirle:**

Inbound ve outbound süreçlerinde zamanlamayı optimum kılacak parametrelerden sonra diğer önemli bir konu da müşteri ile tedarikçilere giden ulaşım ve aktarım yollarına yakın olunmasını sağlayacak parametrelerdir. Bu noktada müşteri ve tedarikçilere hızla ulaşılmasını sağlayacak ana ulaşım yollarına, deniz yollarına, limanlara ve gümrük noktalarına yakın olunması avantaj sağlayacaktır.

#### **Yüksek etkinlikte taşımayı sağla:**

Müşteri talebine uygun hızı sağlayacak lokasyon parametrelerinin, müşteri ile tedarikçilere giden ulaşım ve aktarım yollarına yakınlık sağlayan kriterlerin ve nitelikli çalışan bulabilme özelliklerinin analiz edilmesinden sonra bulunan alternatif lokasyonların, fayda-maliyet analizine tabi tutulması neticesinde en hızlı ve düşük maliyetli taşımayı sağlayacak olan lokasyonun seçimi gerçekleştirilmelidir.

#### **Çapraz havuzlama merkezi donanımını belirle:**

Inbound ve outbound taşıma maliyetlerinin azaltılması amacıyla çapraz havuzlama merkezi için en uygun lokasyonun seçilmesinin sağlanmasından sonra çapraz havuzlama merkezindeki

ürünleri, gelen römorklardan giden römorklara arada depolama yapmadan transfer etmek için gerekli donanımların ürün hacimleri, kamyon özellikleri ve ilgili olabilecek diğer parametreler doğrultusunda belirlenmesi gerekmektedir.

#### **Entegre sistemin başarısı için kaynakların yeterliliklerini sağla:**

Ana süreç belirlendikten sonra, bu sürecin etkin olarak işleyebilmesi için kaynaklarının uygun bir şekilde planlanması ve seçilmesi tasarımcılar açısından zor bir karardır. Tasarımcının makine, malzeme taşıma yöntemi/sistemi ve işgücü gibi kaynaklarını gerçekleştirilecek hizmetin özelliklerine uygun olarak planlaması ve seçmesi ileride sistemin işleyişi aşamasında karşılaşılabilecek bir takım sorunları önleyebilmesi açısından son derece önemlidir.

#### **FR3'ün Ayrıştırılması:**

“Entegre sistemin başarısı için kaynakların yeterliliklerini sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR3) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP3 (en uygun süreç bileşenlerini planla ve seç) birlikte değerlendirilerek, aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.50):

FR31= İş yüküne göre kaynak ihtiyaçlarını ve özelliklerini belirle

FR32= Alternatifler arasından en uygun araçları belirle

FR33= Alternatifler arasından uygun bilişim sistemini belirle

FR34= Nitelikli insan kaynağını sağla

FR35= Müşteriye yönelik hedeflerden sapmaları en aza indir

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR3x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP3x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP31= En optimum kaynak planlaması

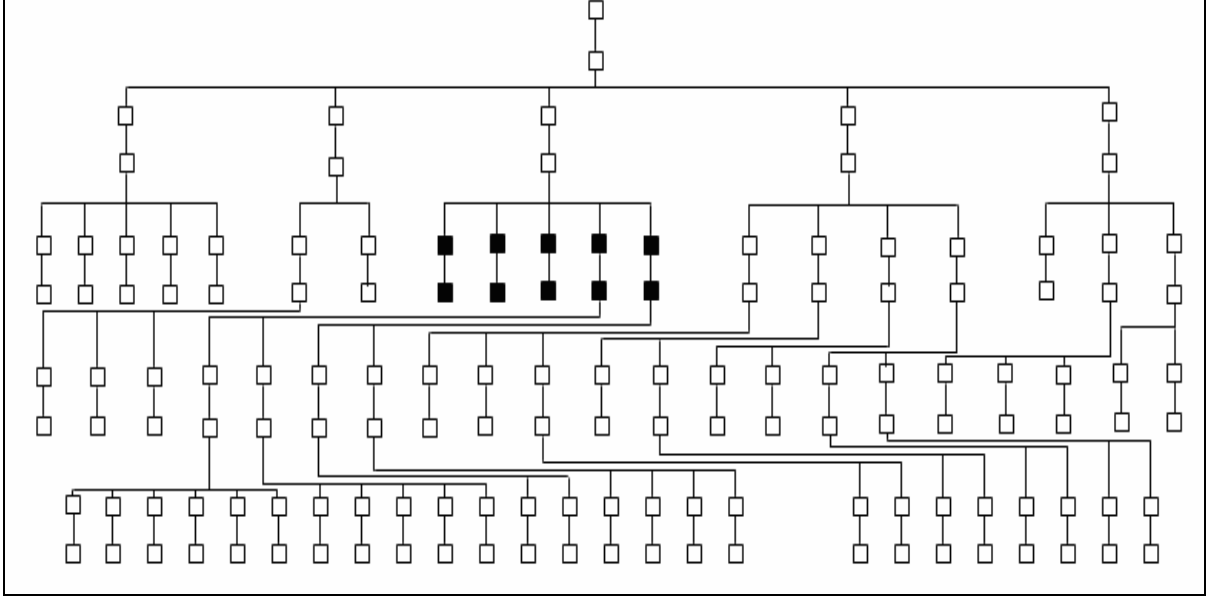
DP32= Çok ölçütlü karar verme yöntemi

DP33= İhtiyaçlara göre belirlenen koordinasyon parametreleri

DP34= Personel seçim-eğitim prosedürü

DP35= Etkin yönetim modeli





Şekil 7.50 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması(FR3n-DP3n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR31 \\ FR32 \\ FR33 \\ FR34 \\ FR35 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & \\ X & X & & & \\ X & 0 & X & & \\ X & X & X & X & \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP31 \\ DP32 \\ DP33 \\ DP34 \\ DP35 \end{bmatrix} \quad (7.15)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

### İş yüküne göre kaynak ihtiyaçlarını ve özelliklerini belirle:

Son zamanlarda rekabet koşulları, müşteri istekleri doğrultusunda hizmet-üretim sağlayabilen sistemlerin tasarlanmasını gerektirir. Müşterinin belirlediği ve istediği hizmet performansının sağlanabilmesi için öncelikle iş yükünün doğru olarak belirlenmesi ve analizi edilmesi gerekmektedir. İş yükü çalışmalarının geçerli olabilmesi için tüm müşterilere ait verilerin analiz edilmesi, gelecekte çalışılabilecek tüm müşteriler de göz önüne alınarak talep davranışları belirlenmelidir. Bu verilerin belirlenmesinden sonra kaynak ihtiyaçları müşteri taleplerine uygun olarak belirlenebilir.

### **Alternatifler arasından en uygun araçları belirle:**

İş yüküne bağlı olarak kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesi çalışmasının yapılmasından sonra, taşıma faaliyetlerinde en önemli bileşenlerden olan araçlara ilişkin kriterler üzerinde analiz yapılmalıdır. Bu noktada gerekli araç sayısının ile hacminin analizi ve temin edilmesinin sağlanması gerekmektedir. Taşıma sistemi için en uygun araçların farklı özelliklere sahip aday araçlar arasından seçilmesi, gelecekte ortaya çıkabilecek teslimat, maliyet ve esneklik ile ilgili sorunların önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Araçların alternatifler arasından seçilmesinde çok ölçütlü karar verme yaklaşımı kullanılarak, sistem başarısını etkileyebilecek tüm parametrelerin değerlendirmeye alınmasıyla risklerin azaltılması amaçlanmaktadır. Literatürde çeşitli çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilen seçim çalışmaları mevcuttur.

### **Alternatifler arasından uygun bilişim sistemini belirle:**

Ana sanayi ile lojistik sağlayıcısı (LLP) arasındaki ve lojistik sağlayıcı şirket ile yan sanayi arasındaki bilgi akışı, genellikle lojistik sağlayıcı şirket tarafından geliştirilen bir yazılım üzerinden gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra ana sanayi ile yan sanayi arasında da EDI (Electronic data Interchange-Elektronik Veri Değişimi) yardımıyla bilgi akışı sağlanmaktadır. Genellikle sistem dahilinde, teslim gününden bir gün önce tedarikçiden gelen bilgiye göre malzemeler alınır. Malzemeler depoda konsolide edilir. Teslim günü depodan hareketle ana sanayiye sevkiyat yapılır. Eğer acil bir durum varsa saatlik sevkiyatlar da gerçekleştirilebilir. Ana sanayide boşaltma gerçekleşir ve boş ambalajlar için süreç tersine işletilir.

Dolayısıyla lojistik sağlayıcı şirketin malzeme akışını başarılı bir biçimde takip edebilmesi ve yönlendirmesi için gerekli bilişim yapısının öğelerinin doğru analizlerle tespit edilmesi ve bilişim altyapısının kurulması gerekmektedir.

Yüksek taşıma performansının sağlanabilmesi için müşteri talepleri, tedarikçi üretim durumu ve sevkiyat performansı kriterlerinin takip edilebilmesi amacıyla kurulacak olan bilişim sisteminde en önemli başarı performansı ölçütü, döngüsel sefer - çapraz havuzlama entegre sisteminin işletilmesinde olduğu gibi kompleks yapıların yüksek koordinasyon ve bilgi akışını sağlayabilecek bir yapıya sahip olmasıdır. Bunun için sistemin yapısına uygun ERP veya GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlandırma Sistemi), sistemlerinin ve entegrasyonunun parametrelerinin detaylı analizlerle belirlenmesi ve söz konusu parametrelere uygun atamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

### Nitelikli insan kaynağını sağla:

Döngüsel sefer-çapraz havuzlama entegre sisteminin başarıya ulaşmasında en önemli unsur personel olacaktır. Gerekli planlamayı, koordinasyonu, bilgi akışını, sevkiyatı ve bütün prosesleri işletecek olan gerekli özelliklere sahip personelin “doğru işe doğru personel” mantığıyla temin edilmesi ve fonksiyonların başarıyla yerine getirilmesinde ön koşulları sağlayan personelin, işin gerektirdiği kriterleri ve özellikleri edinebilmesi için de gerekli olan becerilere sahip olması amacıyla ilgili eğitimlerin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle personel temini ve personel eğitimi ayrı başlıklarda incelenecek ve açıklanmasına çalışılacaktır.

“Nitelikli insan kaynağını sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR34) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP34 (personel seçim-eğitim prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.51):

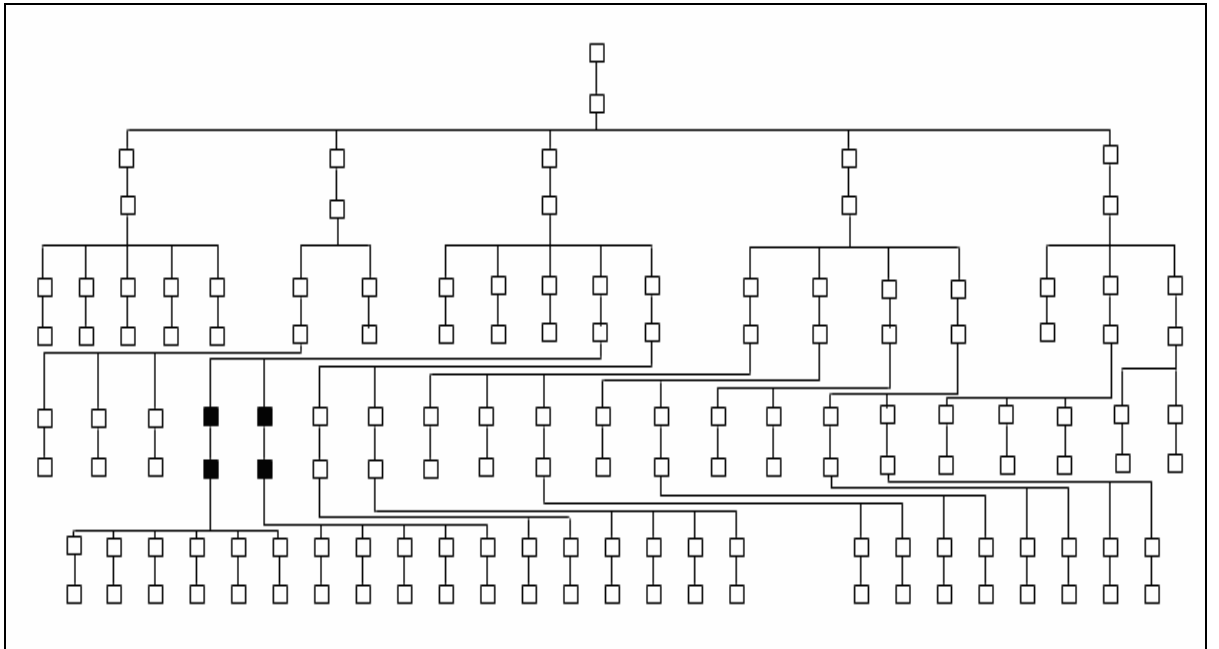
FR341= Ölçütlere göre insan kaynağını seç

FR 342= Personelin yeteneği ve aklından mümkün olduğunca yararlanmayı sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR34x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP34x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP341= Personel seçim prosedürü

DP342= Beceri geliştirme prosedürü



Şekil 7.51 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR34n-DP34n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR341 \\ FR342 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP341 \\ DP342 \end{bmatrix} \quad (7.16)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

### **Ölçütlere göre insan kaynağını seç:**

Fonksiyonel görevlerin yerine getirilmesinde işlerin gerektirdiği kriterlerin tespit edilmesinden sonraki aşama, belirlenen kriterlere uygun personelin tayin edilmesidir. Personel belirleme süreci her sektör ve firmada farklılık göstermekle beraber her sektör ve firmanın kendine özgü uygun personeli seçme süreçleri ve personel seçim prosedürleri mevcuttur. Döngüsel sefer-çapraz havuzlama entegre sisteminde gerekli personelin temin edilmesi sürecinde planlanan ve uygulanacak olan personel seçim prosedürü detaylı olarak açıklanacaktır.

“Ölçütlere göre insan kaynağını seç” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR341) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP341 (personel seçim prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.52):

FR3411= Fonksiyonları oluşturan süreçleri belirle

FR3412= İşin gerektirdiği ölçütleri bul

FR3413= İşe ve gerekli yetkinliklere göre ihtiyaç duyulan personel sayısını belirle

FR3414= Mevcut personelin yetkinliğine ve işin ihtiyaçlarına göre atamalarını yap

FR3415= Dışarıdan görüşülen adayların yetkinlik analizini yap

FR3416= En son çalışma organizasyonunu kur

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR341x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP341x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP3411= İş analizi

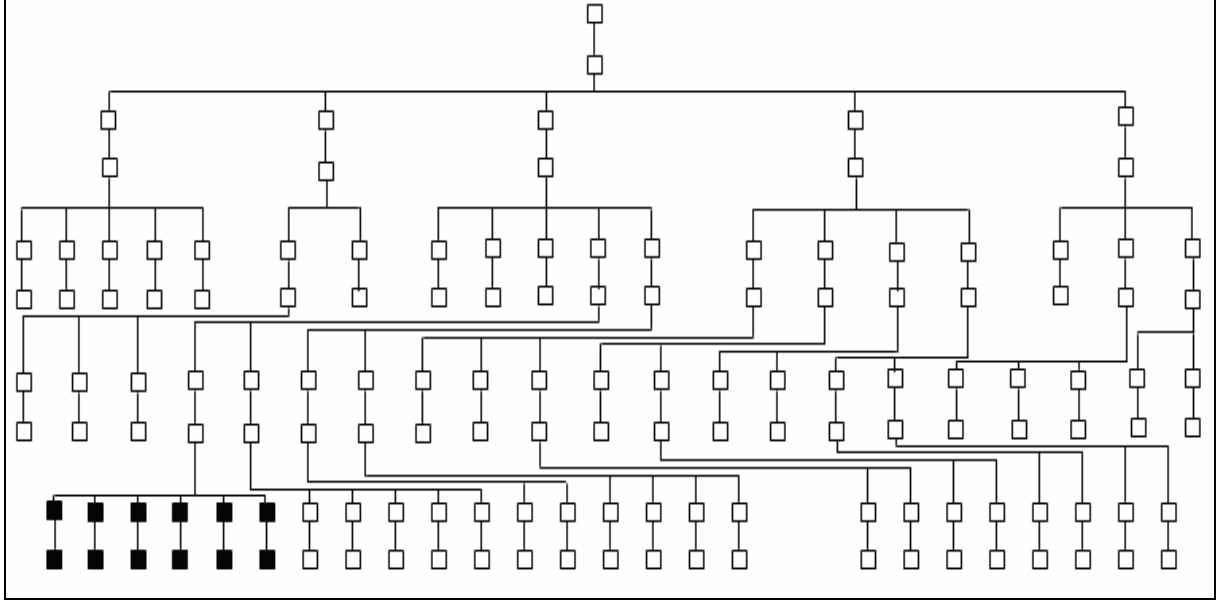
DP3412= Tesbit edilen yetkinlik analizi

DP3413= İş yükü analizi

DP3414= Yeni işlere atanan personel

DP3415= Aday-Fonksiyon beceri matrisi

DP3416= Atanan nihai personel



Şekil 7.52 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR341n-DP341n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR3411 \\ FR3412 \\ FR3413 \\ FR3414 \\ FR3415 \\ FR3416 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & & \\ X & X & & & & \\ X & X & X & & & \\ X & X & X & X & & \\ X & X & X & X & X & \\ X & X & X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP3411 \\ DP3412 \\ DP3413 \\ DP3414 \\ DP3415 \\ DP3416 \end{bmatrix} \quad (7.17)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### Fonksiyonları oluşturan süreçleri belirle:

Personelin temin edilmesi sürecinde personel ihtiyacı olan süreçlerin tespit edilmesi ilk adımı oluşturmaktadır. Bu nedenle öncelikli olarak detaylı bir süreç analizi yapılmalı, süreçlerin performansına ilişkin çalışmalarda bulunulmalı ve personel ihtiyacı duyulan noktaların belirlenmelidir.

### **İşin gerektirdiği ölçütleri bul:**

Personelin bilimsel temellere dayanılarak işe alınabilmesi için önceden, başvuranların durumlarının karşılaştırılmasını sağlayacak bazı standartların belirlenmesi gerekir. Bu standartlar herhangi bir kişinin işe alınabilmesi için sahip olması gereken asgari koşul ve nitelikleri belirler. Bu koşul ve niteliklerin belirlenmesinde personelin işe alınacağı pozisyonların incelenmesi ve gerekliliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için de ilgili süreçlerin “iş analizi”ne tabi tutulması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

### **İşe ve gerekli yetkinliklere göre ihtiyaç duyulan personel sayısını belirle:**

İş yükü analizi belirli bir süre içinde belirli bir işin yapılması için gerekli personel sayısının belirlenmesini sağlar. Sistemin başarılı olarak işleyebilmesi için süreçlerdeki gerekli iş yüklerinin dolayısıyla personel ihtiyacının yerine getirilmesi gerekmektedir.

### **Mevcut personelin yetkinliğine ve işin ihtiyaçlarına göre atamalarını yap:**

İş analizi ve iş yükü tespiti kapsamında elde edilen veriler neticesinde belirlenen gerekli personelin niteliklerine ve sayısına uygun atamaların yapılmasında, firma kültürüne sahip ve benzer pozisyonlarda daha önce çalışmış olan firma içindeki çalışanların öncelikli olarak değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Bu, süreçlerin hızlı bir biçimde yerine oturmasını ve istenen performansın yakalamasını sağlayacaktır. Mevcut personelin yetkinlikleri tarafından doldurulamayan pozisyonlar için firma dışından atamalar gerçekleştirilmelidir.

### **Dışarıdan görüşülen adayların yetkinlik analizini yap:**

Mevcut personelin, pozisyonlar için belirlenen çalışan kriterlerine uygun olmaması durumunda, firma dışından personel temin etme yoluna gidilmelidir. Bu noktada önceki adımlarda belirlenen, pozisyonlara ilişkin yetkinlik kriterlerine uygun personel tespit edilmelidir. Dolayısıyla görüşülen personelin yetkinliklerinin belirlenmesi gerekmektedir ve işin gerektirdiği kriterlere uygun olup olmadığının analizi yapılmalıdır.

### **En son çalışma organizasyonunu kur:**

Önceki adımda yetkinlikleri belirlenen personel adayları içinden, pozisyonların kriterlerine uygun olan ve ön koşulları sağlayan kişilerin pozisyonlara atamaları nihai personel atama planı çerçevesinde gerçekleştirilir.

### **Personelin yeteneği ve aklından mümkün olduğunca yararlanmayı sağla:**

Entegre sistemin fonksiyonel adımlarında başarının sağlanabilmesi için gerekli personelin temin edilmesi tek başına yeterli olamamaktadır. Ön kriterleri sağladığından dolayı seçilerek,

firmada kendisine görev verilen personelin sistemin bütününe hızla adapte olabilmesi, eksik noktalarını tamamlayarak fonksiyonel görevini başarıyla yerine getirebilmesi ve yeteneklerinden en üst düzeyde yararlanarak yüksek motivasyonun sağlanabilmesi amacıyla her personel için insan kaynakları tarafından gerekli eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi ve temin edilmesi gerekmektedir.

“Personelin yeteneği ve aklından mümkün olduğunca yararlanmayı sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR342) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP342 (beceri geliştirme prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.53):

FR3421= Eğitim ihtiyaçlarını belirle

FR3422= Eğitim kaynağını tespit et

FR3423= Eğitimin planlanması

FR3424= Eğitimin fiziksel verimliliğini sağla

FR3425= Eğitim performansını ölç

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR342x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP342x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

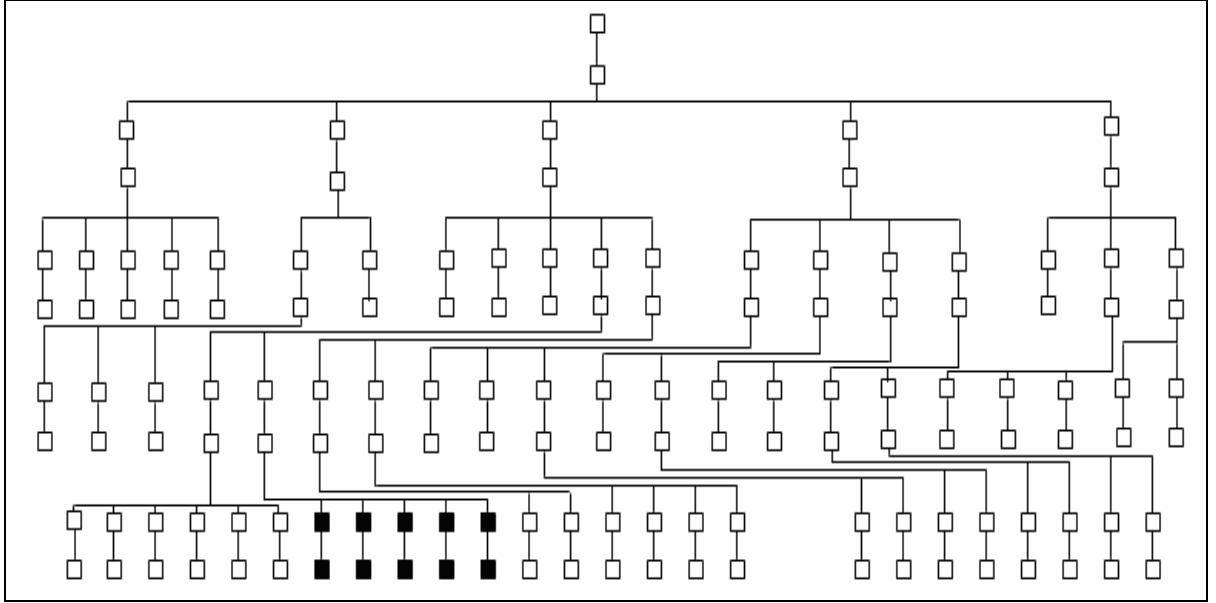
DP3421= Personel-Eğitim ilişki matrisi

DP3422= Eğitim kaynağı belirleme prosedürü

DP3423= Oluşturulan eğitim çizelgesi

DP3424= Eğitim yeri belirleme prosedürü

DP3425= Anket tasarımı



Şekil 7.53 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR342n-DP342n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR3421 \\ FR3422 \\ FR3423 \\ FR3424 \\ FR3425 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & \\ X & X & & & \\ X & X & X & & \\ X & X & X & X & \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP3421 \\ DP3422 \\ DP3423 \\ DP3424 \\ DP3425 \end{bmatrix} \quad (7.18)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi, ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### Eğitim ihtiyaçlarını belirle:

Farklı taşıma sistemi ilkelerine alışkın olan veya hiç sektör tecrübesi olmayan tüm elemanlara yeni sistemin getirdiği bütün ilkeleri öğretmek uygulamanın başarısı açısından oldukça kritiktir. Uygulamanın başarıya ulaşması için, yeni felsefenin ve ilkelerinin benimsetilmesi zorunludur. Bu nedenle amaçlar doğrultusunda tüm çalışanların eğitim ihtiyaçlarını belirlemek ve bu ihtiyaçları karşılayan çok amaçlı eğitim programları hazırlamak gerekir.

#### Eğitim kaynağını tespit et:

Eğitim ihtiyacının belirlenmesinden sonra ilk yapılması gereken eğitimi verecek dinamik eğitim kaynağının saptanmasıdır. Bu ihtiyaç danışmanlık kuruluşları, firma içi ya da firma



dışından konusunda uzman bireyler ve üniversiteler aracılığı ile ulaşılan nitelikli eğitimcilerce karşılanır. Belirlenen eğitimci(ler), eğitimin etkinliğinin sağlanması için çeşitli kapsamlar çerçevesinde eğitimi alacak kişi sayısı ve bu kişilerin eğitim sürelerini (zaman ve işgücü dengelemesi) belirleyecektir.

### **Eğitimin planlanması:**

Belirlenen eğitimci(ler)'in, eğitimin etkinliğinin sağlanması için çeşitli kapsamlar çerçevesinde eğitimi alacak kişi sayısı ve bu kişilerin eğitim sürelerini (zaman ve işgücü dengelemesi) belirlemesinden sonra, mavi ve beyaz yakalıların eğitim çizelgeleri oluşturulacak ve ardından öncelikli ihtiyaca göre (departman, yaş, çalışan sayısı vs.) hazırlanacak seçim prosedürü ile eğitime katılacak kişiler belirlenecektir.

### **Eğitimin fiziksel verimliliğini sağla**

Eğitimin fiziksel verimliliğinin sağlanması en uygun mekanın seçimi anlamına gelmektedir. Seçim; maliyet, mekan (şirket içi ya da otel vb. şirket dışı yerler), uygulamalı çalışma (bilgisayar sayısı gibi teknik donanım), katılacak kişi sayısı, telefon/ses yoğunluğu, aydınlatma (konsantrasyon sorunu) gibi saptanan kriterlere göre yapılır.

### **Eğitim performansını ölç:**

En son aşamada, daha önce belirlenen çizelge, kapsam ve mekan bir araya getirilerek (eğitim organizasyonu) eğitim yapılır. Eğitimlerin sonunda eğitimin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından çeşitli anketler yapılabilir, öneriler alınarak mevcut eğitim sisteminin bileşenleri üzerinde iyileştirmeler sağlanabilir.

### **Müşteriye yönelik hedeflerden sapmaları en aza indir:**

Entegre sistemin başarısı için kaynakların yeterliliklerinin sağlanması amacıyla gerçekleştirilmesi gereken bir diğer hedef de, müşteriye yönelik hedeflerden sapmaların en aza indirilmesidir. Bu aşamada, buraya kadar gerçekleştirilen adımlarla elde edilen entegre sistemin ana bileşenlerinin etkin olarak müşteri hedefleri doğrultusunda birlikte çalıştırılmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

“Müşteriye yönelik hedeflerden sapmaları en aza indir” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR35) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP35 (etkin yönetim modeli) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.54):

FR351= Birlikte çalışabilme yeteneğini geliştir

FR352= Gelişme sağla



günlük davranışları belirleyerek sosyal yaşamda neyin izin verilebilir, neyin izin verilemez olduğunu gösterir.

Çalışanlara gösterilen saygı ve verilen değer tamamıyla firmaların sahip olduğu kültüre bağlıdır. Bu nedenle yöneticiler çalışanları motive edecek organizasyon kültürüne ulaşmak için gerekli yöntemleri araştırıp geliştirmek zorundadır.

Birlikte çalışabilme yapısına sahip bir firma kültüründe daha etkin yönetim sağlanabilir ve bu da müşteriye yönelik hedeflerden sapmaları azaltır.

“Birlikte çalışabilme yeteneğini geliştir” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR351) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP351 (firma kültürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.55):

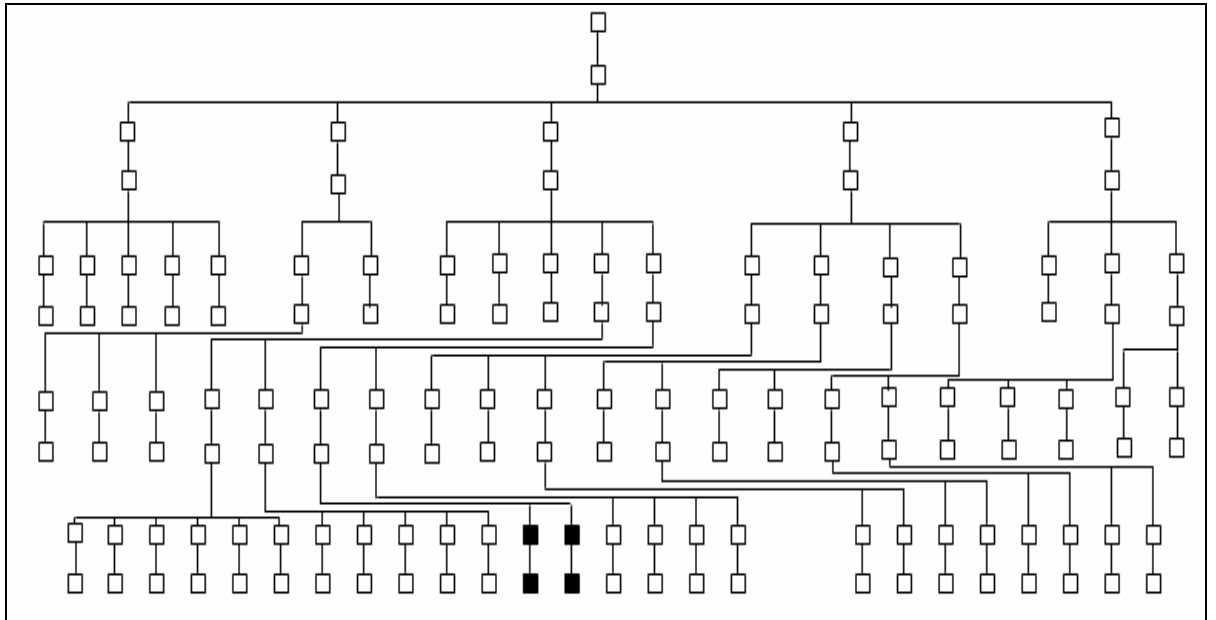
FR3511= Amaçlar doğrultusunda faaliyetlerin kapsam ve sınırlarını netleştir

FR3512= Ortak amaçları paylaşmak için çalışma ortamı oluştur

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR351x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP351x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP3511= Misyonu göre belirlenen iş tanımları

DP3512= Paylaşılan çalışma değerleri



Şekil 7.55 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR351n-DP351n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve

ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR3511 \\ FR3512 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP3511 \\ DP3512 \end{bmatrix} \quad (7.20)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Amaçlar doğrultusunda faaliyetlerin kapsam ve sınırlarını netleştir:**

Firma kültürünün oluşturulmasına yönelik ilk faaliyet hücre misyonunun belirlenmesidir. Firmanın misyonu onun var oluş nedenidir. Misyon değişim ilham eder ancak kendisi değişmez. Örneğin ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'nın misyonu uzayı fethetmektir. Birden fazla ifade ile de belirtilebilir. Ancak sade, rahat anlaşılabilir ve hatırlanabilir olmalıdır, misyon ekip tarafından benimsenerek saptanır ve ekip üyelerinin çalışma isteklerinin kaynağı olmalıdır. Misyonu uygun olarak yapılması gereken tüm işleri kapsayan tek bir iş tanımı yapılır.

#### **Ortak amaçları paylaşmak için çalışma ortamı oluştur:**

Firma kültürünün oluşturulması için faaliyetlerin kapsam ve sınırlarının netleştirilmesinden sonra firma kültürünün yerleşmesi için ayrıca çalışanlar tarafından çalışan değerleri belirlenmelidir. Doğal olarak takım üyelerinin uzun süreli birliktelikleri ile daha önceden saptanan değerler olgunlaşır ve güncellenir.

#### **Gelişme sağla:**

Müşteriye yönelik hedeflerden sapmanın en aza indirilmesinde kullanılacak etkin yönetim modelinin sürekli geliştirme felsefesine sahip olan, bu amaç için istatistiksel tekniklerden yararlanan, mevcut durumu analiz ederek hedeflenen durumla karşılaştıran ve hatalara neden olan faktörleri belirleyerek azaltmaya veya ortadan kaldırmaya çalışan sürekli geliştirme yönetim sistemini kapsıyor ve uyguluyor olması gerekmektedir.

“Gelişme sağla” şeklinde ifade edilen Fonksiyonel ihtiyaç (FR352) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP352 (Kaizen kültürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.56):

FR3521= Değer katmayan ve hatalı faaliyet düşüncesini benimset

FR3522= Çalışan motivasyonunu sağla

FR3523= İşgörenlerin esnekliğinin artmasını sağla

FR3524= Kalite-Maliyet sapmalarını azalt

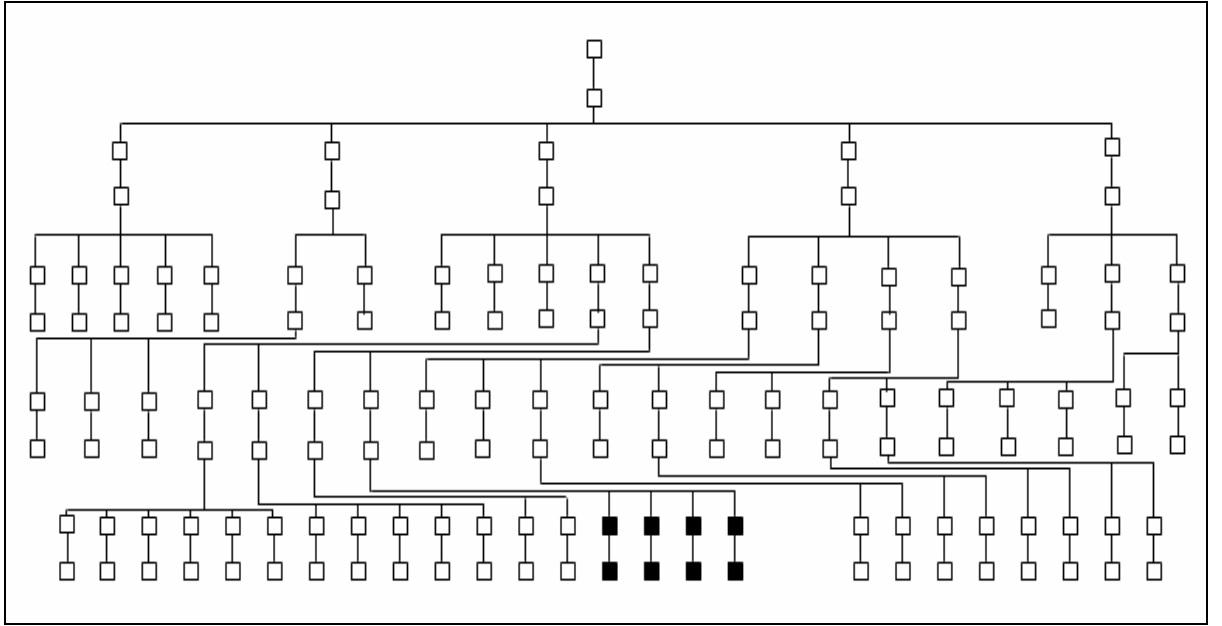
Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR352x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP352x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP3521= Amaçlara uygun ödüllendirme sistemi

DP3522= Kurulan güncel iletişim sistemi

DP3523= Kurulan çok fonksiyonluluk sistemi

DP3524= Düşürülmüş hata maliyetleri



Şekil 7.56 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR352n-DP352n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR3521 \\ FR3522 \\ FR3523 \\ FR3524 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & X & X & \\ X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP3521 \\ DP3522 \\ DP3523 \\ DP3524 \end{bmatrix} \quad (7.21)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi, ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Değer katmayan ve hatalı faaliyet düşüncesini benimset:**

Günümüz şartlarında rekabet gücü yüksek olan firmaların çoğu yalın düşünce ilkelerine sahip

sistemleri olan firmalardır. Yalın düşünce sisteminin temel felsefesi israfların ortadan kaldırılması olarak belirtilebilir. Fujio Cho israfı "ürüne katma değer sağlayan minimum düzeydeki ihtiyaçların haricindeki her şey" olarak tanımlamıştır. İsrafların belirlenmesi ve kalıcı olarak ortadan kaldırılması tüm çalışanların bu konularla ilgili bilinçlendirilmelerine bağlıdır.

İsraf kavramı üzerine odaklanmış yalın düşünce sistemi ile ilgili hazırlanan temel eğitim programları vasıtasıyla tüm çalışanların yalın düşünce ilkeleri ile ilgili temel bilgilere sahip olmaları sağlanır. Temel eğitimden sonra, seçilmiş bazı kilit kişilerin eğitilmesi için daha detaylı bilgiler sunan eğitim programları hazırlanır. Bu çeşit eğitim programları sonucu, üretim içinde yöneticiler ile aynı düşünceleri paylaşan ve uygulamada öncü olan kişiler kazanılmış olur.

#### **Çalışan motivasyonunu sağla:**

Sahip olunan teknoloji ne kadar üst düzeyde olursa olsun o teknolojinin kullanımı sonucunda elde edilen performans tamamıyla onu kullanana bağlıdır. Teknolojik olarak üst düzey performans elde edilebilecek bir sisteminde kullanıcısı olan insanların motivasyonu düşük ise, elde edilen performans da düşük olacaktır (Wemmerlöv ve Hyer, 2002). Bir organizasyon içinde motivasyonu sağlamada yardımcı olan ilk araç iletişimdir. Bir çok firmada yöneticiler iyi iletişime sahip olduklarını düşünseler de gerekli motivasyonu sağlayamamaları aslında yeterli iletişimi sağlayamadıklarını göstermektedir. Yeterli iletişim çalışanların gerekli bilgiye sahip olmaları ve bu bilgiyi anlayabilmeleri olarak ifade edilebilir. Bu kapsamda yapmaları gereken iş yapılması gerektiği gibi anlamaları, yapmadıklarında firmaya nelerin olabileceğini bilmeleri, yaptıkları işle ilgili tüm kısıtları (maliyet, zaman, vs.) anlamaları ve her şeyden önemlisi kendilerinin yaptıkları iş için ne kadar önemli olduklarını bilmeleri gerçek iletişimdir. Bu nedenle öncelikle herkesin aynı dili konuştuğu bir iletişim ortamı hazırlanmalıdır.

Bu aşamadan sonra kullanılan tüm motivasyon teknikleri yönetimin çalışanına ayrıca gösterdiği değerın göstergesi olan yaklaşımlardır. Firmanın sürekli gelişmesi ve rekabet edebilirlik düzeyinin arttırılmasında çalışanların şüphesiz katkıları büyük olacaktır. Elde edilen kazancın da işgörenlerle paylaşılması işgörenlerin motivasyonunu daha da arttıracaktır. Böyle bir gelişim-paylaşım döngüsüne ulaşmak için kazanç paylaşım programı hazırlanmalıdır.

#### **İşgörenlerin esnekliğinin artmasını sağla:**

İşgörenlerin birden fazla operasyonu gerçekleştirmeleri için işgörenlerin yetenekleri

geliştirilir ve zenginleştirilir. Bir taşıma sistemi içinde de bir işgörenin birden fazla operasyonu gerçekleştirebiliyor olması, yapıda esnekliği arttırır. Böylece pazardaki talep dalgalanmalarına daha hızlı cevap verilebilmektedir.

İşgörenlerin yeteneklerini geliştirmek için daha önceden hazırlanan iş-işgören yetenek matrisleri kullanılır. Bu matris tüm iş görenlerin yeteneklerini göstermekle birlikte ilgili ihtiyaç duyulan yetenekleri de belirtmektedir. Bu bilgiler ışığında her bir iş görenin ihtiyaç duyacağı yetenek eğitim programları ve iş rotasyonları belirlenir. Bu programlar belirli bir zaman diliminde tamamlanacak şekilde kısıtlandırılmalıdır. Eğitim sonrası yapılacak iş rotasyonları ile hem işgörenlere deneyim kazandırılır hem de iş görenlerin iş konusunda birbirlerini anlamaları kolaylaştırılır.

#### **Kalite-Maliyet sapmalarını azalt:**

Sürekli geliştirme tabanlı yönetim sisteminin amaçlarına ulaşması için gerçekleştirilmesi planlanan önceki adımların uygulanması ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Ancak bu şekilde kalite ve maliyet sapmalarını azaltıcı çalışmalara temel teşkil edilmesi sağlanabilir.

#### **Olası tüm kayıpları azaltacak sistem düzenlemesini sağla:**

Sistem için gerekli olacak öğelerin temin edilmesinin ardından en önemli nokta sistem öğelerinin entegre olarak mümkün olan en kayıpsız biçimde işletilmesinin sağlanması olacaktır. Bu aşamanın amacı en verimli entegrasyonu sağlamaktır.

#### **FR4'ün Ayrıştırılması:**

“Olası tüm kayıpları azaltacak sistem düzenlemesini sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR4) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP4 (akışı esas alan organizasyon yapısı) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.57):

FR41= Hızlı ve doğru bilgi akışını sağla

FR42= Araç rota planlamasını sağla

FR43= Personel etkinliğini geliştir

FR44= Taşıma hasarlarının azaltılmasını sağla

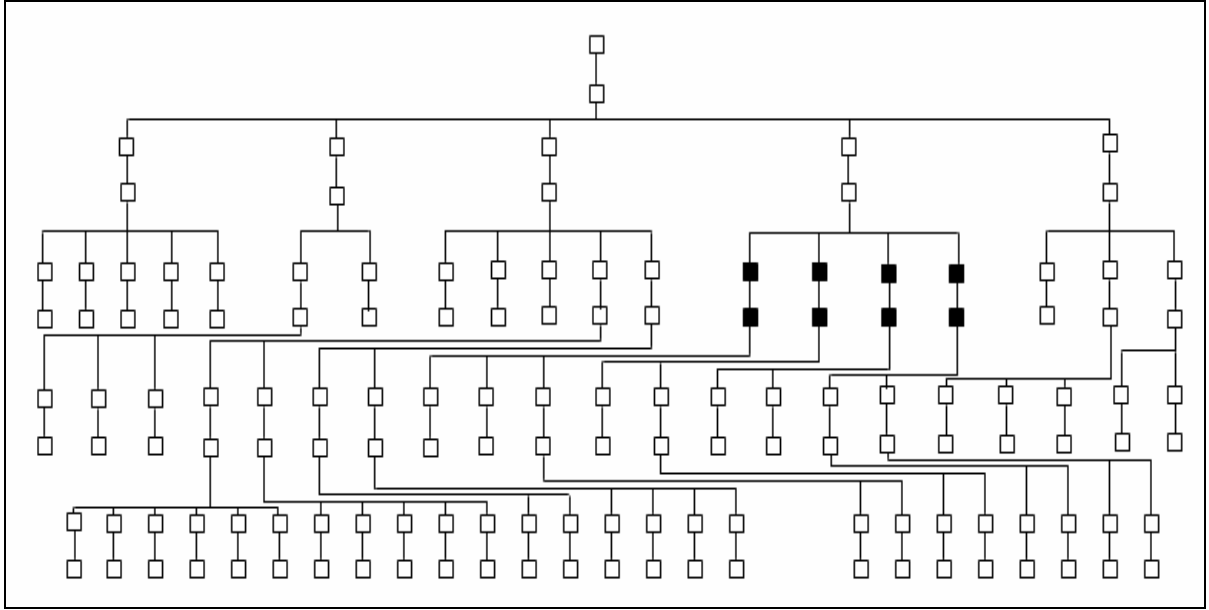
Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR4x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP4x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP41= Yalın bilgi akışı sistemi

DP42= Rota planlama prosedürü

DP43= Zaman kayıplarını azaltma prosedürü

DP44= Geliştirilen depolama ve taşıma koşulları



Şekil 7.57 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR4n-DP4n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR41 \\ FR42 \\ FR43 \\ FR44 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & 0 & X & \\ 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP41 \\ DP42 \\ DP43 \\ DP44 \end{bmatrix} \quad (7.22)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### Hızlı ve doğru bilgi akışını sağla:

Ürünleri istenilen miktarda, istenilen zamanda, en düşük maliyette ve yüksek kalitede sevk etmek için farklı bir çok faaliyetin koordinasyonu ve kontrolü gerekir. Bunu sağlayabilmek için gerekli malzeme ve bilginin ihtiyaç duyulan yere zamanında ulaştığı ve ulaştığı yerde aksiyona dönüştürüldüğü bir sistemi geliştirmek gerekir. Böyle bir sistemin kurulması için, süreçler arasında fiziki bir mesafenin bulunduğu veya nispeten uzun temin sürelerinin bulunduğu süreçlerde süreç bileşenleri arasında ilişkiyi sağlayacak bir bağa ihtiyaç vardır. Bu bağ etkin bir koordinasyonun temeli olan yalın bilgi akışı sisteminin sağlanmasıdır.



“Hızlı ve doğru bilgi akışını sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR41) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP41 (yalın bilgi akışı sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.58):

FR411= Müşteri ve tedarikçi ile ortak yazılımı doğru kullan

FR412= Zamanında bilgi akışını sağla

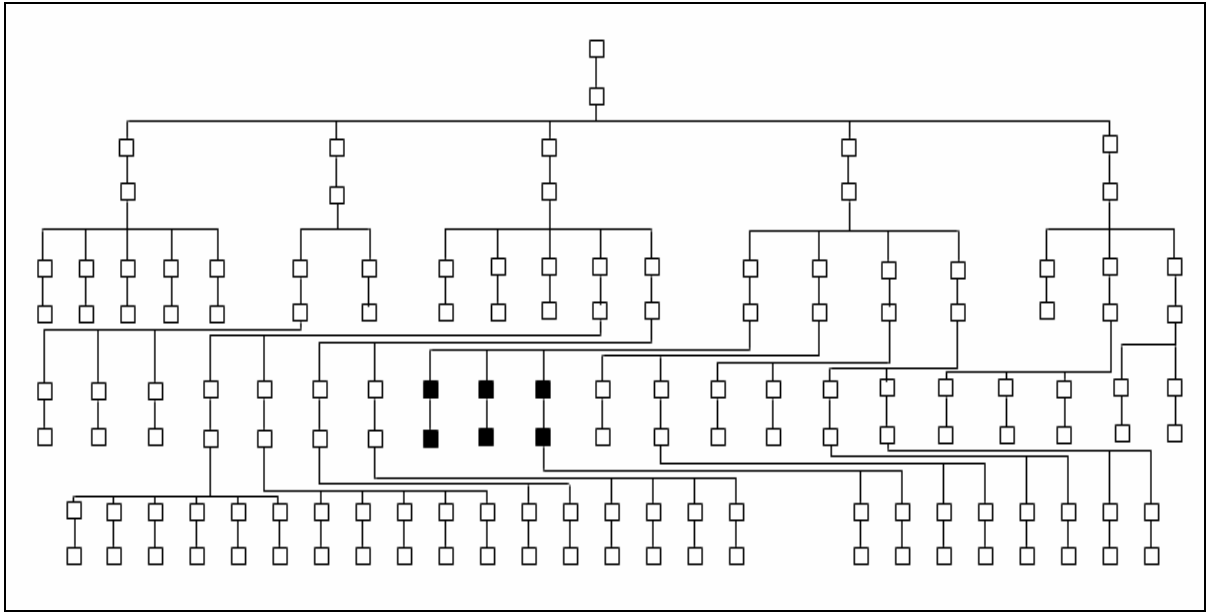
FR413= Bilgi akışını kayıpları azalt

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR41x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP41x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP411= Standartlaştırılan yazılım

DP412= Saptanan kurallar

DP413= FMEA (Failure mode effect and analysis - Hata türü etkileri ve analizi) sistemi



Şekil 7.58 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR41n-DP41n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR411 \\ FR412 \\ FR413 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP411 \\ DP412 \\ DP413 \end{bmatrix} \quad (7.23)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır.

Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

**Müşteri ve tedarikçi ile ortak yazılımı doğru kullan:**

Döngüsel sefer-çapraz havuzlama sistem entegrasyonunu yöneten merkezin koordinasyonu ile akışı takip ettiği ve yönlendirdiği yazılımın müşterilerle ve tedarikçilerle ortak olmasının sağlanması ile aynı database üzerinden sağlıklı ve hızlı bilgi akışı sağlanabilmektedir. Ayrıca ortak yazılımın tüm kullanıcılar tarafından aynı kullanım dili ve aynı bakış açısıyla kullanılmasının sağlanması anlaşmazlıkları ve farklılıkları ortadan kaldıracaktır.

**Zamanında bilgi akışını sağla:**

Ortak yazılımın etkin ve doğru biçimde kullanılmasının sağlanmasından sonra taşıma performansını direkt olarak etkileyecek olan bilgi akışının zamanlamasının iyi ayarlanması gerekmektedir. Çünkü bilginin diğer ilgililere gerektiğinden daha geç ulaşması neticesinde planlamadan sapmalar meydana gelebilmekte, geri dönüşler zamanında dikkate alınamamakta ve süreç akışıyla beraber koordinasyonda hatalar meydana gelmektedir.

**Bilgi akışında kayıpları azalt:**

Bilgi akışı ve onu sağlayan yazılım sistemi başarılı bir sevkiyat sürecinin temelini teşkil ettiğinden dolayı bu süreç içinde meydana gelen hatalar önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle bilgi akışı sürecinin sürekli olarak kontrol edilmesi, eksik ve hatalı noktalarının bulunması ve bunların gerekli iyileştirmeye tabi tutulması önemli faydalar sağlayacaktır. Daha yalın bir bilgi akışı sistemi yüksek koordinasyonu ve hızı da beraberinde getirecektir.

“Bilgi akışında kayıpları azalt” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR413) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP413 (FMEA sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.59):

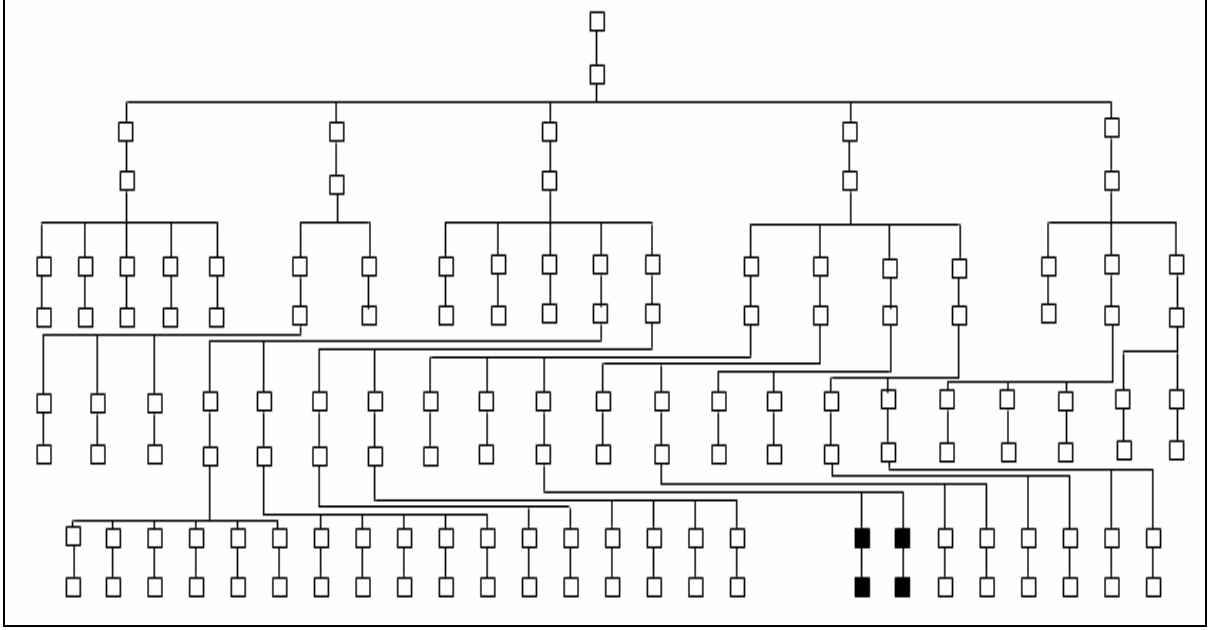
FR4131= Hata nedenlerini ve sıklığını belirle

FR4132= Değer katmayan süreç analizi yap

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR413x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP413x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP4131= Hataların nedenlerini iyileştir

DP4132= Değer akışı analizi



Şekil 7.59 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR413n-DP413n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR4131 \\ FR4132 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP4131 \\ DP4132 \end{bmatrix} \quad (7.24)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi, ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Hata nedenlerini ve sıklığını belirle:**

Yalın bilgi akış sisteminin sağlanabilmesi için bilgi akışı yapısının sürekli olarak kontrol edilmesi ve hataların nedenlerinin eliminasyonu gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesindeki ilk adım da süreç hata analizi yaparak hata nedenlerinin ve sıklığının belirlenmesidir.

#### **Değer katmayan süreç analizi yap:**

Hataların nedenlerinin ve sıklığının belirlenmesinden sonra, ilgili verilerin değer akışı haritası üzerinde değerlendirilmesi, gelecek durum haritasının planlanmasını sağlayacaktır. Ayrıca sürecin bir bütün olarak değerlendirilmesini ve hataların etki ve kaynak noktalarının da rahatlıkla gözlemlenebilmesini sağlayacaktır.

#### **Araç rota planlamasını sağla:**

Müşteri lokasyonu, tedarikçilerin lokasyonu ve crosdocking sisteminin merkez lokasyonunun

belirlenmesinden sonra söz konusu lokasyonlar arasında belirli hacim ve sıklıkta taşınması gereken ürünlerin müşterinin istediği zaman diliminde teslim edilmesi gerekmektedir. Bunun sağlanmasının bir yönü etkin bir kaynak planlaması yapmaktan geçerken diğer yönü ise başarılı bir rota planlamasının sağlanmasıdır. Belirlenen lokasyonlar arasında taşınacak hacim, talep sıklığı ve mesafe kriterleri göz önünde bulundurularak hangi araçların hangi tedarikçilere hangi zaman dilimi içinde ve hangi rotayı takip ederek gideceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu parametreleri göz önünde bulundurarak etkin bir araç rotalamasının yapılmasında çeşitli yazılım programları da kullanılabilir. Başarılı bir rota planlaması ile araçların daha dolu, daha hızlı ve daha az maliyetli taşıma yapmaları da sağlanmış olacaktır.

“Araç rota planlamasını sağla” şeklinde ifade edilen Fonksiyonel ihtiyaç (FR42) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP42 (Rota planlama prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.60):

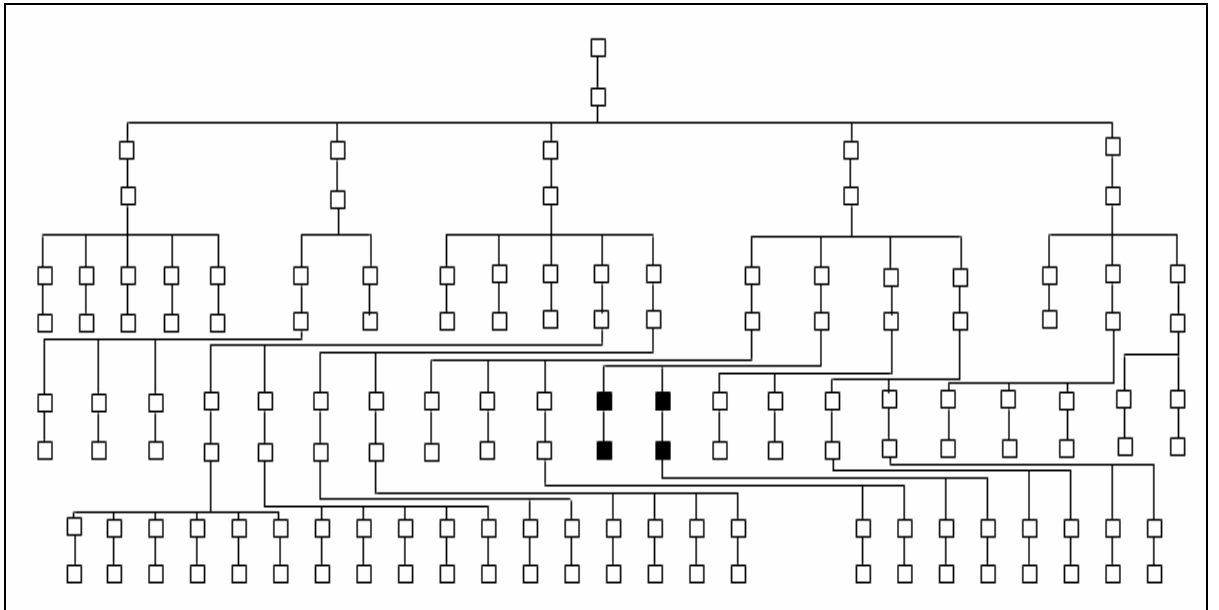
FR421= Güzergahlar için optimum taşıma sayısını belirle

FR422= Taşıma kayıplarını azalt

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP42x) karşılık gelen Tasarım parametreleri (DP42x)’de aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP421= Mesafe-yoğunluk analizleri ile araç rota planları

DP422= Değer-süreç analizleri



Şekil 7.60 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR42n-DP42n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR421 \\ FR422 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP421 \\ DP422 \end{bmatrix} \quad (7.25)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Güzergahlar için optimum taşıma sayısını belirle:**

Taşıma güzergahları için optimum taşıma sayısı, mesafe-yoğunluk analizleri ile yapılarak hangi güzergahın ne kadar taşıma yüküne sahip olduğunun bulunmasını sağlamaktadır. Bunun neticesinde de araç kapasiteleri ve taşıma yükü de dikkate alınarak araç rotalarının belirlenmesinde başarı oranının yükseltilmesi sağlanabilir.

#### **Taşıma kayıplarını azalt:**

Taşıma sistemi içinde gerek rota analizlerinden, gerek kamyonların tam dolu olarak planlanamamasından gerekse iş yüklerinin belirlenmesinde yapılan hatalardan kaynaklanan sorunlar nedeniyle taşıma temelli kayıplar meydana gelmektedir. Taşıma kayıplarının değer-süreç analizleri kapsamında değerlendirilerek analiz edilmesi ve değer katmayan noktalarda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

“Taşıma kayıplarını azalt” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR422) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP422 (değer-süreç analizleri) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.61):

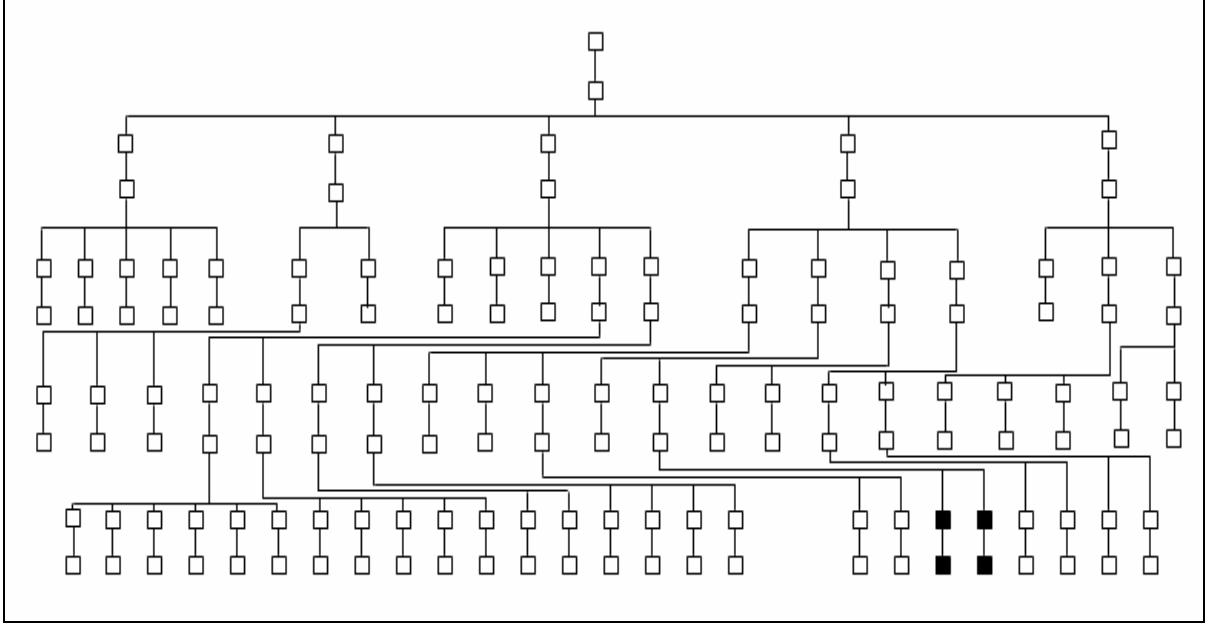
FR4221= Taşıma beklemelerini azalt

FR4222= Araç doluluk oranları arasındaki sapmaları azalt

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP422x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP422x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP4221= Kapasite bazlı etkin araç çizelgeleri

DP4222= Çok amaçlı kapasite dengeleme



Şekil 7.61 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR422n-DP422n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR4221 \\ FR4222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP4221 \\ DP4222 \end{bmatrix} \quad (7.26)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Taşıma beklemelerini azalt:**

Doğru araç planlamasının yapılamaması veya acil taşıma ihtiyaçları için taşıma araçlarının temin edilememesi nedeniyle taşıma beklmeleri ortaya çıkmaktadır. Tüm bu durumların ortadan kaldırılması için etkin araç çizelgelerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

#### **Araç doluluk oranları arasındaki sapmaları azalt:**

Araçların doluluk oranlarının düşük olmasının başlıca nedenlerinden biri lojistik planlama merkezi-müşteri-tedarikçi arasındaki bilgi akışının ve koordinasyonun eksikliğidir. Bu durumda yanlış tedarikçilere yanlış özellikte kamyonlar ulaşmakta ve taşıma verimi düşmektedir. Diğer bir önemli konu tedarikçilerin müşteri taleplerine geç cevap vermeleri veya müşterilerin önceden tedarikçilere bildirdikleri üretim talep çizelgelerinin dışında acilen farklı taleplerde bulunmaları ve araç planlamalarında ortaya çıkan farklılıklardır. Ayrıca

belirli periyotlarda müşterilerin siparişlerinde dalgalanma meydana gelmesi durumu ortaya çıkabilmektedir.

Bu durumların tahminleri veya gerçekleşen vakalardan elde edilen veriler üzerinde yapılan analizler vasıtasıyla doluluk oranlarından sapmaları azaltacak planlamalar yapılmalıdır.

### Personel etkinliğini geliştir:

Olası tüm kayıpları azaltacak sistem düzenlemesinin yapılmasında, ekipmanların işleyişlerinde gerçekleştirilen iyileştirmelerle beraber sistemin işletilmesinde en önemli öge olan insanın, iş yapışındaki kayıplarında azaltılması gerekmektedir.

“Personel etkinliğini geliştir” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR43) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP43 (zaman kayıplarını azaltma prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.62):

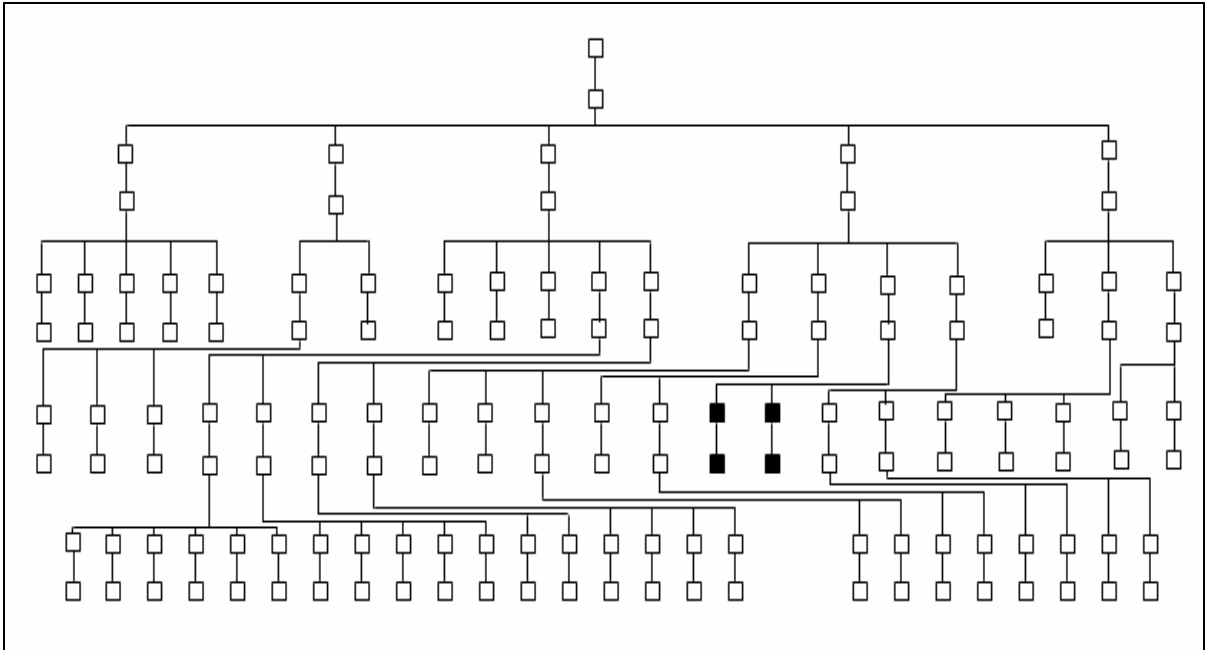
FR431= Çalışan dolaşma zamanını azalt

FR432= İş yapma hareketlerini en aza indir

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP43x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP43x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP431= Etkin yerleşim yeri düzeni

DP432= İş-ergonomik tasarım



Şekil 7.62 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR422n-DP422n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR431 \\ FR432 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP431 \\ DP432 \end{bmatrix} \quad (7.27)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Çalışan dolaşma zamanını azalt:**

Çalışanların görevlerini yapmaları esnasında gerek proses adımları arasında gerekse kendi çalışma alanları içinde yanlış yerleşim tasarımlarından dolayı dolaşma zamanının yüksek olması önemli üretkenlik kayıplarına neden olmaktadır.

Firmalar etkin yerleşim tasarımları ile rekabet edebilirliklerini arttırabilirler. Zayıf bir fiziksel yerleşim beklenen faydaları azaltabileceği için, yerleşimle ilgili etkin çözümü bulmak oldukça önemlidir. Yerleşim sorunlarından ilki, ekipmanların yerleştirilebileceği yerleri belirlemek, diğeri ise proseslerin birbirleri ile olan ilişkilerine göre uygun yerlerini saptamaktır. Bu nedenle, bir yerleşim tasarımından elde edilebilecek kazançları tamamıyla sağlamak için, gerek proseslerin ve gerekse ekipmanların konumlarını etkin olarak belirlemek gerekir.

#### **İş yapma hareketlerini en aza indir:**

Ürünlerin üretilmesi sırasında ürüne katma değer sağlamayan tüm işgören hareketleri israf olarak tanımlanır. Gerçekten de işgörenin yaptığı tüm hareketler iş anlamına gelmemektedir. İşgörenlerin gerek prosesler arasında ve gerekse hazırlık ile iş yapma sırasındaki hareket israflarını en aza indiren düzenlemeler bu kısımda yapılmalıdır. Bu nedenle, işgörenlerin hareket israfı yapmalarına neden olan hatalı işgören ataması ve uygun olmayan çalışma alanı düzeninden kaçınılmalıdır.

#### **Taşıma hasarlarının azaltılmasını sağla:**

Olası tüm kayıpları azaltacak en iyi sistem düzenlemesinin yapılmasında, yalın yerleşim ve akış düzeninin sağlanmasında önemli diğer bir kayıp faktörü de taşımalar esnasında ortaya çıkan hasarlardır. Söz konusu hasarlar depolama hasarları ve taşıma hasarları olarak iki başlık altında incelenecektir.

“Taşıma hasarının azaltılmasını sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR44) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP44 (depolama ve taşıma koşullarının geliştirilmesi)



birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.63):

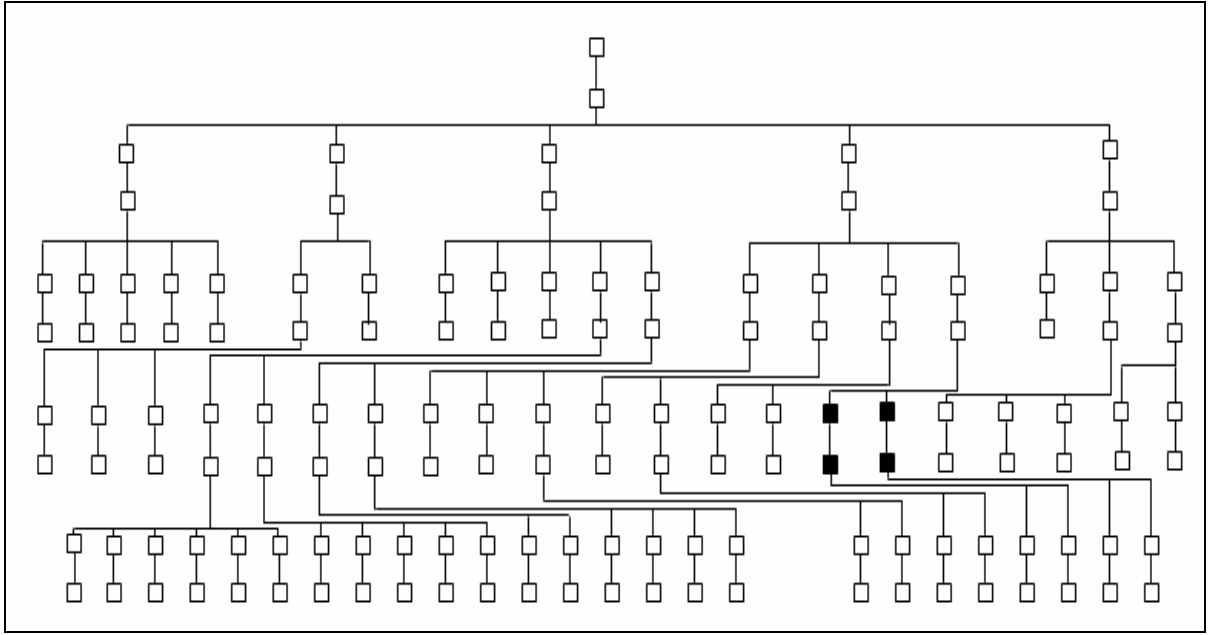
FR441= Depolama hasarlarını azalt

FR442= Taşıma hasarlarını azalt

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP44x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP44x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP441= Geliştirilen depolama koşulları

DP442= Geliştirilen taşıma koşulları



Şekil 7.63 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR44n-DP44n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR441 \\ FR442 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP441 \\ DP442 \end{bmatrix} \quad (7.28)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Depolama hasarlarını azalt:**

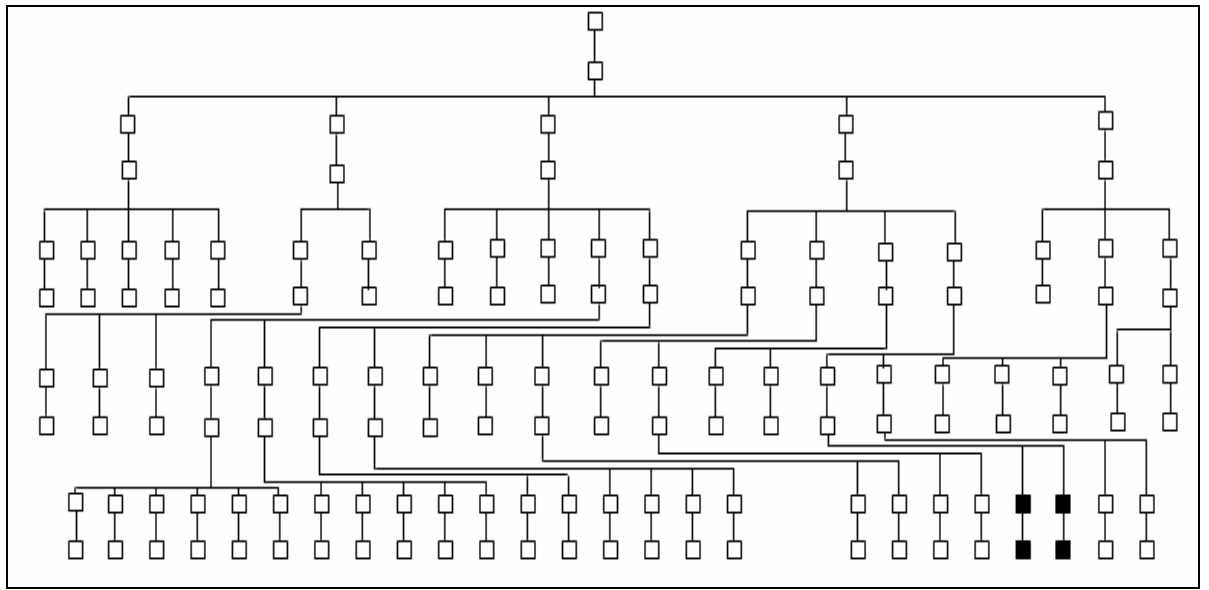
Müşteriye sevkiyat esnasında hasara uğrayan ürünlerin hasara uğrama yerlerinden biri depolama sürecidir. Çapraz havuzlama faaliyetleri süresince inbound ve outbound süreçler

içinde aktarıma uğrayacak olan ürünlerin herhangi bir hasara uğramasını engelleyici önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle depolama sürecindeki koşulların analiz edilmesiyle geliştirilmesinin sağlanması ve hasarların azaltılması sağlanabilir.

“Depolama hasarlarını azalt” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR441) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP441 (geliştirilen depolama koşulları) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.64):

FR4411= Depolama koşullarından kaynaklanan hasarları azalt

FR4412= Depoda kaza nedeniyle oluşan zararları azalt



Şekil 7.64 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR441n-DP441n)

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP441x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP441x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP4411= Saptanan standartlar

DP4412= Saptanan stoklama ve çalışma standartları

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR4411 \\ FR4412 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP4411 \\ DP4412 \end{bmatrix} \quad (7.29)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım

parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

**Depolama koşullarından kaynaklanan hasarları azalt:**

Depolama sürecinden kaynaklanan hasarların önemli nedenlerinden biri depolama koşullarından kaynaklanmaktadır. Deponun koşullarının uygunsuzluğu nedeniyle ürünlerin bozulması, çalınması, devrilmesi vb. gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle depolama süreçlerine ait proses, sevkiyat ve stoklama adımlarının belirli standartları sağlaması ile müşteri memnuniyetsizliğinin ve bu nedenle kayıpların önüne geçilebilir.

**Depoda kaza nedeniyle oluşan zararları azalt:**

Depolama sürecinden kaynaklanan hasarların diğer önemli bir sebebi kaza nedenli hasarlardır. Bu durumda deponun uygunsuz ortamı söz konusu değildir ancak ortaya çıkabilecek kazalara ilişkin uygun yerleşim veya gerekli önlemlerin eksikliği söz konusudur. Bu durumun önüne geçilebilmesi için stoklama ve çalışma standartlarına uyulması gerekmektedir.

**Taşıma hasarlarını azalt:**

Hasarların genel nedenlerinden bir diğeri taşıma kaynaklı olan hasarlardır. Bu tür hasarlar depolama süreçlerinden veya koşullarından değil taşıma koşullarından kaynaklanır. Taşıma süresince aracın taşıma raflarının veya stoklama noktalarının çeşitli uygunsuzluklara sahip olmasından veya araç içinde olan ancak aracın taşıma raflarından veya koşullarından değil de kazalara ilişkin gerekli önlemlerin alınmamasından kaynaklanan hasarlar bu sınıflandırma grubu içine dahil olmaktadır.

“Taşıma hasarlarını azalt” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR442) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP442 (geliştirilen taşıma koşulları) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.65):

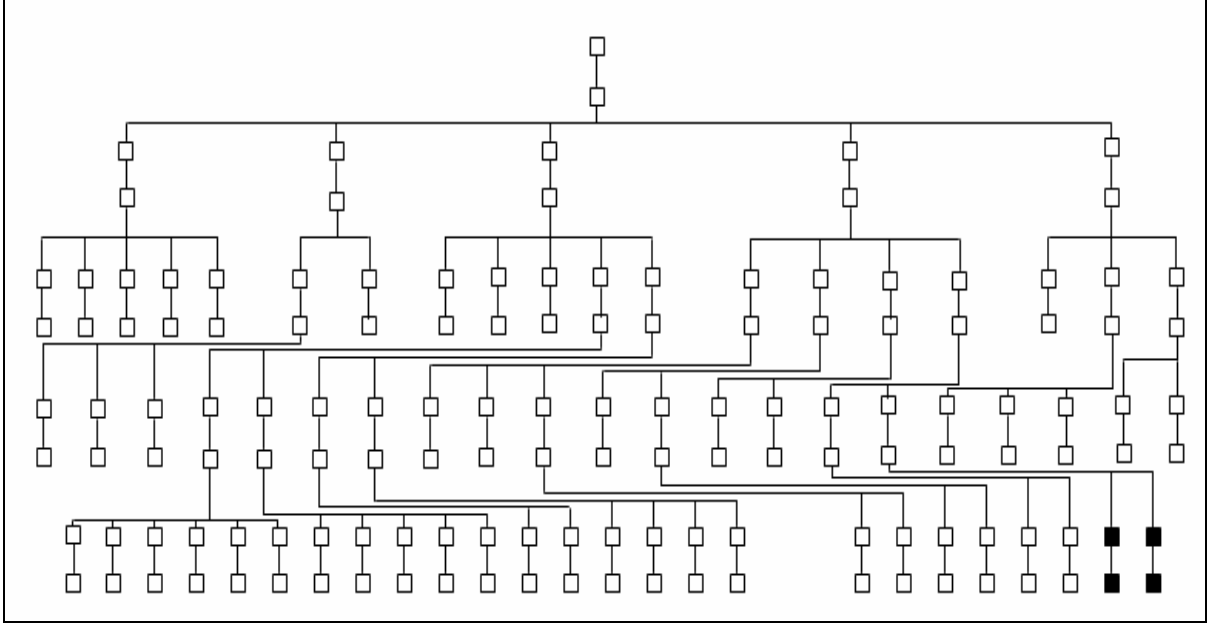
FR4421= Aracın taşıma koşullarından kaynaklanan hasarları azalt

FR4422= Kaza nedeniyle oluşan zararları azalt

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP442x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP442x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP4421= Belirlenen uygun araç koşullarının kullanılması

DP4422= Geliştirilen taşıma koşulları



Şekil 7.65 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR442n-DP442n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR4421 \\ FR4422 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP4421 \\ DP4422 \end{bmatrix} \quad (7.30)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrık tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Aracın taşıma koşullarından kaynaklanan hasarları azalt:**

Ürünler üzerinde meydana gelen hasarların taşıma kaynaklı olanlarının önemli bir grubu taşıma araçlarının sevkiyat koşullarından kaynaklanmaktadır. Araçların sevkiyat kısımlarında düzgün taşıma koşullarının sağlanamaması nedeniyle çeşitli hasarlar meydana gelebilmektedir.

#### **Kaza nedeniyle oluşan zararları azalt:**

Araçların sevkiyat kısımlarında uygun stoklama ve raflama yapılarının sağlanamamasından dolayı meydana gelen hasarlar diğer grubu oluşturmaktadır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için taşıma koşullarının belirli kaza önleyici sistemleri ve önlemleri bünyesinde barındırması ve belirli taşıma standartlarını sağlaması gerekmektedir.

### **Müşteri talebine göre lojistiği sağla:**

Yalın lojistik felsefesindeki teknikler başarı ile uygulandığında temin süreleri düşmekte, proses içi stoklar azalmakta, hazırlık süreleri düşmekte, kalite artmakta ve üretimde esneklik sağlanmaktadır. Tüm bu gelişmeler, israfları ortadan kaldıran, istenilen miktarda ürünü, istenilen zamanda ve kalitede müşteriye teslim edebilen bir lojistik sistemini ortaya çıkarmaktadır.

Bu niteliklere sahip bir lojistik sistemini kontrol etmek için çekme esaslı bir lojistik kontrol sistemi tasarlanmalıdır. Çapraz havuzlama lojistik faaliyetlerinde çekme esaslı olarak çalışmaktadır. Çekme esaslı kontrol sistemi tüm lojistik ortamını kontrol eder. Çekme esaslı üretim sistemlerinde işler ihtiyaç duyulan talebe bağlı olarak verilen izinle (sinyalle) üretim ortamına alınırlar. Daha farklı bir ifade ile, çekme esaslı kontrol sistemleri proses içi stokları kontrol eder ve çıktıyı ölçer. Çekme esaslı kontrol sisteminde proses içi stoklar kontrol edildiği ve daha düşük stoklarla çalışıldığı için proses içinde gizlenen bir çok sorun ortaya çıkartılır ve prosesin geliştirilmesi için yeni fırsatlar sağlanmış olur.

### **FR5'in Ayrıştırılması:**

“Müşteri talebine göre lojistiği sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR5) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP5 (çekme esaslı lojistik kontrol sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.66):

FR51= Bilgi akışında kesintileri yok et

FR52= Sürekli ve düzgün malzeme akışı sağla

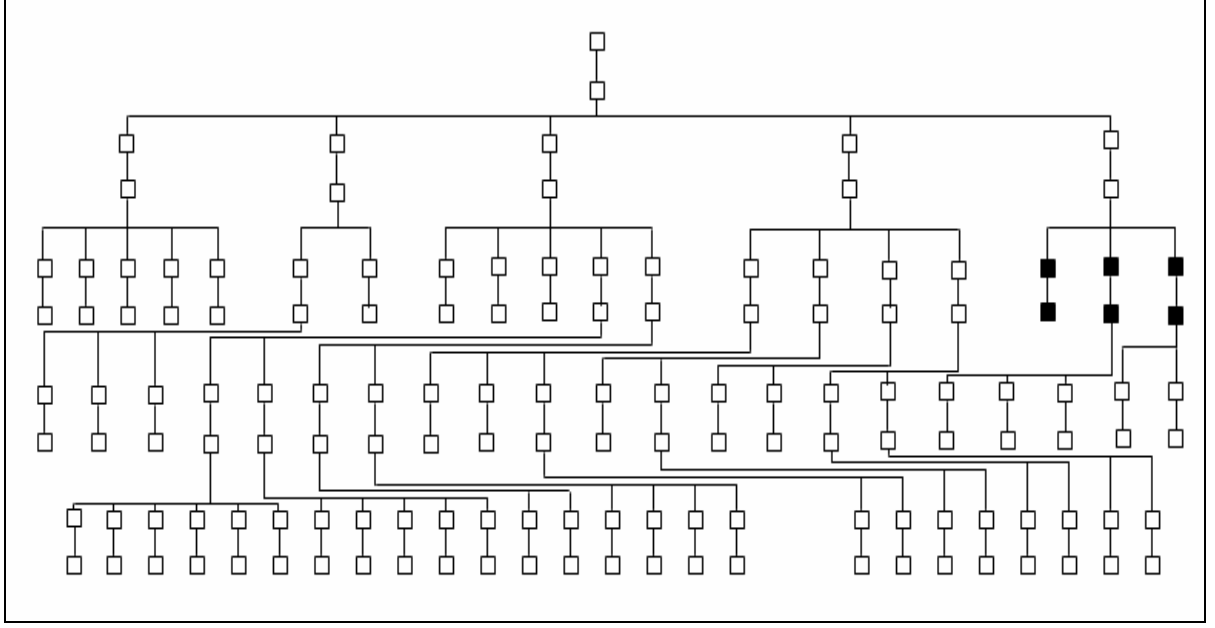
FR53= Sistem gelişimi için gerekli geri besleyici bilgiyi sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP5x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP5x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP51= İyileştirilen sürekli bilgi akışı

DP52= İyileştirilen sürekli malzeme akışı

DP53= Zamanında raporlama sistemi



Şekil 7.66 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR5n-DP5n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR51 \\ FR52 \\ FR53 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP51 \\ DP52 \\ DP53 \end{bmatrix} \quad (7.31)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### Bilgi akışında kesintileri yok et:

Ürünleri istenilen miktarda, istenilen zamanda, en düşük maliyette ve yüksek kalitede üretmek için farklı bir çok faaliyetin koordinasyonu ve kontrolü gerekir. Bunu sağlayabilmek için gerekli malzeme ve bilginin ihtiyaç duyulan yere zamanında ulaştığı ve ulaştığı yerde aksiyona dönüştüğü bir sistemi geliştirmek gerekir. Böyle bir sistemde ihtiyaç duyulan malzeme ve bilgi akışını sağlamak için çekme esaslı bilgi akışı kurulur. Bu yaklaşım ile proses içi stoklar kontrol altında tutularak bir çok sorun ortaya çıkarılır ve sürecin gelişimi sağlanır. Çekme esaslı çapraz havuzlama sisteminin başarıyla işleyebilmesi ve inbound-outbound taşımalarının doğru miktar ve zamanda gerçekleştirilmesi için sürekli ve düzgün bilgi akışı sağlanmalıdır.

### Sürekli ve düzgün malzeme akışı sağla:

Çekme esaslı sistemde bilgi akışının doğru ve kesintisiz olarak gerçekleştirilmesinin sağlanmasından sonra malzeme akışının düzgün yapılması gerekmektedir. Bu noktada taşıma sistemi içindeki öğelerin iyi planlanması gerekir.

“Sürekli ve düzgün malzeme akışı sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR52) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP52 (iyileştirilen sürekli malzeme akışı) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.67):

FR521= Malzemeyi yeterli miktarda taşı

FR522= Malzemenin zamanında teslimini sağla

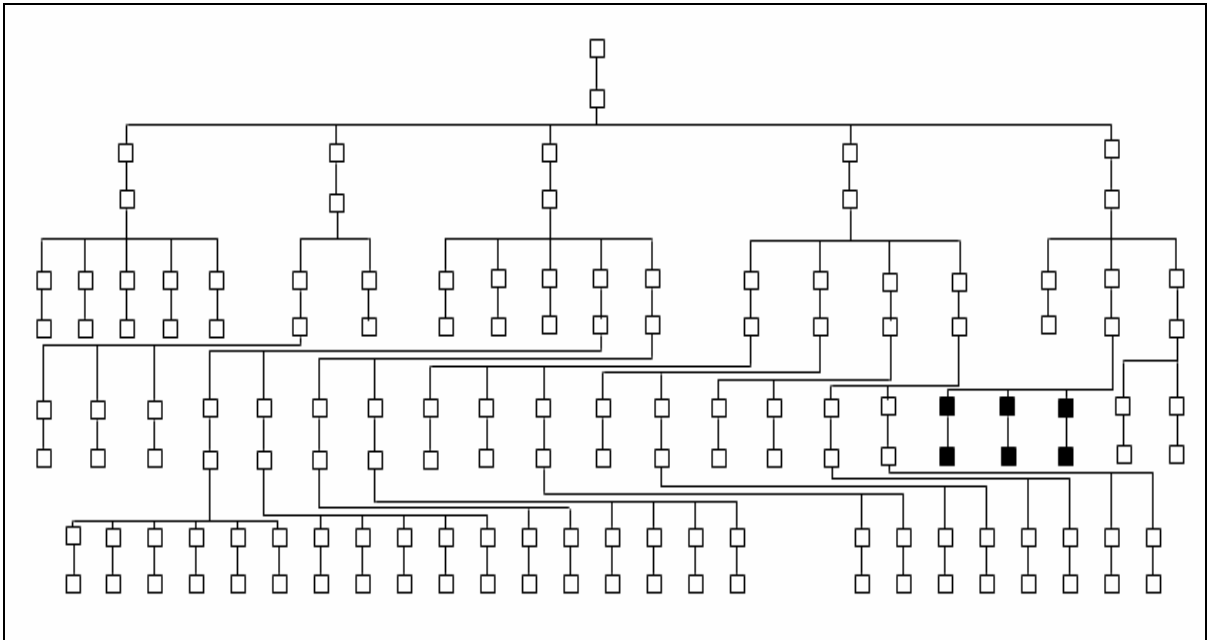
FR523= Etkin teslimatı sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (DP52x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP52x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP521= Doğru paletleme/ambalajlama sistemi

DP522= Kanban sistemi

DP523= Süreç verimlilik analizi



Şekil 7.67 Yalın lojistik (döngüsel sefer - çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması (FR52n-DP52n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR521 \\ FR522 \\ FR523 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP521 \\ DP522 \\ DP523 \end{bmatrix} \quad (7.32)$$

Tanımlanmış olan tasarım matrisi ayrılmış tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomuna uymaktadır. Tasarım matrisinde belirtilen X, fonksiyonel ihtiyaç ile buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki kuvvetli ilişkiyi ifade etmektedir.

#### **Malzemeyi yeterli miktarda taşı:**

İhtiyaç duyulan hammaddeyi tedarikçiden üreticiye taşımak için gerekli olan palet kapasiteleri sistem kısıtları dikkate alınarak belirlenir. Tasarımcı talep yapısı, hammadde veya yarı mamul nitelikleri ve taşıma politikalarına bağlı olarak en uygun palet kapasitesini saptar.

#### **Malzemenin zamanında teslimini sağla:**

Başarılı bir taşımanın gerçekleştirilebilmesi için önceki adımlarda bahsedildiği gibi gerekli araç kapasitesinin temini, en uygun rotaların belirlenmesi, bilgi akışının sağlanması ve döngüsel sefer-çapraz havuzlama entegrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu altyapı öğelerinin sağlanmasından sonra gelen siparişlerin belirlenen çizelge doğrultusunda müşteriye teslim edilmesinin takibi gerekmektedir.

#### **Etkin teslimatı sağla:**

Malzemenin yeterli miktarda ve zamanında teslim edilmesi için ayrı ayrı yapılan planlama ve analiz çalışmalarının neticesinde bu iki faktörün gerçek taşıma süreci içinde yerine getirilip getirilemediğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun içindir ki taşıma süreçlerinin verimlilik analizine tabi tutulması ve hedeflerden sapmaların belirlenmesi gerekir.

#### **Sistem gelişimi için gerekli geri besleyici bilgiyi sağla:**

Tasarlanmış bir sistemin tasarım özelliklerine uygun olarak çalıştırılması, kontrol edilmesi ve gelecekteki hedefler doğrultusunda geliştirilmesi için gerekli veriyi sağlayan bilgi sisteminin tasarımcı tarafından kurulması gerekir. Böyle bir bilgi kontrol sistemi, üretim sisteminin gerçekleştirdikleriyle hedefleri arasındaki farkları nedenleri ile birlikte tespit edebilir ve hedeflere ulaşılması için gerekli tüm düzenlemelerin zamanında yapılması için ortam sağlar. Günümüzde bilgisayar sistemlerinin ve yazılımların gelişmesi bilgi kontrol sistemi uygulamalarını büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Verinin toplanması, biriktirilmesi ve analiz edilmesi aşamalarında bilgisayarlarla birlikte büyük gelişmeler olmasına rağmen, üretimde çalışanların verinin toplanması aşamasında yeterli düzeyde duyarlı olmamaları nedeni ile böyle bir sistemden beklenen kazançlar azalabilmektedir. Bunu önlemek için, kurulacak bilgi





### **Raporlama sistemini gerçekleştir:**

Tasarımcı, sistemin çalıştırılması ve kontrolü için ihtiyaç duyulan tüm rapor türlerini belirlemelidir. Rapor tipleri belirlenirken niçin bu rapora ihtiyaç duyulacağı ve bu rapor ile hangi gelişmelerin sağlanacağı başlangıç aşamasında belirlenmelidir. Genel olarak rapor türleri, performansı ile ilgili raporlar (günlük-saatlik taşıma miktarı ile ilgili rapor, aylık sistemin etkinlik raporu vs.), kalite ilgili olan raporlar (hata oranları ile ilgili rapor, vs.), ekipman problemleri ile ilgili rapor, aylık çalışılmayan zamanlar ile ilgili rapor vs. ) ile ilgili raporlar olmak üzere gruplandırılır. Bu gruplara ait raporlar ayrıntılı olarak hazırlandıktan sonra uygulamaya alınmadan önce, kullanıcılar için eğitim programı hazırlanmalıdır.

### **Verileri güncel tut:**

Belirlenen rapor tiplerine ait verilerin sistem üzerindeki etkileri zamana bağlı olarak değişmektedir. Zamana duyarlı düzenlemeler yapabilmek için bazı veriler saatlik toplanırken, bazı verilerin bir ay içinde toplanması yeterli olabilmektedir. Sistemin ihtiyaç duyduğu zamana bağlı düzenlemeler çerçevesinde, tüm raporlar için ilgili güncelleme zamanları belirlenir. Bu zamanlara bağlı olarak raporların toplanmasına yönelik çizelge hazırlanır.

## **7.4 Aksiyomlarla Tasarım İlkelerine Göre Performans Geliştirme Prosedürü**

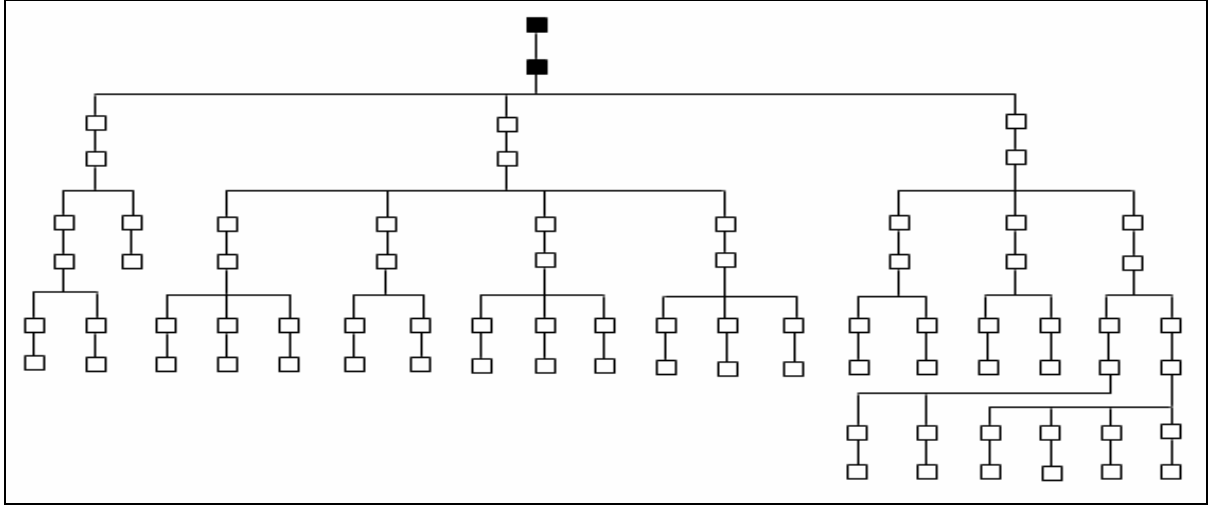
Günümüzün artan rekabet ortamında firmaların başarılı olabilmek için hedefler koyması ve bu hedeflere ulaşmak için gerekli çabayı göstermesi gerekmektedir. Bu çerçevede yalın lojistik sistemine sahip firmaların sisteme özgü performans hedeflerini belirlemeleri ve bunları başarmaya yönelik sistemlerini sürekli geliştirmeleri kaçınılmazdır. Özellikle de sayısal hedefler koyarak, ölçmek ve geliştirmek performansın geliştirilmesinde şarttır. Yalın lojistik sistemini müşteri istekleri doğrultusunda sürekli olarak geliştirmek isteyen bir tasarımcı en üst düzeydeki fonksiyonel ihtiyacı (FR) aşağıda belirtildiği gibi belirleyebilir:

FR1 = Bütünleşik yalın lojistik sisteminin (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) hedeflenen performans değerine ulaşmasını sağla

Bir önceki adımda belirlenen fonksiyonel ihtiyaçlara (FRs) karşılık gelen tasarım parametreleri (DPs), fonksiyonel saha ile fiziksel saha arasında gerçekleştirilen haritalandırma işlemi ile seçilir. En uygun tasarım parametresini (DP) seçmek için, seçilen fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelebilecek tasarım parametresi ayrıntılı değerlendirme sonucunda belirlenmelidir. En üst seviyede belirlenen fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen tasarım parametresi aşağıda belirtildiği gibi seçilebilir (Şekil 7.69):

DP1 = Performans geliştirme prosedürü

Performans gelişimine yönelik sistem düzenlemesi yapacak tasarımcılar için, AD ilkelerine göre hazırlanan bu prosedür ile tasarımcıyı hedeflerine ulaştıran çalışmalar sistematik bir yapıda sunulmuştur.



Şekil 7.69 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1-DP1)

#### FR1'in Ayrıştırılması :

“Entegre yalın lojistik sisteminin (döngüsel sefer+çapraz havuzlama) hedeflenen performans değerine ulaşmasını sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR1) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP1 (performans geliştirme prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.70):

FR11 = Talep değişkenliği nedeni ile oluşan kayıpları ortadan kaldır

FR12 = Taşıma sisteminin geçerliliğini sürdür

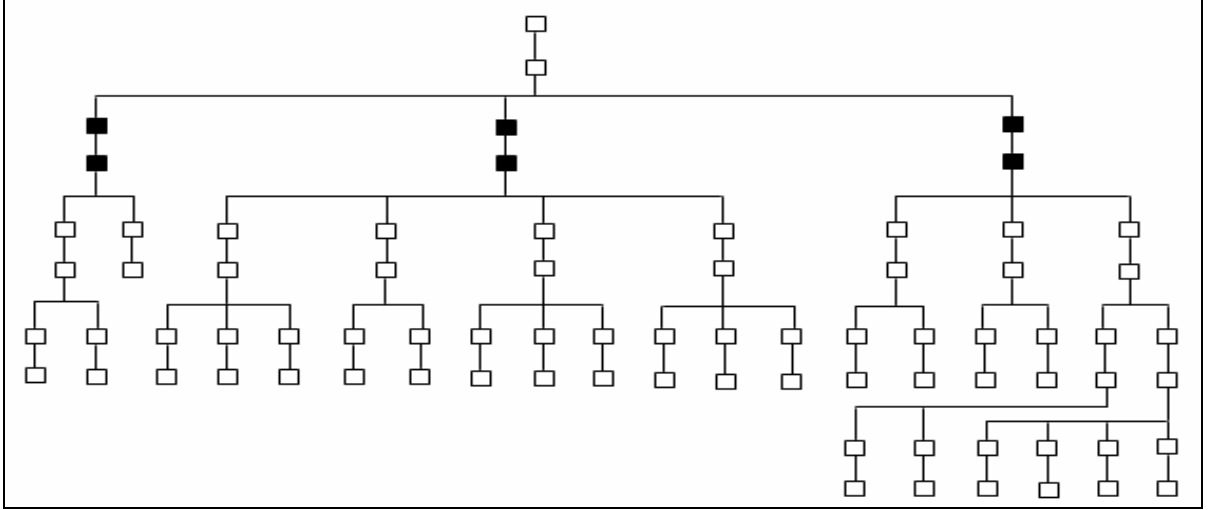
FR13 = Müşteri memnuniyetine yönelik yeni hedefleri belirle

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR1x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP1x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP11 = Maliyet iyileştirme prosedürü

DP12 = Güncellenmiş bütünleşik sistem

DP13 = Geliştirilen süreç akış sistemi



Şekil 7.70 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1n-DP1n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR11 \\ FR12 \\ FR13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP11 \\ DP12 \\ DP13 \end{bmatrix} \quad (7.34)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Talep değişkenliği nedeni ile oluşan kayıpları ortadan kaldır:**

İlk tasarım aşamasında gerçekleştirilen çeşitli analizlere göre kurulan ve işletilen sisteme gelen talepler ve değişkenlikler neticesinde ortaya çıkan hedeften sapmalar belirlenir. Çeşitli ekonomik, mevsimsel ve rekabetsel nedenlerden dolayı ana üreticinin talep değişikliğinden kaynaklanan esneklik gereksinimini sağlayamama nedeni maliyet unsurları ortaya çıkabilmektedir. Talep değişkenliğinin kaçınılmaz olduğu durumlar için bu maliyet unsurlarının dikkatli bir biçimde analiz edilmesi ve esneklik özelliğini sağlayamayan unsurların geliştirilmesi maliyet performansının yüksek tutulmasını sağlayacaktır.

#### **FR11'nin Ayrıştırılması:**

“Talep değişkenliği nedeni ile oluşan kayıpları ortadan kaldır” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR1) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP1 (maliyet iyileştirme prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.71):

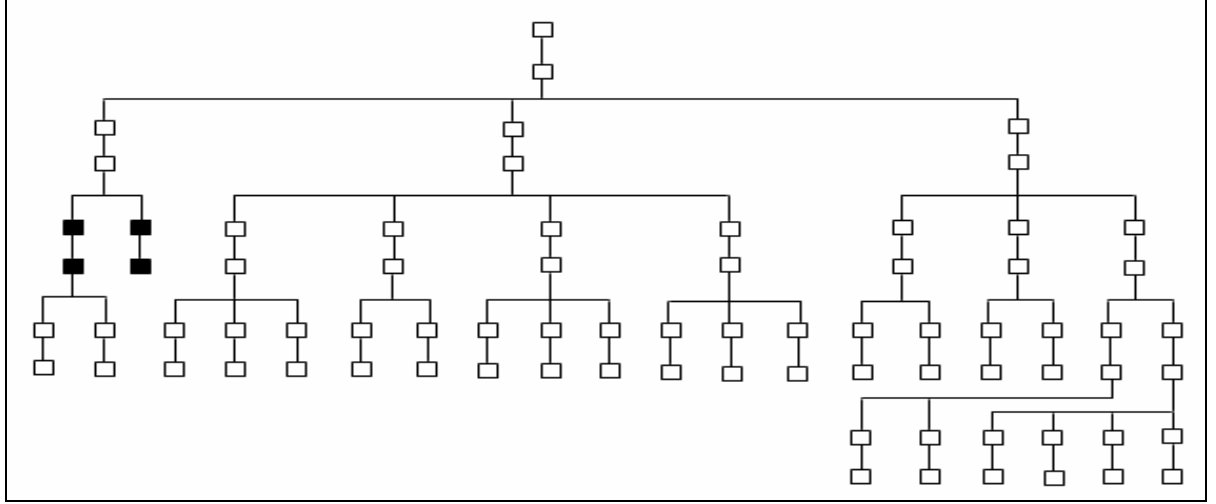
FR111 = Tedarikçi esnekliğini arttır

FR112 = Değişkenliğe bağlı araç atama hatalarını ortadan kaldır

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR11x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP11x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP111 = Tedarikçi geliştirme prosedürü

DP112 = Poka Yoke



Şekil 7.71 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR11n-DP11n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR111 \\ FR112 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP111 \\ DP112 \end{bmatrix} \quad (7.35)$$

Tasarım ayırık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Tedarikçi esnekliğini arttır:**

Çeşitli ekonomik, mevsimsel ve rekabetsel nedenlerden dolayı ana üreticinin talep değişikliğinden kaynaklanan esneklik gereksinimini sağlayamama nedeni maliyet unsurlarından biri tedarikçiden kaynaklanan nedenler olarak belirlenebilir. Ana üreticinin esnek ve değişken bir pazarda bulunması durumunda ana üreticiyle beraber çalışan ve onun yan sanayisi konumunda bulunan tedarikçilerin de ana üreticinin değişken taleplerini karşılaması kaçınılmazdır. Aksi taktirde tedarikçiler kendilerini ana üreticinin pazarına adapte edemediklerinde ana üreticinin taleplerini düşük kaliteli olarak sağlayabilmekte ya da istenilen termin süresinde karşılayamamaktadır. Söz konusu hataların elimine edilmemesi durumunda ana üretici ya daha düşük kalitede ürün üretmek durumunda kalacak ya da planlanan termin sürelerine ulaşma performansında gerilemeyle karşılaşacaktır. Bu

durumların önüne geçebilmek için ana üretici tedarikçileriyle performans entegrasyonu sağlayabilmeli ve kontrol sistemini sürekli canlı tutmalıdır.

#### FR111'in Ayrıştırılması:

“Tedarikçi esnekliği arttır” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR111) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP111 (tedarikçi geliştirme prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.72):

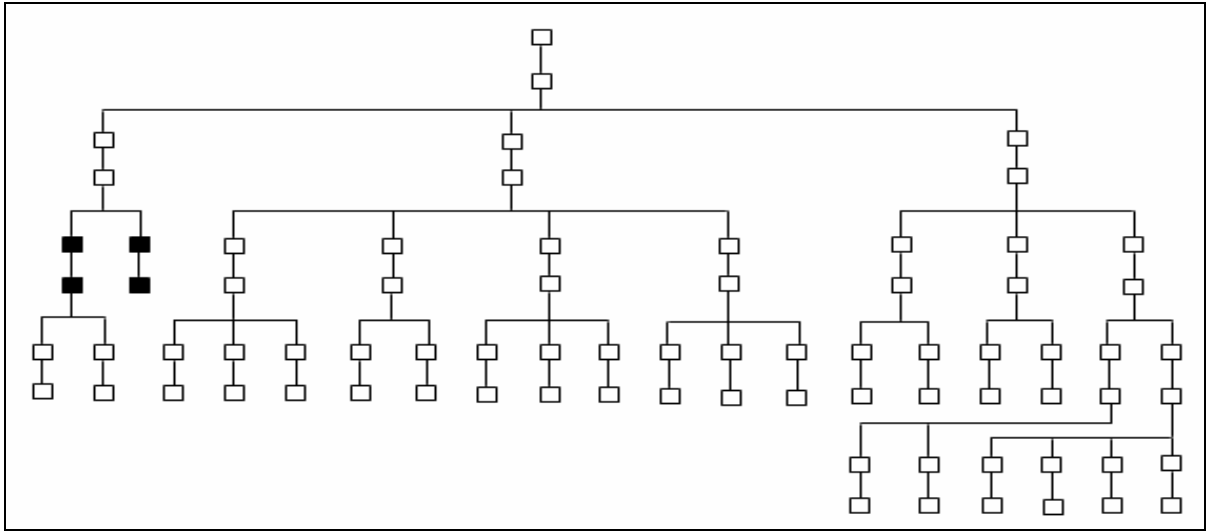
FR1111 = Tedarikçi süreçlerini geliştir

FR1112 = Tedarikçi performansını sürekli kıl

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR111x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP111x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1111 = Bütünleşik esnek tedarik zinciri prosedürü

DP1112 = Periyodik kontrol prosedürü



Şekil 7.72 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR111n-DP111n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1111 \\ FR1112 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1111 \\ DP1112 \end{bmatrix} \quad (7.36)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### **Tedarikçi süreçlerini geliştir:**

Tedarikçilerin kendilerini ana üreticinin pazarına adapte edememeleri, ana üreticinin taleplerini düşük kaliteli olarak sağlamaları yada istenilen termin süresinde karşılayamamaları ile sonuçlanan hataların nedenlerinden biri tedarikçinin planlama ve proses verimliliğindeki düşüklüktür. Lojistik merkezi tarafından ana üreticinin taleplerinin tedarikçiye ulaşması ve termin süresinin iletilmesinden sonra tedarikçinin dahili planlama ve üretim proseslerinde ortaya çıkan çeşitli düzensizlik ve verimsizlikler düşük kaliteli ürünlere ya da termin süresini sağlayamamaya neden olmaktadır. Bu nedenle ana üretici ile tedarikçiler arasında esnek tedarik zinciri yönetimi entegrasyonu sağlanmalı ve periyodik denetlemeler gerçekleştirilmelidir.

### **Tedarikçi performansını sürekli kıl:**

Tedarikçilerle beraber esnek tedarik zinciri yönetimi entegrasyonu sağlanmasından sonra performansında gelişme beklenen tedarikçilerin lojistik merkeziyle yüksek koordinasyon sağlanması ile takibi gereklidir. Bu durumda hem olabilecek değişiklik veya gecikmelerden lojistik merkezinin ve ana üreticinin bilgisi olacaktır hem de tedarikçi süreçlerinin takibi yapılarak belirli orandaki sapmaların önüne geçilecektir.

### **Değişkenliğe bağlı araç atama hatalarını ortadan kaldır:**

Talep değişkenliği nedeniyle ortaya çıkan maliyet unsurlarından bir diğeri de araç atama hatalarıdır. Özellikle döngüsel sefer sistemi kapsamında gruplandırılmış tedarikçilere gelen talebin değişken olması, bir araçla birden fazla tedarikçi için yükleme ve boşaltma faaliyetinin gerçekleştirilmesinden dolayı, her gün kamyonların doluluk oranı değişkenlik göstermektedir. Optimum araç atamasının yapılamaması durumunda ya araçlar düşük doluluk oranında taşıma yapmakta ya da tüm ürünleri alamadığından ek sefere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumlar da hem maliyete hem de gecikmelere neden olmaktadır. Araç atama aşamasında kullanılan optimizasyon programının etkin ve doğru olarak kullanılmasıyla bu maliyet ve gecikme nedenlerinin önüne geçilebilir.

### **Taşıma sisteminin geçerliliğini sürdür:**

Pazardaki değişkenliğin yoğun olduğu günümüzde artan taleplere daha yüksek başarı performanslarıyla cevap verebilmek için güncel sistem ve teknolojilerin takip edilmesi kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu nedenle müşteri ihtiyaçlarının ve bu ihtiyaçların nasıl başarıyla karşılanabileceğinin değerlendirilmesi aşamasında sistem bünyesinde güncellemeler

yapılmalıdır. Lojistik sektöründe bu güncellemeler sistem bileşenlerinin her noktasını kapsayacak biçimde değerlendirilmelidir.

### FR12'nin Ayrıştırılması:

“Taşıma verimliliğine ilişkin tüm güncellemeleri sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR12) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP12 (etkin güncelleme sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.73):

FR121 = İşbirliği yapılacak tedarikçi listesini belirle

FR122 = Taşıma rotalarını geçerli kıl

FR123 = Araç güncellemelerini sağla

FR124 = Yazılım sisteminin geçerliliğini sağla

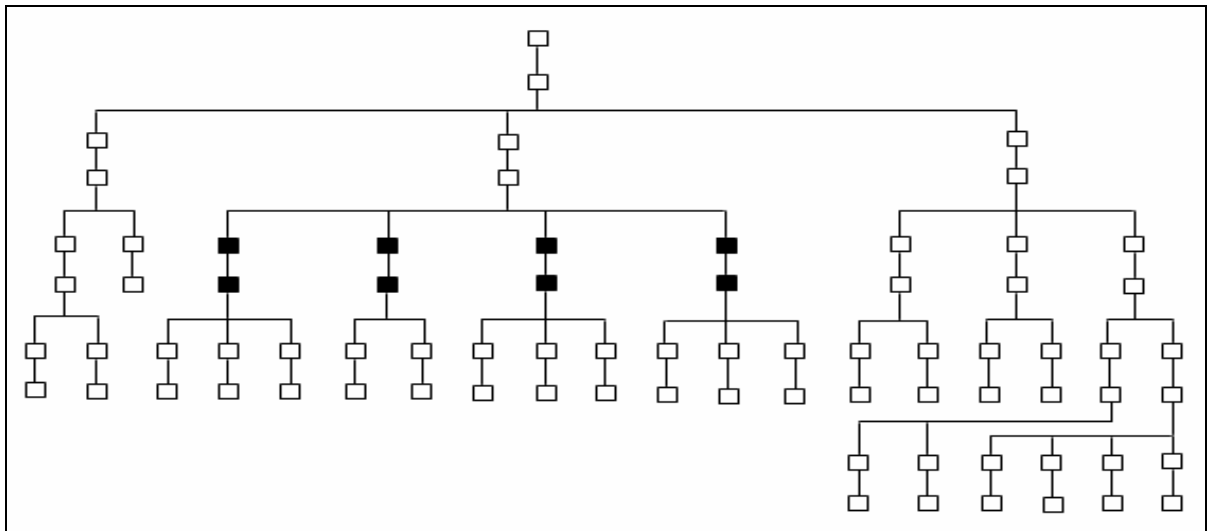
Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR12x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP12x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP121 = Güncelleştirilen tedarikçi bilgileri

DP122 = Güncelleştirilen rota bilgileri

DP123 = Yeniden saptanmış araç bilgileri

DP124 = Güncelleştirilen yazılım sistemi



Şekil 7.73 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR12n-DP12n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,



$$\begin{bmatrix} FR121 \\ FR122 \\ FR123 \\ FR124 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & X & X & \\ X & X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP121 \\ DP122 \\ DP123 \\ DP124 \end{bmatrix} \quad (7.37)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### **İşbirliği yapılacak tedarikçi listesini belirle:**

Sürekli olarak yapılması gereken güncellemelerden ilki tedarikçi bilgilerinde değişikliklerin hızla ve doğru olarak yapıya adapte edilmesidir. Ana üreticinin gerçekleştirdiği performans analizlerine bağlı olarak lojistik merkezinin çalıştığı tedarikçilerde artış ve azalışlar meydana gelebilmektedir. Lojistik merkezinin ana üreticiden bu bilgileri sürekli olarak güncelleyerek kendi bünyesinde çalışan elemanlarında bilgilerini tazelemesi gerekir ve elemanların entegre biçimde çalıştıkları yazılım sisteminde güncellenmesi sağlanmalıdır. Aksi takdirde değişiklikler karşısında elemanların tepki verme süresi uzayacak ve yanlış anlamalardan kaynaklanabilecek hatalar ortaya çıkacaktır.

### **FR121'in Ayrıştırılması:**

“İşbirliği yapılacak tedarikçi listesini belirle” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR121) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP121 (güncelleştirilen tedarikçi bilgileri) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.74):

FR1211 = Bilgilerin yazılıma tanıtılmasını sağla

FR1212 = Bilgiyi yay

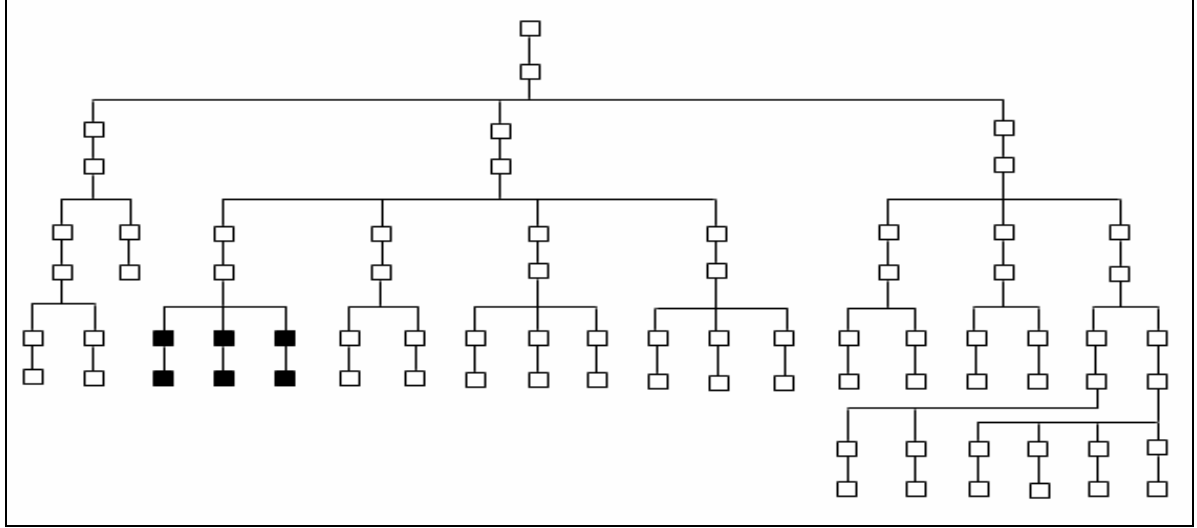
FR1213 = Yayılan bilgiyi uygula

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR121x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP121x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1211 = Bilişim sistemi güncelleme prosedürü

DP1212 = Bilgi güncelleme prosedürü

DP1213 = Uygulamaya alma prosedürü



Şekil 7.74 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR121n-DP121n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1211 \\ FR1212 \\ FR1213 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1211 \\ DP1212 \\ DP1213 \end{bmatrix} \quad (7.38)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Bilgilerin yazılıma tanıtılmasını sağla:**

Ana üreticinin gerçekleştirdiği performans değerlendirmeleri neticesinde değişiklik göstermesi muhtemel olan tedarikçi listelerinin öncelikli olarak elemanların çalışmaları esnasında kullandıkları yazılım sistemine tanıtılması gerekmektedir. Yazılım programının güncellemeleri kapsamaması veya geç kapsamaması durumunda çalışanların bilgilerinin güncel olması anlamını yitirecektir.

#### **Bilgiyi yay:**

Sistem güncellemeleri sağlanan bir yapıda çalışanların bu değişikliklere ilişkin bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Aksi taktirde çalışanlar yazılım sistemindeki değişiklikleri kavrama sürecinde önemli vakitler kaybedecek ve hata yapma olasılığı artış gösterecektir. Verimli bir çalışmanın sağlanabilmesi için entegre olarak çalışan yazılım ve elemanın bilgi güncelliğinin de beraber sağlanması gerekmektedir.

### **Yayılan bilgiyi uygula:**

Yazılım sisteminin değişikliklere göre güncellenmesi ve sistemdeki güncellemelerin lojistik merkezi çalışanlarına duyurulmasının ardından lojistik merkezi elemanlarının bundan sonraki aşamada süreçlerle ilgili olarak beraber çalışacağı tedarikçi firmanın elemanı veya elemanları ile iletişime geçmesinin sağlanması ve işleyişe ilişkin koordinasyon altyapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu aşama sürecin işleyişinde muhatap veya sorumlu bulamama problemlerinin ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır.

### **Taşıma rotalarını geçerli kıl:**

Ana üreticinin gerçekleştirdiği performans değerlendirmeleri neticesinde değişiklik gösteren tedarikçiler ve onların bulunduğu lokasyonlara bağlı olarak rota güncellemelerinin gerçekleştirilmesinin yanında daha kısa yolların bulunması ile verimsiz ve riskli yolların eliminasyonun sağlanabilmesi için sürekli olarak alternatif olabilecek yollar araştırılmalı, söz konusu güncellemeler yapılmalıdır. Bu durumda daha hızlı, sağlıklı ve riskten arındırılmış taşımalar gerçekleştirilebilir.

### **FR122'nin Ayırıştırılması:**

“Taşıma rotalarını geçerli kıl” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR122) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP122 (güncelleştirilen rota bilgileri) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayırıştırılmıştır (Şekil 7.75):

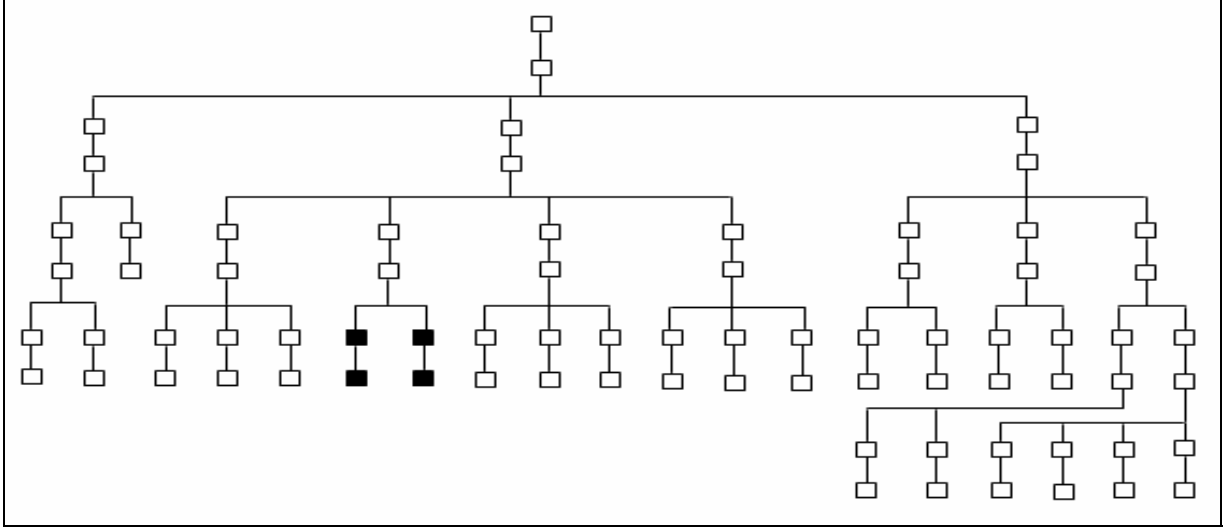
FR1221 = Yeni alternatif yol bilgilerini sorgula

FR1222 = Ortaya çıkan verimsiz ve riskli yolları yok et

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR122x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP122x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1221 = Güncellenen yollar

DP1222 = Yol seçim prosedürü



Şekil 7.75 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR122n-DP122n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1221 \\ FR1222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1221 \\ DP1222 \end{bmatrix} \quad (7.39)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### Yeni alternatif yol bilgilerini sorgula:

Ulaşımında sıkıntı yaşanan noktalarda yeni yolların yapılması ile birlikte trafik yoğunluğunda ve gecikmelerde iyileştirmeler sağlanmaktadır. Tedarikçilere zamanında ulaşma ve ana üreticiye zamanında teslimat yapabilme noktasında daha hızlı olunabilmesi amacıyla mevcut yollara alternatif olarak yapılan güncel yolların takip edilmesi ve taşıma sisteminin bünyesine adapte edilmesi gerekmektedir.

#### Ortaya çıkan verimsiz ve riskli yolları yok et:

Mevcut yollara alternatif olarak yapılan yeni yolların takip edilmesi dışında, taşıma esnasında yaşanan çeşitli sıkıntılardan dolayı mevcut rota güzergahların mevcut diğer alternatif yollar ile değiştirilmesi de bir başka çözüm olacaktır. Takip edilen rota üzerinde yolun bozukluğu, aşırı virajlı olması, sürekli bakım ve onarım çalışmalarının yapılması gibi nedenlerden dolayı taşımalar riskli, verimsiz ve geç yapılabilir. Bu durumda fayda-maliyet analizi yapılarak mevcut alternatif yollar değerlendirilmelidir. Bu aşamada önemli olan müşteriye ürünü sağlam ve hızlı olarak ulaştırabileceğimiz yolların kullanılmasıdır.

### Araç güncellemelerini sağla:

Müşterilere ürünleri zamanında ve sağlam olarak ulaştırabilmede en önemli unsurlardan biri de taşıma araçlarıdır. Çeşitli nedenlerden dolayı taşıma araçlarının da güncellemelerinin yapılması ve taşıma performansında artış sağlayacak alternatiflerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmeler ürün değişikliğinin gereksinimini sağlayabilmek amaçlı, müşteri talebi amaçlı veya lojistik merkezinin gerçekleştirdiği çalışmalar neticesinde belirlediği verimlilik ve maliyet analizlerinin sonuçlarını geliştirmek amaçlı olarak gerçekleştirilebilir.

### FR123'ün Ayrıştırılması:

“Araç güncellemelerini sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR123) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP123 (yeniden saptanmış araç bilgileri) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.76):

FR1231 = Ürün değişiminin gerektirdiği araç güncellemelerini sağla

FR1232 = Müşteri talebinin gerektirdiği araç güncellemelerini sağla

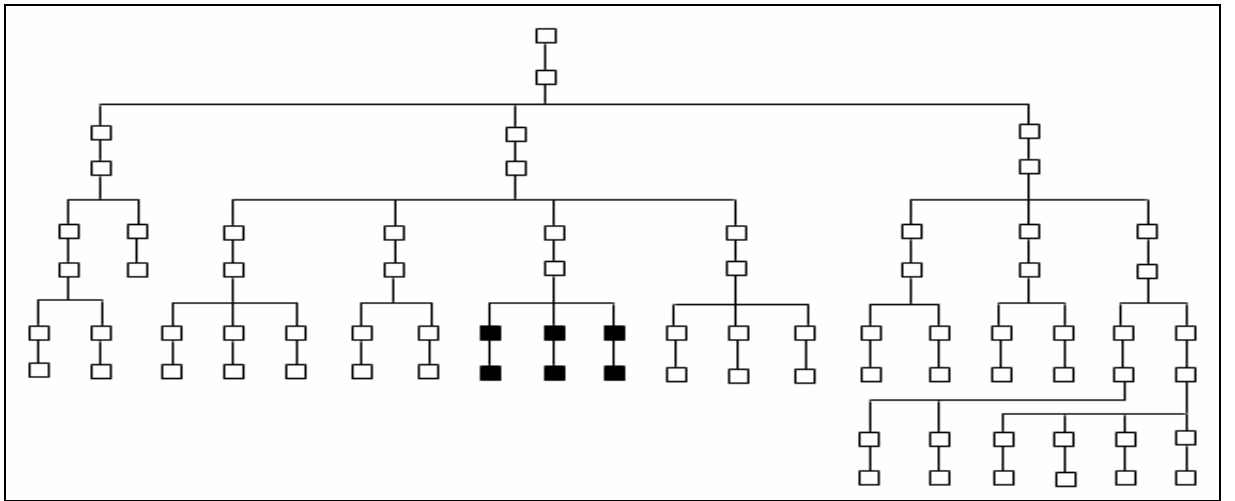
FR1233 = İstenen performansı sağlamayan araçları güncel kıl

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR123x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP123x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1231 = Ürüne bağlı saptanmış araçlar

DP1232 = Müşteri isteğine dayalı araçlar

DP1233 = Analize dayalı saptanan araçlar



Şekil 7.76 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR123n-DP123n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1231 \\ FR1232 \\ FR1233 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1231 \\ DP1232 \\ DP1233 \end{bmatrix} \quad (7.40)$$

Tasarım ayrılmış tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Ürün değişiminin gerektirdiği araç güncellemelerini sağla:**

Taşınan ürünlerin müşteriye talep edilen performansta teslim edilmesinde en önemli faktörlerden biri ürünün gerektirdiği taşıma koşullarının (sıcaklık, nem, basınç) taşıma araçlarında sağlanabilmesidir. Ana üreticinin talepleri doğrultusunda değişiklik gösteren ürünlerin gereksinimlerinin sağlanabilmesi için taşıma araçlarının taşıma koşullarının istenen özelliklere göre güncellenmesi gerekmektedir.

#### **Müşteri talebinin gerektirdiği araç güncellemelerini sağla:**

Ana üretici çeşitli değerlendirmeleri neticesinde lojistik firmasından taşıma araçlarıyla ilgili olarak yeni taleplerde ve güncelleme isteklerinde bulunabilir. Ana üretici anlaşmalarda yer verilmişse bu tür güncelleme taleplerini sağlamakla yükümlü olacaktır.

#### **İstenen performansı sağlamayan araçları güncel kıl:**

Lojistik merkezi gerçekleştirdiği çalışmalar neticesinde belirlediği verimlilik ve maliyet analizlerinin sonuçlarını geliştirmek amaçlı olarak araç güncellemeleri yapmalıdır. Taşımada kullanılan araçların performansları ile maliyetleri değerlendirilerek performans ve maliyet açısından optimumu sağlayan taşıma araçları belirlenmeli ve belirli bir planlama ile mevcut araçlar güncel olanları ile değiştirilmelidir.

#### **Yazılım sisteminin geçerliliğini sağla:**

Müşteri taleplerini zamanında ve verimli olarak gerçekleştirebilmek için yapılması gereken güncellemelerden bir diğeri de sistem ve yazılım güncellemelerinin gerçekleştirilmesidir. Yazılım ve sistem güncellemeleri, optimizasyon programı güncellemelerini, araç takip sistemi güncellemelerini ve iletişim araçlarının güncellemelerini sağlamalıdır. Bu şekilde tüm takip ve planlama faaliyetleri güncelleştirilen diğer bütünleşik sistem elemanlarına adapte olabilecektir.

### FR124'ün Ayrıştırılması:

“Yazılım sisteminin geçerliliğini sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR124) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP124 (güncellenen yazılım sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.77):

FR1241 = Rota ve kapasite eniyilemesini geçerli kıl

FR1242 = Araç takip sistemi geçerliliğini sağla

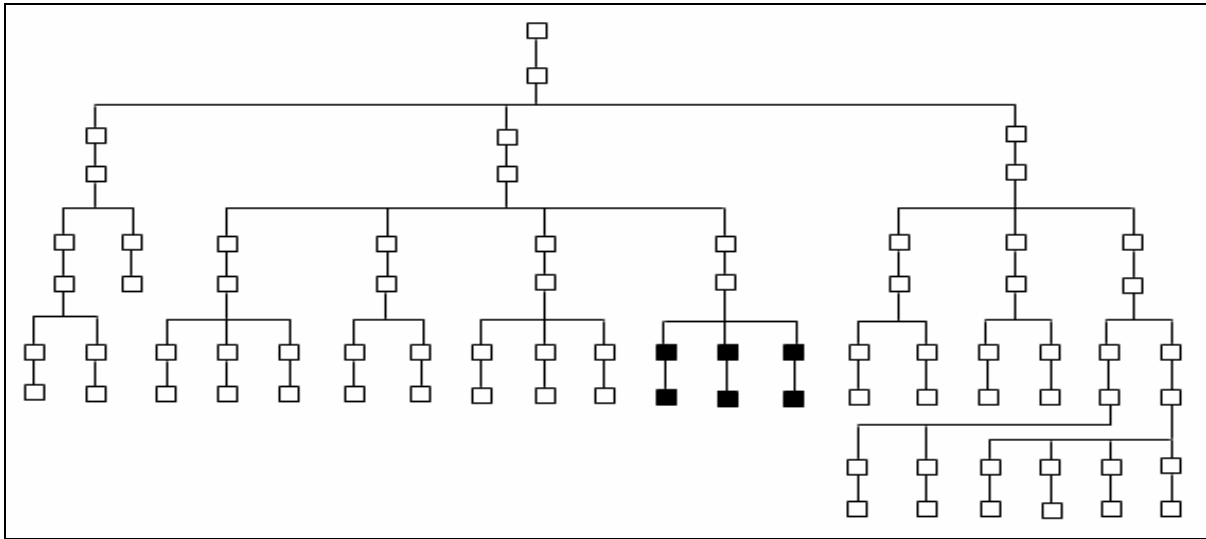
FR1243 = İletişim araçlarının geçerliliğini sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR124x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP124x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1241 = Güncellenen optimizasyon programı

DP1242 = Güncellenen araç takip sistemi prosedürü

DP1243 = İletişim araçları güncelleme prosedürü



Şekil 7.77 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR124n-DP124n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1241 \\ FR1242 \\ FR1243 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ 0 & X & \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1241 \\ DP1242 \\ DP1243 \end{bmatrix} \quad (7.41)$$

Tasarım ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### **Rota ve kapasite eniyilemesini geçerli kıl:**

Lojistik merkezi çalışanlarının, planlama, takip etme, araç atama ve araç rotalama aşamalarında kullandıkları optimizasyon programlarının artan müşteri talepleri ve karmaşıklığı karşısında başarılı olarak çalışabilmeleri için yeni modülleri içeren güncel sistemler haline getirilmelerinin sağlanması gerekmektedir. Bu güncellemeler, çalışanların daha az hatayla daha hızlı olarak çalışmalarını sağlayacaktır.

### **Araç takip sistemi geçerliliğini sağla:**

Taşıma araçlarının hız ve lokasyon takibinde kullanılan araç takip sistemlerinin güncel ve verimli çalışır olması son derece önemlidir. Bu sistem sayesinde araçların nerede oldukları ve ne hızda ilerlediği takip edilebilmekte ve taşımının sağlıklı olması güvence altına alınmaktadır. Araçlarda meydana gelebilecek herhangi bir arıza veya kaza durumunda müdahale etme ve yönlendirme faaliyetleri hız kazanmaktadır.

### **İletişim araçlarının geçerliliğini sağla:**

Lojistik merkezi çalışanlarının ana üretici ve tedarikçilerle bilgi kışının sağlanmasında kullanılan her türlü iletişim aracının verimli çalışması büyük önem arz etmektedir. İletişim problemleri büyük hatalara ve maliyet kalemlerine neden olabilmektedir. Bu nedenle iletişim problemleri iletişim araçlarının verimsizliğinden kaynaklanıyorsa müdahale edilmeli ve güncellemeleri sağlanmalıdır.

### **Müşteri memnuniyetine yönelik yeni hedefler belirle:**

Müşteri memnuniyetini sağlayabilmek günümüzün rekabet ortamında en önemli kriterlerden biridir. Bunun için de, müşterinin istediği ürün veya hizmeti hızlı, doğru ve sağlam olarak teslim etmek gerekir. Bu çalışmada, müşteri memnuniyeti hedeflerinden uzaklaştıran üç ana neden ve bunlara ilişkin çözüm önerileri üzerinde durulmuştur.

### **FR13'ün Ayrıştırılması:**

“Müşteri memnuniyetine yönelik yeni hedefleri belirle” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR13) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP13 (geliştirilen süreç akışları) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.78):

FR131 = Müşteriye daha doğru tepki verebilmeyi sağla

FR132 = Müşteriye daha sağlam ürün verebilmeyi sağla

FR133 = Müşteriye daha hızlı ürün verebilmeyi sağla

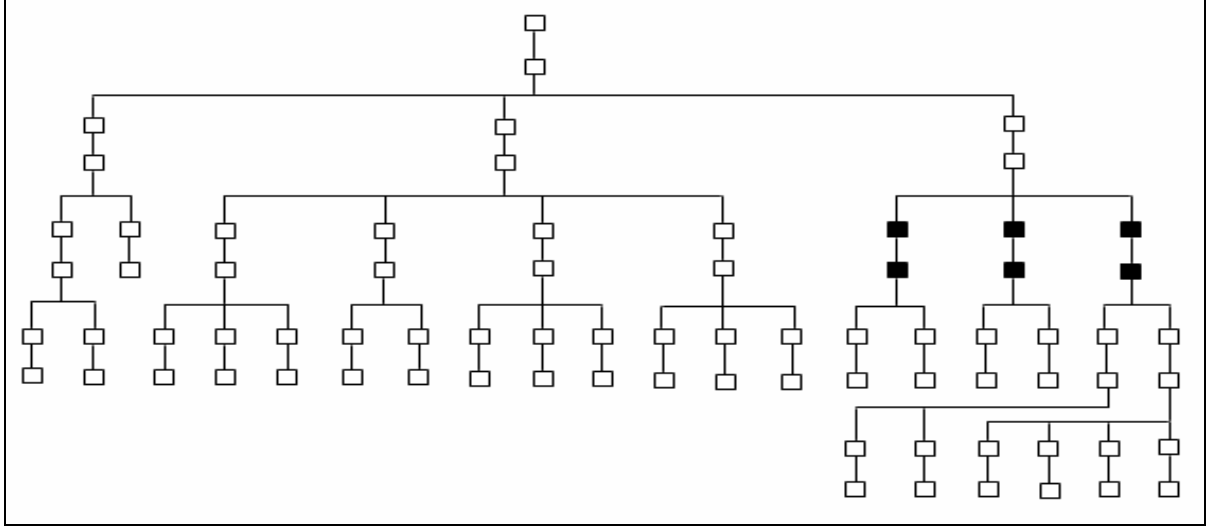


Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR13x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP13x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP131 = Geliştirilen kalite yönetimi sistemi

DP132 = Geliştirilen taşıma performansı

DP133 = Hızlandırılan süreçler



Şekil 7.78 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR13n-DP13n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR131 \\ FR132 \\ FR133 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ 0 & X & \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP131 \\ DP132 \\ DP133 \end{bmatrix} \quad (7.42)$$

Tasarım ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Müşteriye daha doğru tepki verebilmeyi sağla:**

Müşteri taleplerini hızlı ve zamanında karşılamak kadar önemli olan diğer bir faktör de doğru tepki verebilmektir. Bu kapsamda müşteri isteklerini hem doğru hemde hızlı olarak sağlayabilmek gerekir. Çalışma kapsamında müşteriye daha doğru tepki verebilmek için sistem performansını etkileyen faktörler olarak bilgi akışlarının doğru yapılması ve eleman hatalarının ortadan kaldırılması başlıkları seçilmiş ve incelenmiştir.

### FR131'in Ayrıştırılması:

“Müşteriye daha doğru tepki verebilmeyi sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR131) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP131 (geliştirilen kalite yönetimi sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.79):

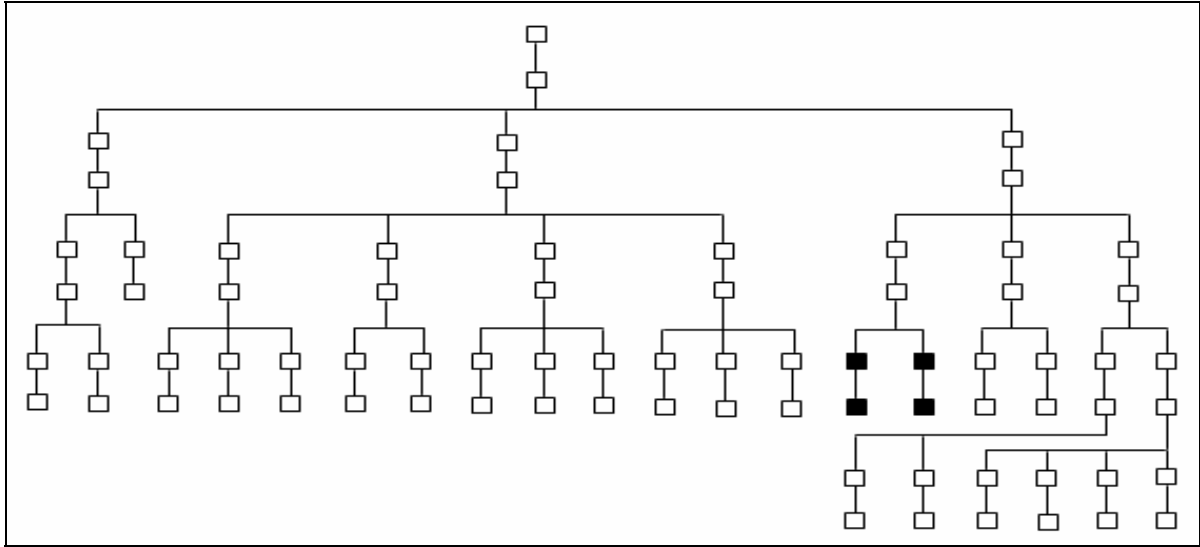
FR1311 = Doğru bilgi akışı sağla

FR1312 = Hataların azaltılmasını sağla

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR131x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP131x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1311 = Seçilen bilgi akış yöntemi

DP1312 = Süreç poka yoke



Şekil 7.79 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR131n-DP131n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1311 \\ FR1312 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1311 \\ DP1312 \end{bmatrix} \quad (7.43)$$

Tasarım ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### Doğru bilgi akışı sağla:

Yapılan süreçler kapsamında faaliyetleri yapan kişilere yapılacak işlerin içeriğiyle ilgili olarak doğru bilgi verilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde yanlış faaliyetler yapılarak hem zaman

kaybına neden olunur hemde hatalı sevkiyatlar ortaya çıkar ve müşteri memnuniyetsizliği meydana gelir. Bu aşamada bilgi akışını sağlayan ve faaliyetleri yönlendiren kişilerin doğru bilgi aktarmalarını sağlayabilmek için eğitim organizasyonu düzenlenmesi gerekmektedir.

#### **Hataların azaltılmasını sağla:**

Yapılan faaliyetlerle ilgili olarak ortaya çıkan ve yanlış süreç sonuçlarına neden olan faktörlerden diğeri çalışan hatalarıdır. Çalışanlara doğru bilgi verilmesinin ardından çalışanların da verilen talimatları doğru biçimde gerçekleştirmeleri gerekir. Teknik ve mesleki eğitim ve yeterlilikleri sağlanmış olan personel genellikle dikkatsizlikten dolayı hatalar yapabilmektedir. Bunun ortadan kaldırılması için sürecin çeşitli noktalarında kontrol prosedürlerinin uygulanması gerekmektedir.

#### **Müşteriye daha sağlam ürün verebilmeyi sağla:**

Müşteri isteklerinin sağlanmasında hızlı ve doğru çalışma kadar sağlam olarak ürünlerin teslim edilmesi de önemlidir. Çalışma kapsamında ürünlerin sağlam olarak teslim edilmesi aşamasında sürücü nedenli hatalar ve taşıma nedenli hatalar incelenmiştir.

#### **FR132'nin Ayırıştırılması:**

“Müşteriye daha sağlam ürün verebilmeyi sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR132) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP132 (geliştirilen taşıma performansı) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayırıştırılmıştır (Şekil 7.80):

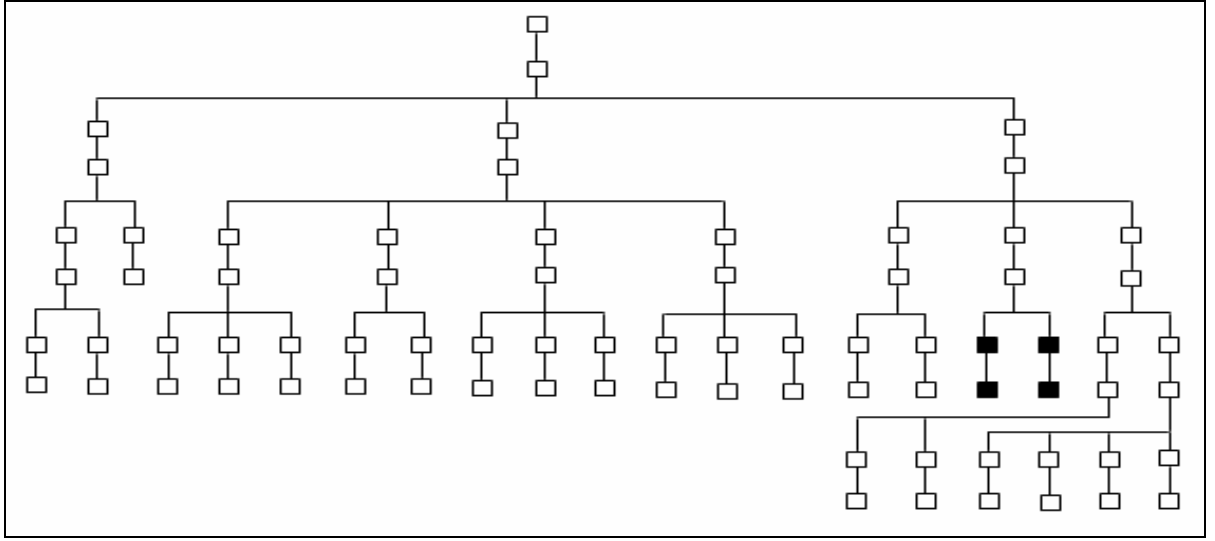
FR1321 = Sürücü nedenli hataları ortadan kaldır

FR1322 = Araç nedenli hataları ortadan kaldır

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR132x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP132x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1321 = Sürücü eğitim ve kontrol sistemi

DP1322 = Araç bakım sistemi



Şekil 7.80 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR132n-DP132n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1321 \\ FR1322 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1321 \\ DP1322 \end{bmatrix} \quad (7.44)$$

Tasarım ayrıktır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Sürücü nedenli hataları ortadan kaldır:**

Ürünlerde ortaya çıkan hataların temel nedenlerinden biri sürücü temelli hatalardır. Sürücülerin taşıma sürecinde uymaları gereken kurallara uymaması, takip edilecek yol gibi faktörler olabilir. Önceden belirlenen kurallara uyulmaması halinde ürünler taşıma süresince hasara uğrayabilmekte ve müşteri memnuniyetsizliğiyle birlikte maliyet unsuru olarak geri dönmektedir.

#### **Araç nedenli hataları ortadan kaldır:**

Taşıyan ürünlerin müşteriye hasarlı olarak aktarılmasına neden olan diğer faktör de araç temelli hatalardır. Araçların sağlam taşımayı karşılayacak özellikleri bünyesinde taşınamaması neticesinde ürünler taşıma esnasında hasara uğrayabilmektedir. Bunlar araç içindeki stoklama yapısından veya aracın teknik ekipmanlarının yetersizliğinden kaynaklanabilir.

#### **Müşteriye daha hızlı tepki verebilmeyi sağla:**

Müşteriye hızlı tepki verme günümüzün rekabet ortamında en önemli etmenlerden biri haline gelmiştir. Bunun için de, her türlü temin süresinin kısaltılması ve gecikmelerin eliminasyonu

gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında müşteriye daha hızlı tepki verebilme başlığı altında taşıma ve süreç gecikmeleri performansı etkileyen kriterler olarak belirlenmiş ve incelenmiştir.

### FR133'ün Ayrıştırılması:

“Müşteriye daha hızlı tepki verebilmeyi sağla” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR133) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP133 (hızlandırılan süreçler) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.81):

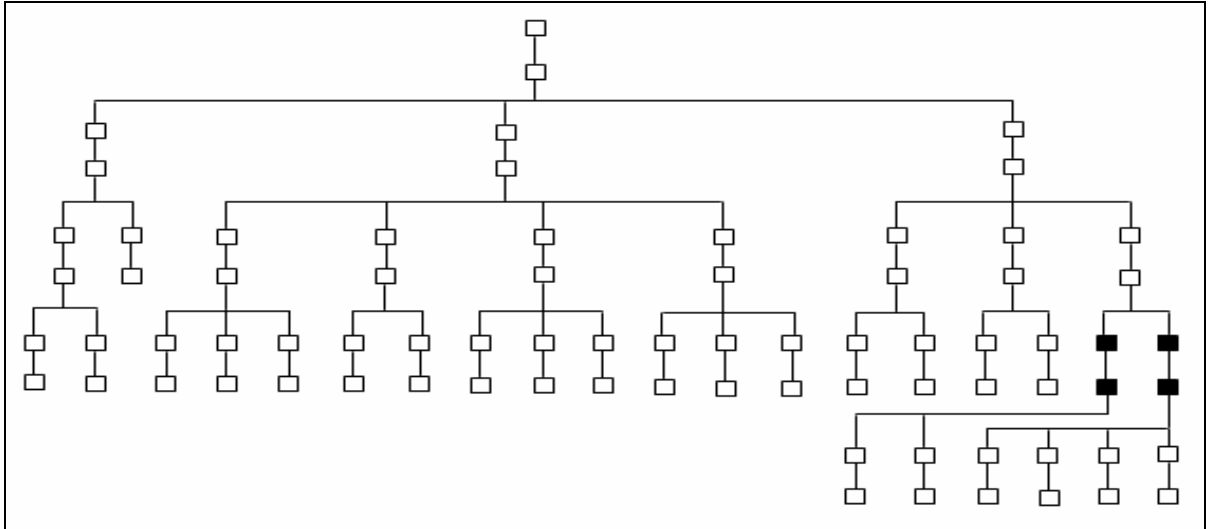
FR1331 = Taşıma esnasındaki gecikmeleri ortadan kaldır

FR1332 = Süreç gecikmelerini ortadan kaldır

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR133x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP133x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP1331 = Uygun taşıma hızı sistemi

DP1332 = Süreç geliştirme prosedürü



Şekil 7.81 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR133n-DP133n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\begin{bmatrix} FR1331 \\ FR1332 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP1331 \\ DP1332 \end{bmatrix} \quad (7.45)$$

Tasarım ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### **Taşıma esnasındaki gecikmeleri ortadan kaldır:**

Çeşitli nedenlerden kaynaklanan taşıma gecikmeleri ortaya çıkabilmektedir. Bunun neticesinde de ana üretici zor durumda kalmaktadır. Çalışma kapsamında hareket halinde olan taşıma araçlarının hızından kaynaklanan gecikmeler ve araç arızalarından kaynaklanan gecikmeler ele alınmıştır. Taşıma araçları taşıma esnasında gerektiğinden daha yavaş yol alabilmektedir. Bu nedenle taşıma süreci boyunca araçların periyodik olarak takibi ve planlanandan gecikmeleri engelleyebilmek için yönlendirilmeleri gerekmektedir. Ayrıca taşıma araçlarının arızalanmalarının önüne geçilmesi ile belirli orandaki gecikmeler ortadan kaldırılmış olacaktır.

### **Süreç gecikmelerini ortadan kaldır:**

Süreç içerisinde çeşitli nedenlerden kaynaklanan gecikmeler ayrı olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında süreç gecikmeleri yöntem nedenli, donanım nedenli, işgören nedenli ve işgören-donanım nedenli olarak değerlendirilmiş ve incelenmiştir.

### **FR1331'in Ayrıştırılması:**

“Taşıma esnasındaki gecikmeleri ortadan kaldır” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR1331) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP1331 (uygun taşıma hızı sistemi) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayrıştırılmıştır (Şekil 7.82):

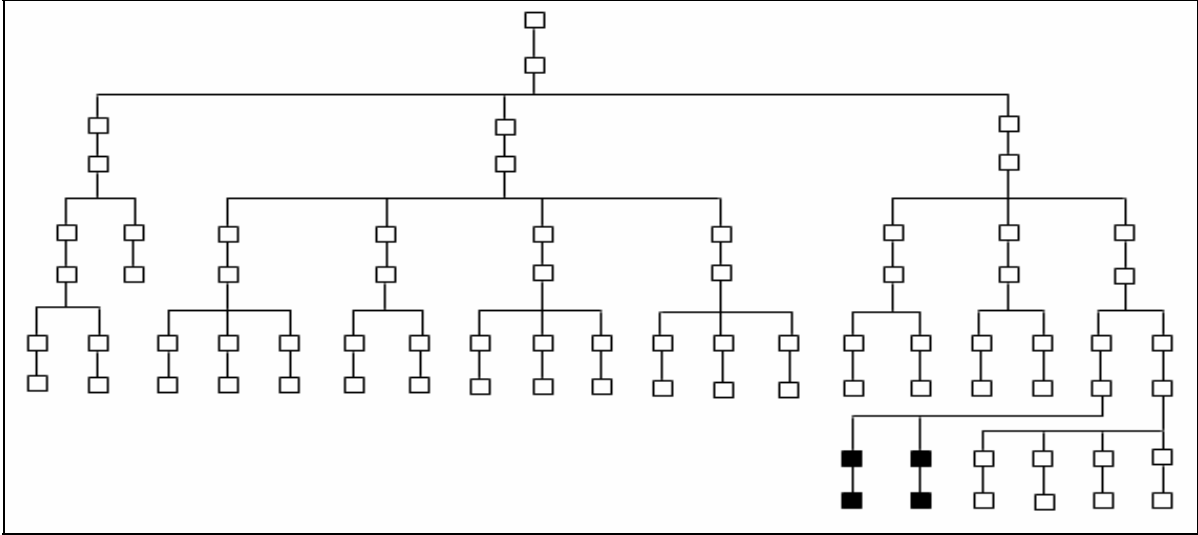
FR13311 = Taşımalarda yüksek koordinasyon sağla

FR13312 = Araç arızalarından dolayı gecikmeyi ortadan kaldır

Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR1331x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP1331x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP13111 = Yüksek iletişim ve takip

DP13112 = Periyodik ve önleyici bakım



Şekil 7.82 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması (FR1331n-DP1331n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir

$$\begin{bmatrix} FR13311 \\ FR13312 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP13311 \\ DP13312 \end{bmatrix} \quad (7.46)$$

Tasarım ayrık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

#### **Taşımalarda yüksek koordinasyon sağla:**

Taşıma araçları taşıma esnasında gerektiğinden daha yavaş yol alabilmektedir bu yüzden taşıma süreci boyunca araçların periyodik olarak takibi ve planlanana göre gecikmeleri engelleyebilmek için yönlendirilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle lojistik merkezinde araç takibiyle görevli çalışanların planlanan taşıma teslim zamanları ile araçların ana üreticiye ve tedarikçilere mesafeleri ve konumlarını karşılaştırarak yönlendirme yapmaları faydalı olacaktır.

#### **Araç arızalarından dolayı gecikmeyi ortadan kaldır:**

Müşterilere zamanında tepki vermeyi engelleyecek unsurlardan biri de taşıma araçlarının arızalanmalarıdır. Bu durumun önüne geçebilmek amacıyla taşıma araçlarının olabilecek arızalara karşı periyodik ve düzenli bakım çalışmalarına tabi tutulmaları ve kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Bu şekilde araç arıza oranlarında çok büyük düşüşler sağlanacak ve bu durum da direkt olarak teslim zamanını ve müşteri memnuniyetini etkileyecektir.

### FR1332'nin Ayırıştırılması:

“Süreç gecikmelerini ortadan kaldır” şeklinde ifade edilen fonksiyonel ihtiyaç (FR1332) ile bu fonksiyonel ihtiyaca karşılık gelen DP1332 (süreç geliştirme prosedürü) birlikte değerlendirilerek aşağıda belirtildiği şekilde ayırıştırılmıştır (Şekil 7.83):

FR13321 = İşgören gelişimi sağla

FR13322 = İşin yeni yapılış yollarını bul

FR13323 = İşgören-donanım sorunlarını ortadan kaldır

FR13324 = Donanım zaman kayıplarını azalt

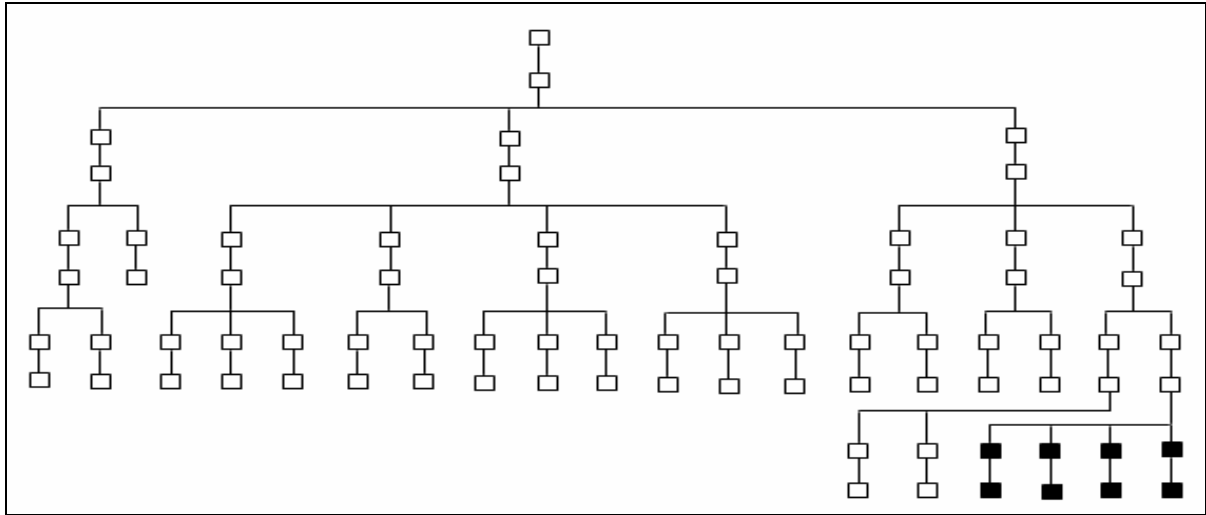
Fonksiyonel ihtiyaçlara (FR1332x) karşılık gelen tasarım parametreleri de (DP1332x) aşağıda gösterildiği gibi belirlenebilir:

DP13321 = Arttırılan işgücü verimi

DP13322 = Geliştirilmiş iş yöntemleri

DP13323 = 5S ve ergonomik düzenleme

DP13324 = Arttırılan OEE (Overall Equipment Efficiency-Ekipman etkinlik oranı)



Şekil 7.83 Yalın lojistik (döngüsel sefer + çapraz havuzlama) sisteminin performans geliştirme prosedürünün ayırıştırılması (FR1332n-DP1332n)

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren tasarım matrisi ve ilgili tasarım eşitliği aşağıdaki şekilde gösterilir,



$$\begin{bmatrix} FR13321 \\ FR13322 \\ FR13323 \\ FR13324 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ 0 & X & & \\ 0 & 0 & X & \\ 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} DP13321 \\ DP13322 \\ DP13323 \\ DP13324 \end{bmatrix} \quad (7.47)$$

Tasarım ayırık tasarımıdır ve bağımsızlık aksiyomunu karşılamaktadır.

### **İşgören gelişimi sağla:**

Gecikmelerin diğer bir nedeni de işgören kaynaklı tempo düşüklüğü veya hatalardır. Bu çalışma kapsamında işgörenlerin sürekli olarak doğru işi yapmasının sağlanması ile teknik ve mesleki yeterliliğe ulaştırılması incelenmiştir. İşgörenlerin iş adımlarını değiştirmeleri, farklı yollarla görevlerini yerine getirmeleri neticesinde süreç içinde hatalar ve gecikmeler ortaya çıkabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek amacıyla her iş prosesinin analiz edilerek standart iş adımlarının ve yöntemlerinin belirlenmesi ile çalışanların bu adımları takip ederek işlerini gerçekleştirmelerinin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca süreç gecikmelerini azaltmak için işgörenlerin bilgi ve becerisinin artırılması yoluna gidilmelidir. Bunun için eğitim programları oluşturulur. Bu eğitimlerle işgörenin bilgi ve israf bilinç düzeyinin artırılması sağlanabilir. Ayrıca çalışanlara işle ilgili teorik ve iş başında eğitimler verilerek mesleki bilgi ve becerisi yükseltilmesi sağlanabilir.

### **İşin yeni yapılış yollarını bul:**

Proses adımlarının işleyişinde izlenen yöntemdeki eksiklikler ve hatalar sürecin gecikmesine neden olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek amacıyla mevcut süreç adımları analizlere tabi tutulmalı ve iyileştirme yapılabilecek noktalar belirlenmelidir. Çalışmaların neticesinde geliştirilmiş iş yöntemleri belirlenmeli ve uygulamaya geçirilmelidir.

### **İşgören-donanım sorunlarını ortadan kaldır:**

İşgörenle donanım arasındaki uyumsuzluk ve rahat bir çalışma ortamının sağlanamaması nedeniyle çalışanların temposunda düşüş, iş kazalarında artış ve süreçte gerileme durumları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle işgörenle kullanılan donanım arasında her türlü analiz yapılarak, 5S ve ergonomik düzenlemelerin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

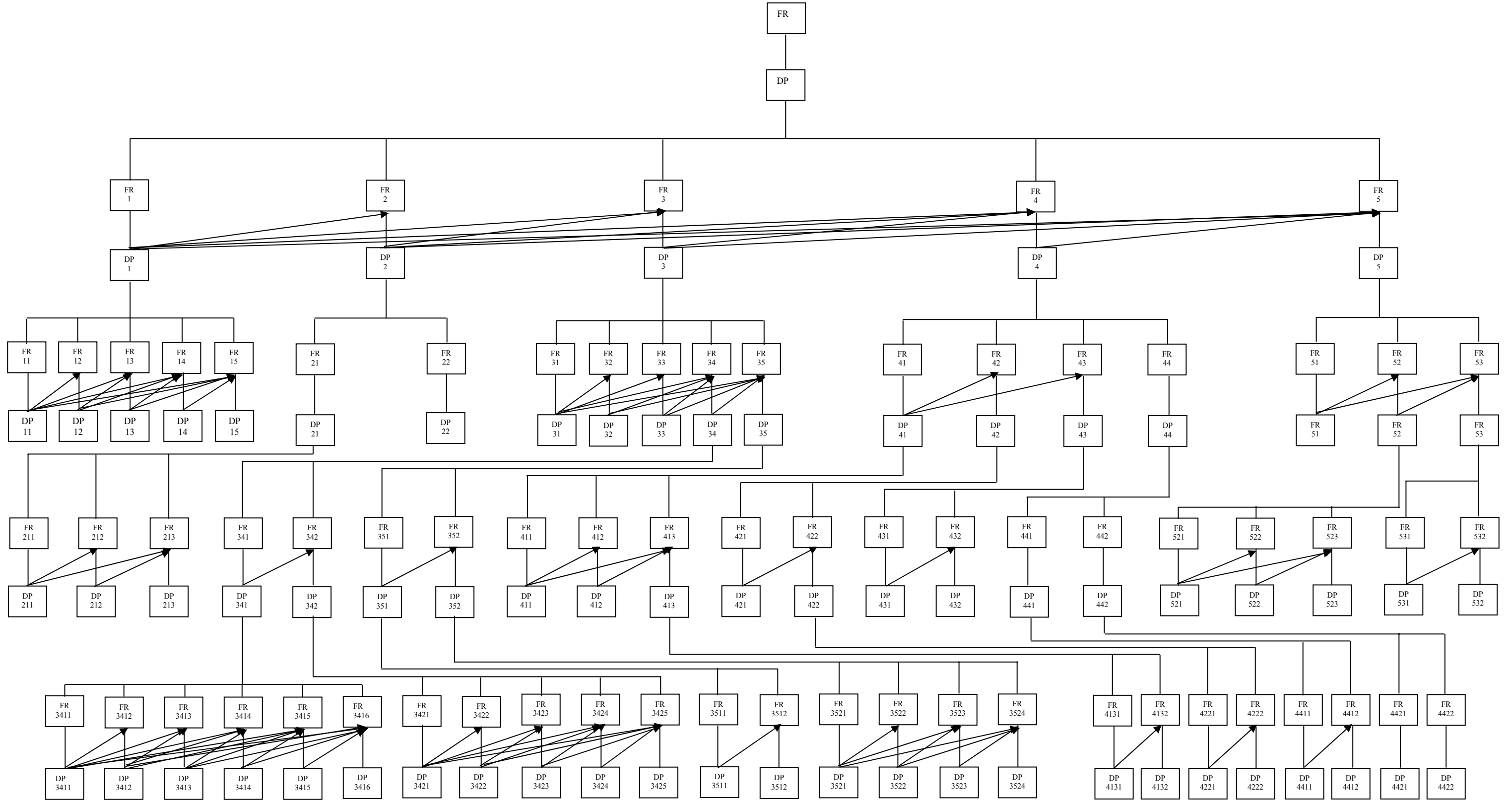
### **Donanım kayıplarını azalt:**

Sürecin gecikmesine neden olan ve donanımdan kaynaklanan etmenlerin neler olduğunu bulmak ve etkilerini ölçmek gerekir. Sonuçlara göre donanım üzerinde gerekli düzenlemelerin yapılması ile hatalı veya geç işleme neden olan donanım nedenleri ortadan kaldırılmaya çalışılır. Sonuçta geliştirilmiş bir donanım elde edilir. Çalışma kapsamında donanım

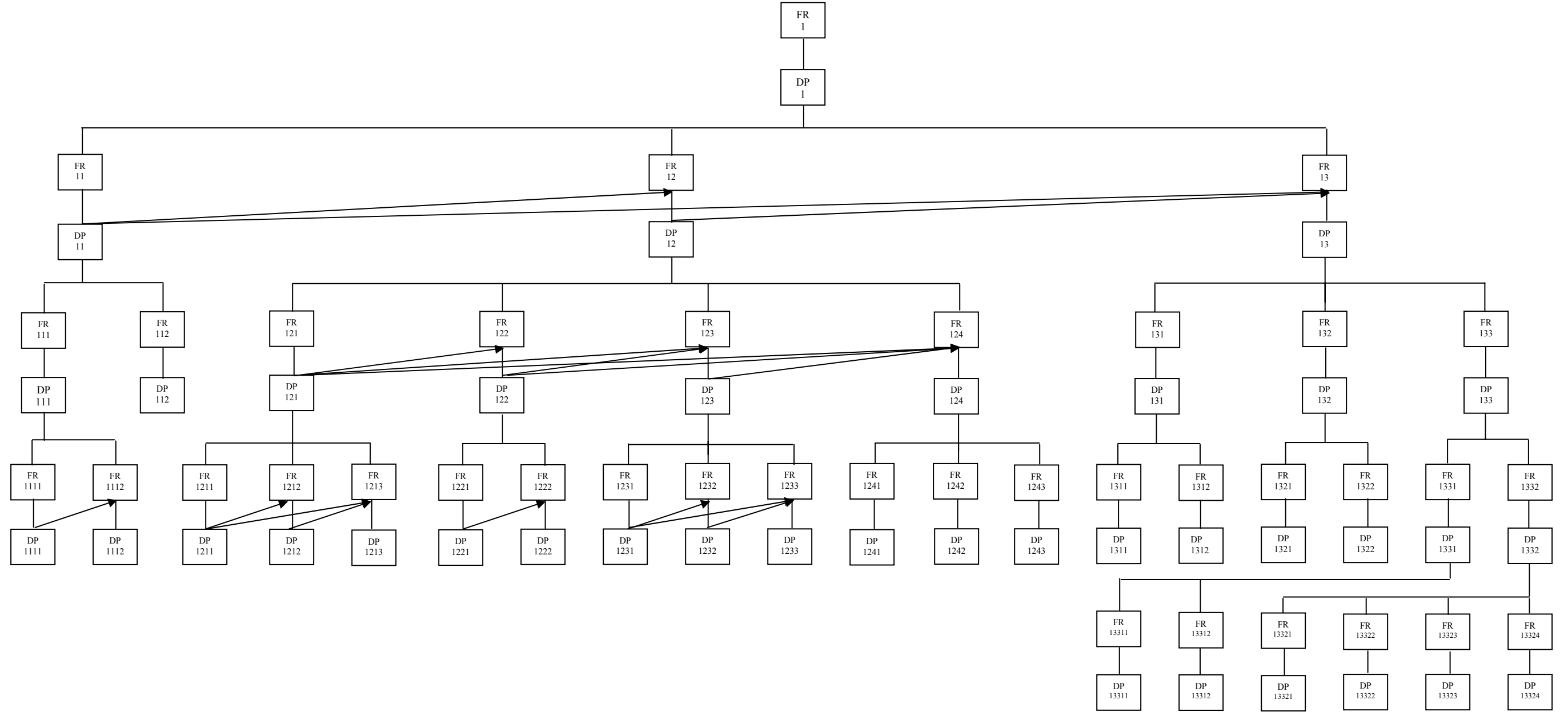
duruşlarının azaltılması ve arızalarının giderilmesi değerlendirilmiştir.

Donanım bozulmalarından kaynaklanan üretim kesintilerini azaltmak için önleyici bakım programı oluşturulmalıdır. Önleyici bakım programı uygulandığı takdirde donanımların arızalanma olasılıkları düşecektir. Bu konudaki hedef doğal olarak sıfır arızaya doğru yönelmektir.

şekil 7.84'te yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması ve şekil 7.85'te yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistemin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması gösterilmiştir.



Şekil 7.84 Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistem tasarımının ayrıştırılması



Şekil 7.85 Yalın lojistik (döngüsel sefer-çapraz havuzlama) tabanlı sistemin performans geliştirme prosedürünün ayrıştırılması

## 8. SONUÇLAR

II. Dünya Savaşı'ndan sonra Japonya'da Toyota Motor Şirketinden Eiji Toyota ve Taiichi Ohno, yalın üretim kavramına öncülük etmişlerdir. Diğer Japon şirket ve endüstrilerinin de bu olağanüstü sistemi kopya etmeleri üzerine Japonya, kısa zamanda bugünkü ekonomik üstünlüğüne ulaşmıştır. Kısa bir tanım ile yalın üretim, en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine bire bir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israf ve tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştirilebileceğinin arayışının bir sonucudur.

Rekabetin ve maliyet unsurlarının çok daha fazla önemli olduğu günümüzde, israfın ve kaynaklarının ortadan kaldırılması firmaların öncelikleri haline gelmiştir. Maliyet unsurlarının en önemlilerinden olan lojistik faaliyetleri de bu nedenle firmaların üzerinde odaklanmaları ve geliştirmeleri gereken bir faaliyet alanı olmuştur. Lojistik faaliyetlerinin, rekabet şartları çerçevesinde, doğru şeyin, doğru yerde, doğru zamanda olmasını ve sermayenin önemine atfen, makul ve kabul edilebilir bir masrafla sağlanması gerekmektedir. Yalın düşünce tekniklerinin lojistik faaliyetleri üzerinde kullanılması ve israf unsurlarının azaltılmasıyla hem maliyet, hem kalite gelişimlerinin sağlanmasını amaçlayan yalın lojistik kavramı ve yöntemleri, günümüz rekabet ortamında firmalar için vazgeçilmez tekniklerden biri olmuştur.

Yalın lojistik kavramı ve tekniklerinin günümüzde akademik çalışmalarda yavaş yavaş önemi farkedilmeye başlanmış, çeşitli araştırmacı ve bilim adamları tarafından üzerinde çeşitli araştırmalar ve yorumlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Yalın üretim sistemi düşünce yapısının lojistik üzerine uygulanmasıyla ortaya çıkan yalın lojistik, en az israf ve en düşük maliyetle, ham maddelerin, süreç içi stokların ve bitmiş ürünlerin fiziki yerleşimlerinin ve hareketlerinin kontrol edilebildiği gelişmiş bir lojistik yapısıdır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, yalın lojistik tekniklerinden çapraz havuzlama ve döngüsel sefer tekniklerinin bir vaka için birleştirilmesi önerilerek, söz konusu sistemin tasarımı için kullanılabilecek sistematik bir yöntem sunulmaktadır. Önerilen yöntem, bir otomobil firmasının Türkiye'den farklı tedarikçilerden farklı zamanlarda çeşitli yarı mamulleri toplayarak Türkiye dışındaki farklı fabrikalara olan dağıtım ihtiyacını gösteren gerçek bir vakanın en kaliteli ve en az maliyetli olarak yönetilmesini sağlayacak sistemin tasarlanmasını içermektedir.

Çalışma kapsamında söz konusu vaka için yalın lojistik amaçlarını sağlayabilmek amacıyla,

en uygun taşıma sisteminin bulanık mantık yöntemiyle seçilmesi, seçilen yöntemin bağımsızlık aksiyomlarıyla tasarlanması ve işletilecek olan tasarımı yapılmış sistemin önceden belirlenen performans hedeflerini sağlayabilme yeterliliğinin değerlendirilmesi için performans değerlendirme prosedürünün bağımsızlık aksiyomu ile tasarımını içeren tasarım metodolojisi önerilmiştir.

Yalın lojistik sistemi için önerilen tasarım metodolojisi uygulamasının gerçekleştirilmesinde ilk aşama olan, müşteri istekleri doğrultusunda en uygun taşıma yönteminin seçilmesi için bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemleri kullanılmıştır. Bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemlerinin kullanılmasında lojistik uzmanları tarafından belirlenen tasarım aralık verilerinde sayısal, sözel ve bulanık ifadelerden yararlanılmıştır. Farklı türde ifadelerin kullanılmış olması ve hesaplamalarda da farklı formülasyonlardan yararlanılacak olması çalışmaya zenginlik kazandırmıştır. Bulanık bilgi aksiyomu ve ağırlıklandırılmış bulanık bilgi aksiyomu yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, sistem tasarımı için en uygun yöntemin tesbiti yapılmıştır.

Önerilen tasarım metodolojisi uygulamasının gerçekleştirilmesinde ilk aşama olan, müşteri istekleri doğrultusunda en uygun taşıma yönteminin seçilmesi aşamasının gerçekleştirilmesinden sonra, yalın lojistik tabanlı sistemin tasarımı safhasına geçilmiştir. Sistem tasarımcıları tasarımlarını gerçekleştirirken genellikle deneme yanılma ve tecrübe yöntemlerini kullanarak gerçekleştirirler. Bunun neticesinde hem tasarım sürecinde çeşitli hatalar yapılmakta hemde tasarımın ve sonuçlarının elde edilmesi uzun zaman almaktadır. Bu tür gecikme ve hataların önüne geçebilmek için tasarım yöntemi olarak aksiyomlarla tasarım tekniği kullanılabilir. Gerçekleştirilen yalın lojistik tabanlı sistemin tasarımı çalışmasında da aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak, tasarım sürecindeki fonksiyonel ihtiyaçlar arasında bağımsızlığın sağlanmasıyla sürecin verimli ve müşteri odaklı olması amaçlanmıştır.

Müşteri isteklerini gerçekleştirebilmek için yapılan tasarımın uygulamaya alınmasıyla çeşitli verimlilik ve performans sonuçları elde edilecek, elde edilen bu sonuçların tasarıma başlanması aşamasında belirlenen müşteri isteklerini karşılama seviyesi kontrol edilecektir. Böylece tasarımın performansı ölçülerek başarılı ve geliştirilmeye ihtiyaç duyulan noktalar belirlenerek üzerinde iyileştirici çalışmalar yapılabilme imkanı bulunacaktır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek amacıyla çalışma kapsamında, tasarımı yapılan yalın lojistik tabanlı sistemin performansını değerlendirilmiş ve gelişimini sağlamada kullanılacak performans geliştirme prosedürünün tasarımı da aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak

gerçekleştirilmiştir.

Önerilen tasarım metodolojisi, bünyesinde yalın lojistik sisteminin tasarlanması için bağımsızlık ve bilgi aksiyomlarını beraber bulundurmaktadır. Bilgi ve bağımsızlık aksiyomlarının beraber kullanımına literatürde ender olarak rastlanmaktadır. Bu özelliğinin yanısıra, yalın lojistik sisteminin (döngüsel sefer-çapraz havuzlama entegre sisteminin) seçim ve tasarımının aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak yapılmasını öneren metodoloji de literatüre yeni bir bakış açısı kazandıracaktır.

Tez çalışması kapsamında yalın lojistik tabanlı sistem için aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak rehber niteliğinde bir yöntem önerilmiştir. Yalın lojistik ve aksiyomlarla tasarım konuları bilimsel çevrelerde yeni gelişim gösteren konulardır. Dolayısıyla yalın lojistik tekniklerinin çeşitli sektörlerde uygulanması ve uygulama sonucunda elde edilen sonuçların incelenmesi ileriki çalışmalarda gerçekleştirilebilir. Bununla beraber aksiyomlarla tasarım tekniği de müşteri odaklı yapısıyla tasarımların başarıyla gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle aksiyomlarla tasarım tekniği tüm sektörlerde yeni tekniklerin seçilmesi ve sistemlerin müşteri istekleri doğrultusunda tasarlanması için gelecek çalışmalarda kullanılabilir. Bu çalışmaya ilave olarak gelecekte aksiyomlarla tasarım ilkeleri kullanılarak yalın lojistik konusu üzerine de çeşitli çalışmalar gerçekleştirilebilir. Bu çalışmalarda sadece birinci aksiyom sadece ikinci aksiyom veya her iki aksiyomda beraber kullanılabilir.

Ayrıca gerçekleştirilen çalışma kapsamında bağımsızlık aksiyomunu kullanarak yapılan taşıma sisteminin tasarımında fonksiyonel gereksinimlerle birlikte bu gereksinimleri karşılayan tasarım parametreleri belirlenmiş ve tasarım matrisleri oluşturulmuştur. Tasarım matrislerinden ayrılmış tasarım veya ayrık tasarım olanlar bağımsızlık aksiyomunu sağladığı için tasarım kapsamında kullanılmaktadır. Bu yapıya ilaveten ayrılmış veya ayrık tasarım matrislerinin meydana getirilmesinde bulanık mantığın kullanılması durumunda elde edilen değerler değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle ileride gerçekleştirilecek çalışmalarda bağımsızlık aksiyomu çerçevesinde tasarım matrislerinin oluşturulmasında bulanık mantık kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Agarwal, A., Shankar, A. ve Tiwari, M.K. (2006), “Modeling The Metrics of Lean, Agile and Leagile Supply Chain: An ANP-Based Approach” *European Journal of Operational Research*, 173.1:211-225.
- Ahmetoğlu, Z. (2005), “Reysaş/Tofaş Milk Run Projesi”, Reysaş Lojistik A.Ş.
- Aker, A. (2003), “Yalın Üretim Sistemleri”, Kocaeli Üniversitesi Proje, Kocaeli (Yayınlanmamış).
- Aksoy, H. (2004) “Dinamik Sistemlerde Bulanık Mantık Metodu ve Örnek Olarak Hisse Senedi Piyasasının Modellenmesi”, Koç Portföy Yönetimi.
- Arcidiacono, G., Campatelli, G. ve Citti, P. (2002), “Axiomatic Design For Six Sigma”, The 2nd International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, June 10-11.
- Aygün, E. (1995), “Yalın Üretim”, İ.Ü. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış).
- Babic, B., (1999), “Axiomatic Design of Flexible Manufacturing Systems”, *International Journal of Production Research*, 37 (5): 1159-1173.
- Bang, I. C. ve Heo, G. (2008), “An Axiomatic Design Approach in Development of Nanofluid Coolants”, *Applied Thermal Engineering*, In Press, Corrected Proof 2008, s:1-16.
- Baxter, J.E., Mckay, A., Agouridas, V. ve Pennington, A. (2002), “Supply Chain Design: An Application of Axiomatic Design”, The 2<sup>nd</sup> International Conference on Axiomatic Design. Cambridge June 10-11.
- Baudin, M., ‘Lean Logistics’, Productivity Press, USA, 2004.
- Black, J.T. ve Schroer, B.J. (1988), “Decouplers in Integrated Cellular Manufacturing Systems”. *Journal of Engineering For Industry*, Transactions of ASME (110): 77– 85.
- Büyükçetin, Y. (2003), “Lojistik Görüş”, TÜGİAD Elegans Magazine, Sayı:59, Haber:30.
- Cagliano, R., Caniato, F. ve Spina, G. (2004), “Lean, Agile and Traditional Supply: How Do They Impact Manufacturing Performance?”, *Journal of Purchasing and Supply Management* 10(4-5): 151-164.
- Calarge, F.A. ve Lima, P.C. (2004), “Development of Systemic Quality Management Model Using The Axiomatic Design Framework”, The 3rd International Conference on Axiomatic Design, Seoul, June 21-24.
- Cavique, M. ve Coelho, A.M.G. (2008), “Axiomatic Design and HVAC Systems: An Efficient Design Decision-Making Criterion”, *Energy and Buildings*, 41(2): 146-153.
- Cha, S. ve Cho, K. (1999), “Development of DVD For The Next Generation by Axiomatic Approach”, *Annals of The CIRP*, 48 (1): 85-89.



Chen, K. ve Feng, X. (2003), "Computer-Aided Design Method For The Components Made of Heterogeneous Materials", *Computer-Aided Design*, 35(5): 453-466.

Chen, S. J., Chen, L. C. ve Lin, L. (2001), "Knowledge-Based Support For Simulation Analysis of Manufacturing Cells", *Computers in Industry*, 44(1):33-49.

Chopra, S. ve Meindl, P. (2001), *Supply Chain Management*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey USA.

Christopher, M. (1998), *Logistics and Supply Chain Management*, Pearson Education Lmt., England.

Cochran, D.S., Eversheim, W., Kubin, G. ve Sesterhenn, M. L. (2000a), "The Application of AD and Lean Management Principles in The Scope of Production System Segmentation", *International Journal of Production Research*, 38(6): 1159-1173.

Cochran, D.S., Kim, Y. S. ve Kim, J. (2000b), "The Alignment of Performance Measurement With The Manufacturing System Design", *Proceedings of ICAD2002, First International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge, MA., s:115-122.

Cochran, D.S. ve Kim, Y. (2000), "Teaching Production System Design With AD Methodology", *Proceedings of ICAD 2002, First International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge, MA., s:42-47.

Cochran, D.S. ve Lima, P.C. (1998), "Lean Production System Design Decomposition Version 4.2." Internal Working Document of Production System Design Laboratory. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

Coelho, A. M. G. ve Mourão, A. J. F. (2007), "Axiomatic Design as Support For Decision-Making in a Design For Manufacturing Context: A Case Study", *International Journal of Production Economics*, 109: 81-89.

Çancı, M. ve Erdal, M. (2003), *Lojistik Yönetimi*, Erler Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş., İstanbul.

Çelik, M., Kahraman, C., Cebi, S. ve Er, I.D. (2007), "Fuzzy Axiomatic Design-Based Performance Evaluation Model For Docking Facilities in Shipbuilding Industry: The Case Of Turkish Shipyards", *Expert Systems with Applications*, In Press, Corrected Proof, 2007, s:1-17.

Çelik, M., Cebi, S., Kahraman, C. ve Er, I.D. (2009), "Application of Axiomatic Design And TOPSIS Methodologies Under Fuzzy Environment For Proposing Competitive Strategies on Turkish Container Ports in Maritime Transportation Network", *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 36(3): 4541-4557.

Davis M.M., Aquilano, N.J. ve Chase R.B. (1999), *Fundamentals of Operations Management*, Irwin McGraw-Hill Inc, USA.

Dhillon, B.S. (2002), *Engineering and Technology Management Tools and Applications*. Artech House, Boston.

Doğan, Ö.İ. (2005), “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt No:2, Sayı No:1.

Donnarumma, A., Pappalardo, M. ve Pellegrino, A. (2002), “Measure of Independence in Soft Design”, Journal of Materials Processing Technology 124, 32-35.

Duigou, J.L., Bernard, A., Perry, N. ve Delplace, J.C. (2009), “Global Approach For Technical Data Management. Application to Ship Equipment Part Families” CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 1(3):185-190.

Durmuşoğlu, B. ve Kulak, O. (2004), “Aksiyomlarla Tasarım İlkelerine Göre Takım Çalışması Esaslı Ofis Hücrelerinin Planlanması ve Uygulanması”, Endüstri Mühendisliği, Sayı 1.

Durmusoglu, M. B. ve Kulak, O. (2008), “A Methodology For The Design of Office Cells Using Axiomatic Design Principles”, Omega 36, s: 633-652

Duymaz, İ. (2004), Lojistik Yönetimi Ders Notları, Lojistik Yönetimi Dersi, YTÜ İİBF İşletme Bölümü.

Engelhardt, F. ve Nordlund, M. (2000), “Strategic Planning Based on Axiomatic Design”, The 1st International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA, June 21-23.

EI-Haik, B.S. ve Yang, K. (1999), “The Components of Complexity in Engineering Design”, IEE Transactions, 31, 925-934.

Elmas, Ç., (2003), “Bulanık Mantık Denetleyiciler”, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Eranıl, B., (2005), “Yalın Lojistik Kapsamında Milk Run ve Cross Dock Sistemlerinin İncelenmesi”, YTÜ Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü (Yayınlanmamış) Lisans Bitirme Tezi.

Ertek, G. A. (2005), “Tutorial on Crossdocking”, International Logistics and Supply Chain Congress, Istanbul.

Fox, M. S., Chionglo J. F. ve Barbucoanu, M. (1993), The Integrated Supply Chain Management System, Department of Industrial Engineering University of Toronto.

Gazdik, I. (1996), “Zadeh's Extension Principle in Design Reliability”, Fuzzy Sets And Systems, 83, 169-178.

Goel, P.S. ve Singh, N. (1998), “Creativity and Innovation in Durable Product Development”, Computers Ind. Engineering, 35: 5-8, Elsevier.

Gonçalves-Coelho, A.M. ve Mourão, A.J.F. (2007), “Axiomatic Design As Support For Decision-Making in a Design For Manufacturing Context: A Case Study”, International Journal of Production Economics, 109(1-2),: 81-89.

Gunasekera, J.S. ve Ali, A.F. (1995), “A Three-Step Approach to Designing a Metal-forming Process”, JOM-Journal of The Minerals Metals And Materials Society, 47 (6):

22-25.

Harutunian, V., Nordlund, M., Tate, D. ve Suh, N. P. (1996), “Decision Making and Software Tools For Product Development Based on Axiomatic Design”, *Annals of The CIRP*, 45(1), 135-139.

Heo, G. ve Lee, S. K. (2007), “Design Evaluation of Emergency Core Cooling Systems Using Axiomatic Design”, *Nuclear Engineering and Design*, 237: 38-46.

Hill, C. (1998), *Supply Chain: Just Do Something*, *Automatic ID News*, 14:1, 36-38.

Hines, P. (1998), “Creating a Lean Supplier Network: A Distribution Industry Case”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 4: 235-246.

Hines, P., Rich, N. ve Esain, A. (1998), “Creating a Lean Supplier Network: A Distribution Industry Case”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 4: 235-246.

Hirani, H. ve Suh, N.P. (2005), “Journal Bearing Design Using Multiobjective Genetic Algorithm and Axiomatic Design Approaches”, *Tribology International*, 38: 481–491.

Houshmand, M. ve Jamshidnezhad, B. (2002), “Conceptual Design of Lean Production Systems Through an Axiomatic Design”, *Proceedings Of ICAD2002, Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA (ICAD 033)*.

Houshmand, M. ve Jamshidnezhad, B. (2005), “An Extended Model of Design Process of Lean Production Systems by Means of Process Variables”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22:1–1.

Huang, G.Q. (2002), “Web-Based Support For Collaborative Product Design Review”, *Computers in Industry*, 48: 71-88.

Hu, M., Yang, K., ve Taguchi, S. (2004), *Enhancing Robust Design With The Aid of TRIZ And Axiomatic Design (Part I)*.

Jang, R.S., Yang, Y.S., Song, Y.S., Yeun, Y.S., ve Do, S.H. (2001), “Axiomatic Design Approach For Marine Design Problems”, *Marine Structures*, 15: 35-56.

Jiong, S. ve Amelica, C.R. (2001), “Industries in Transition: Freight Transportation Intermediaries In The Information Age”, *Mettrans 2nd Annual Transportation Conference*.

Jones, T. D. (2005), *Tedarik Zincirinin Kısaltılması*, *Lean Enterprise Academy*.

Jordan, S. Michael (2002), “A Primer on the Supply Chain Logistics Model”, *A Working Paper From Trade Dynamics*.

Katayama, H. (1996), “Lean Production in a Changing Competitive World: A Japanese Perspective”, *MCB University Press*, 16(2): 8-23.

Kaya, T. (2003), “Lojistik Sistemler ve Lojistik Sistemlerde Tedarik Üretim Lojistiği”, *Bitirme Tezi (Yayınlanmamış)*, Y.T.Ü, İstanbul.

Kim, S.J., Suh, Nam P. ve Kim, S. (1991), "Design of Software Systems Based on AD", *Robotics&Computer-Integrated Manufacturing*, 8(4), 243-255.

Klir, G.J. ve Yuan, B. (1995), "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application." Upper Saddle River, Prentice-Hall, New Jersey.

Krafcik, F. J. (1988), "Triumph of The Lean Production System", *Sloan Management Review*, 30(1): 41-52.

Kulak, O. (2003), "Hücreli Üretim Sistemleri Tasarımı İçin Aksiyomlarla Tasarım Prensiplerine Dayalı Bütünsel Bir Yöntem", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Kulak, O., Durmuşoğlu, B. ve Kahraman, C. (2005), "Fuzzy Multi-Attribute Equipment Based on Information Axiom", *Journal of Material Processing Technology*, 169: 337-345.

Kulak, O. ve Kahraman, C. (2005a). "Fuzzy Multi-Attribute Selection Among Transportation Companies Using Axiomatic Design And Analytic Hierarchy Process", *Information Sciences*, 170: 191-210.

Kulak, O. ve Kahraman, C. (2005b). "Multi-Attribute Comparison of Advanced Manufacturing Systems Using Fuzzy vs. Crisp Axiomatic Design Approach", *International Journal Production Economics*, 95: 415-424.

Kurniawan, S. H., Zhang, M. ve Tseng, M. M. (2004), "Connecting Customers in Axiomatic Design", *The 3rd International Conference On Axiomatic Design*, Seoul, June 21-24.

Küçüksolak, B.T. (2002), "Türkiye’de Lojistik Servis Sağlayıcılar", Bitirme Tezi (Yayınlanmamış), YTÜ.

Lambert, D. ve Stock, J. (1992), *Strategical Logistic Management*, Richard D. Irwin Inc. USA.

Lenz R. ve Cochran D. (2000), "The Application of Axiomatic Design to the Design of the Product Development Organization", *Proceedings of ICAD2000 First International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge, MA.

Liang S-F. M. (2007), "Applying Axiomatic Method to Icon Design for Process Control Displays" *Meeting Diversity in Ergonomics*, s: 155-172.

Liu, X. ve Pedrycz, W. (2007), "The Development of Fuzzy Decision Trees in The Framework of Axiomatic Fuzzy Set Logic", *Applied Soft Computing*, 7:325-342.

Liu, X., Wang ,W., Chai, T. ve Liu, W. (2007), "Approaches To The Representations And Logic Operations of Fuzzy Concepts in The Framework of Axiomatic Fuzzy Set Theory II" *Information Sciences*, 177: 1027- 1045

Lummus, R.R. ve Vokurka, R.J. (1999), "Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective and Practical Guidelines", *Industrial Management & Data Systems*, Sayı: 99/1.

Machuca, J. A. D. (2002), "JIT Facing the New Millennium", *International Journal of Production Economics*, 131-134.

Makropoulos, C. K. ve Butler D. (2006) "Spatial Ordered Weighted Averaging: Incorporating Spatially Variable Attitude Towards Risk in Spatial Multi-Criteria Decision-Making", *Environmental Modelling & Software*, 21(1):69-84

Mariotti, J. (1997), "Needed: A Lean Logistics Pipeline", *Industry Week/IW*, 246(11):154.

Martichenko, R. (2005), "Learning Lean Logistics", *General Manager, Corporate Development*.

Martin, S. B. ve Kar, A. K. (2001), "Developing E-Commerce Strategies Based on Axiomatic Design", *Marmara University, Faculty of Engineering*.

MathWorks, (2002), *Fuzzy Logic Toolbox For Use With MATLAB: User's Guide Version 2*, The MathWorks, Inc., Natick.

McIvor, R. (2001), "Lean Supply: The Design And Cost Reduction Dimensions", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7: 227–24.

Murat, Y. Ş. ve Kulak, O. (2005), "Ulaşım Ağlarında Bilgi Aksiyomu Kullanılarak Güzergah (Rota) Seçimi", *Pamukkale Üniv. Dergisi*, 11(3): 425-435.

Nakao, M., Kobayashi, N., Hamada, K., Totsuka, T. ve Yamada, S., (2007), "Decoupling Executions in Navigating Manufacturing Processes for Shortening Lead Time and Its Implementation to an Unmanned Machine Shop", *Annals of the CIRP*, 56:171-174.

Öndemir, Ö. (2004), *Hata Türü ve Etkilerinin Bulanık Kümeler Yaklaşımıyla Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ.

Özden, H. (2004), "Yalın Lojistik", *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tedarik Zinciri Yönetimi Dersi Proje Raporu*, İstanbul.

Özel, B. ve Özyörük B. (2007), "Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Firma Seçimi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22(3): 415-423.

Pappalardo, M. ve Naddeo, A. (2005), "Failure Mode Analysis Using Axiomatic Design and Non-Probabilistic Information", *Journal of Materials Processing Technology*, 164–165: 1423–1429

Park, C. B. ve Suh, N. P. (1996), "Flamentary Extrusion of Microcellular Polymers Using a Rapid Decompressive Element", *Polymer Engineering And Science*, 36(1): 34-48.

Porier, C. C. (1999), *Advanced Supply Chain Management*, Berreth-Koenler Publishers Inc., San Francisco.

Ross, T. J. (1995), *Fuzzy Logic With Engineering Applications*, McGraw-Hill, Inc., New York.

Russel, S. ve Norvig P. (2003), *Artificial Intelligence, A Modern Approach*, 2nd Edition, Prentice Hall.

Schnetzler, M., J., Sennheiser, A. ve Schonsleben, P. (2006), “A Decomposition-Based Approach For The Development of a Supply Chain Strategy”, *Int. J. Production Economics* 105: 21–42.

Shin, M.K., Lee, H.A., Lee, J.J., Song, K.N. ve Park, G.J. (2008), “Optimization of a Nuclear Fuel Spacer Grid Spring Using Homology Constraints” *Nuclear Engineering and Design*, Volume 238(10): 2624-2634.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. ve Simchi-Levi, E. (2000), “Designing and Managing The Supply Chain Concepts”, *Strategies and Case Studies*, The McGraw Hill Companies, Inc., USA.

Söderberg, R. ve Lindkvist, L. (2002), “Geometrical Coupling Analysis in Assembly Design, Proceedings of ICAD 2002”, Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA (ICAD024).

Sökmen, E.M. (2006), “Lojistik Yönetiminde Milk Run ve Crossdocking Sistemlerinin Verimlilik Analizi”, Lisans Bitirme Tezi, YTÜ.

Stiassnie, E. ve Shpitalni, M. (2007), “Incorporating Lifecycle Considerations in Axiomatic Design”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 56:1-4.

Suh, N.P. (1990), “The Principles of Design”, Oxford University Press, New York.

Suh, N.P. ve Kim, S.J. (1991). “Design of Software System Based on Axiomatic Design”, *Annals of The CIRP*, 40(1): 165-170.

Suh, N. P. (1995), “Design And Operation of Large Systems”, *Journal of Manufacturing Systems*, 14(3): 203-213.

Suh, N. P. (1997), “Design of Systems”, *Annals of CIRP*, 46(1): 75-80.

Suh, N. P., Cochran, D.S.ve Paulo C.L. (1998), “Manufacturing System Design”, *Annals of The CIRP*, 47(2): 627-639.

Suh, N. P. ve Do, S. (2000), “Axiomatic Design of Software Systems”, *Annals of The CIRP*, 49(1): 95-100.

Suh, N. P. (2001), *Axiomatic Desing: Advances and Applications*, Oxford University Press, New York.

Sullivan, W. G., McDonald, T. N. ve Aken, E.M.V. (2002), “Equipment Replacement Decisions And Lean Manufacturing”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18: 255–265.

Şen, Z., (2001), *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.

Tanyaş, M. (2003), “Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi”, 3D Lojistik Depo Donanım Dağıtım, Taşıma ve İşletme Sistemleri Dergisi, Sayı:15.

Tapping, D., Luyster, T. ve Shuker, T. (2002), Value Stream Management, Productivity Press, USA.

Tate, D. ve Nardlund, M. (1995), “Synergies Between American and European Approaches to Design”, Proceedings of The 1st World Conference on Integrated Design And Process Technology, Society For Design And Process Science, Austin, TX, 1: 103-111.

Thielman, J., Ge, P., Wu, Q., Parme, L. (2005), “Evaluation and Optimization of General Atomics' GT-MHR Reactor Cavity Cooling System Using an Axiomatic Design Approach”, Nuclear Engineering and Design 235: 1389–1402.

Togay, C., Dogru, A. H. ve Tanik, J. U. (2008), “Systematic Component-Oriented development with Axiomatic Design” Journal of Systems and Software, 81(11): 1803-1815.

Tseng, M. M. ve Jiao, J. (1997), “A Module Identification Approach to The Electrical Design of Electronic Products by Clustering Analysis of The Design Matrix”, Computers Ind. Engineering, 33(1): 229-233.

Urbanic, R.J. ve Maraghy, W.H.E. (2009), “Using Axiomatic Design With The Design Recovery Framework to Provide a Platform For Subsequent Design Modifications” CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 1 (3): 165-171.

Utaş, T. (2001), Yalın Üretimde Toplam Verimli Yönetim ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi (Yayınlanmamış).

Vicente, A. ve David, S. (1996), “Understanding Lean Manufacturing According to Axiometric Design Principles”, Lean Aircraft Initiative Report Series-RP 96.07.28.

Wall, T. (2003), “Lean Manufacturing Lessons From a Road Raged Operations Executive”, The Northwest Lean Networks.

Werneman, A., Kjellberg, A. ve Adman, M. (2000), “Application of Axiomatic Design in Operational Development”, The 1st International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA, June, 21-23.

Wilbur, B. (1967), Tedarik Sistemi, MPM Yayınları, İstanbul.

Womack, J., Jones, D. ve Roos, D. (1990), The Machine That Changed The World, Rawson Associates, New York.

Womack, J. P. ve Jones, D. T. (1998), “Yalın Düşünce” , Sistem Yayıncılık, İstanbul

Womack, J. ve Shook J. (1999), Görmeyi Öğrenmek, The Lean Enterprise Institute, Massachusetts.

Yalçın, A.S., (1999), “Personel Yönetimi”, 6. Baskı, Beta Yayınevi, İstanbul.

Yamak, O. (1999), Üretim Yönetimi, Alfa Yayınevi, İstanbul.

Yan, W., Chen, C.H., Huang, Y. ve Mi, W. (2009), “A Data-Mining Approach For Product Conceptualization in A Web-Based Architecture” Computers in Industry, 60(1):21-34.

Yang, K. ve Zhang, H., (2000), “A Comparison of Triz and Axiomatic Design”, The 1st International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA, June 21-23.

Yao, Andrew C. ve Carlson, John G.H. (2003), “Agility and Mixed-Model Furniture Production”, International Journal of Production Economics, 81-82: 95-102.

Yılmaz, M. ve Arslan E. (2005), “Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması”, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri Stb Komisyonu- İTÜ.

Yi, J.W. ve Park, G.J. (2005), “Development of a Design System For EPS Cushioning Package af a Monitor Using Axiomatic Design”, Advances in Engineering Software 36: 273-284.

Zhu, F., Lu, G. ve Roger, Z. (2008), “On The Development of a Knowledge-Based Design Support System For Energy Absorbers” Materials & Design, 29(2): 484-491.

## **İNTERNET KAYNAKLARI**



- [1] <http://www.e-cozumevi.com/scm.htm>
- [2] <http://manufacturing.net/magazine/logistics/archives/1998m./myst.html>
- [3] <http://www.igeme.gov.tr/tur/pratik/tedarik.pdf>
- [4] [www.forte\\_industries.com](http://www.forte_industries.com)
- [5] [www.rwd.com](http://www.rwd.com)
- [6] [www.transfreigh.com](http://www.transfreigh.com)
- [7] [www.omsan.com.tr](http://www.omsan.com.tr)
- [8] [www.gencbilim.com](http://www.gencbilim.com)
- [9] [www.loder.org.tr](http://www.loder.org.tr)
- [10] [www.sistems.org/Lojistik\\_ve\\_EM.htm](http://www.sistems.org/Lojistik_ve_EM.htm)

**EKLER**

- Ek 1      En uygun taşıma yönteminin seçilmesi için bulanık aksiyomlarla tasarım uygulamasının hesaplamaları
- Ek 2      En uygun taşıma yönteminin seçilmesi için ağırlıklandırılmış bulanık aksiyomatik tasarım uygulaması hesaplamaları

## Ek 1 En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Uygulamasının Hesaplamaları

“Teslim kalitesi” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:

### **Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

$$I_{DSSTK} = \log_2 \left( \frac{96 - 92}{96 - 95} \right) = \log_2 4 = 2$$

### **DM ile Sevkiyat:**

$$I_{DMTK} = \log_2 \left( \frac{95 - 85}{95 - 95} \right) = \infty$$

### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

$$I_{ÇHTK} = \log_2 \left( \frac{98 - 90}{98 - 95} \right) = \log_2 2.666 = 1.415$$

### **Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:**

$$I_{DSDMTK} = \log_2 \left( \frac{95 - 88}{95 - 95} \right) = \infty$$

### **Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

$$I_{DSÇHTK} = \log_2 \left( \frac{97 - 92}{97 - 95} \right) = \log_2 2.5 = 1.322$$

“Teslim Süresi” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:

### **Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

$$I_{DSSTS} = \log_2 \left( \frac{5 - 3}{5 - 3} \right) = \log_2 1 = 0$$

### **DM ile Sevkiyat:**

$$I_{DMTS} = \log_2 \left( \frac{7 - 4}{5 - 4} \right) = \log_2 3 = 1.585$$

**Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

$$I_{\text{ÇHTS}} = \log_2 \left( \frac{5-3}{5-3} \right) = \log_2 1 = 0$$

**Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:**

$$I_{\text{DSDMTS}} = \log_2 \left( \frac{7-4}{5-4} \right) = \log_2 3 = 1.585$$

**Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

$$I_{\text{DSÇHTS}} = \log_2 \left( \frac{6-4}{5-4} \right) = \log_2 2 = 1$$

**“Esneklik” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:**

**Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

Şekil 6.3’te bulunan ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için  $|EC|$  ve  $|BD|$  doğrularının kesim noktası ve ABC üçgeninin yükseklik değerini veren A noktasının y koordinatı bulunmalıdır.

Bunun için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak kesiştikleri nokta için birlikte çözümleri yapılır. E noktası koordinatları (5.5,1), C noktası koordinatları (7,0), B noktası koordinatları (6,0) ve D noktası koordinatları (7.5,1)’dir.

$|EC|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde E ve C noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 5.5}{7 - 5.5} = \frac{y - 1}{0 - 1}$$

$1.5y + x - 7 = 0$  olarak hesaplanır.

Aynı biçimde  $|BD|$  doğrusu için B ve D noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi Eşitlik (7.1) kullanılarak;

$$\frac{x - 6}{7.5 - 6} = \frac{y - 0}{1 - 0}$$

$1.5 y - x + 6 = 0$   
olarak hesaplanır.

İki denklem birlikte çözülecek olursa ABC üçgeninin yükseklik değeri;

$$\begin{aligned} 1.5 y + x - 7 &= 0 \\ 1.5 y - x + 6 &= 0 \end{aligned}$$


---

$y = 0.333$  bulunur. Buradan;

$$I_{DSSE} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(7-6) \times 0.333}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.166} \right) = 3.18$$

olarak hesaplanır.

### **Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

Şekil 6.7'den yola çıkılarak,

$$I_{DS\check{C}HE} = \log_2 \left( \frac{\frac{(9-6) \times 1}{2}}{\frac{(9-6) \times 1}{2}} \right) = \log_2(1) = 0 \text{ olarak hesaplanır.}$$

**“Stok Maliyeti” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:**

### **Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

Şekil 6.9'daki ortak alan olan ABCD yamuğunun alanının hesaplanabilmesi için, ABCD yamuğu; ABD ve BCD olmak üzere iki üçgene ayrılmıştır. ABD üçgeninin alanının bulunabilmesi için köşe noktaları olan A ve B noktalarının koordinatları hesaplanmalıdır.

A noktası,  $|GF|$  ile  $|DE|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. G noktası koordinatları (4,0), F noktası koordinatları (10,1), D noktası koordinatları (6,0) ve E noktası koordinatları (7.5,1)'dir.

$|GF|$  doğrusu için,

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde G ve F noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-4}{10-4} = \frac{y-0}{1-0}$$

$6y - x + 4 = 0$  olarak hesaplanır.

Aynı biçimde  $|DE|$  doğrusu için D ve E noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-6}{7.5-6} = \frac{y-0}{1-0}$$

$1.5y - x + 6 = 0$  olarak hesaplanır.

İki denklem birlikte çözülecek olursa y noktasının koordinatı;

$$\begin{array}{l} 6y - x + 4 = 0 \\ 1.5y - x + 6 = 0 \end{array}$$

$y = 0.444$  bulunur. Buradan y noktası  $|DE|$  doğrusunun denklemi içinde yerine koyulursa;

$$1.5(0.444) - x + 6 = 0$$

$x = 6.66$  olarak hesaplanır.

B noktası ise  $|GF|$  ile  $|EC|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. G noktası koordinatları (4,0), F noktası koordinatları (10,1), E noktası koordinatları (7.5,1) ve C noktası koordinatları (9,0)'dır.

$|GF|$  doğrusu için;

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}$$

formülünde G ve F noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-4}{10-4} = \frac{y-0}{1-0}$$

$6y - x + 4 = 0$  olarak hesaplanır.

Aynı biçimde  $|EC|$  doğrusu için E ve C noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-7.5}{9-7.5} = \frac{y-1}{0-1}$$

$1.5 y + x - 9 = 0$  olarak hesaplanır.

İki denklem birlikte çözülecek olursa y noktasının koordinatı;

$$\begin{array}{r} 6y - x + 4 = 0 \\ 1.5y + x - 9 = 0 \\ \hline \end{array}$$

$y = 0.666$  bulunur. Buradan y noktası  $|DE|$  doğrusunun denklemi içinde yerine koyulursa ;

$$1.5(0.666) + x - 9 = 0$$

$x = 8$  olarak hesaplanır.

Köşe noktaları bilinen üçgenin alan formülünde ABD üçgeni için, A (6.66,0.444) B (8,0.666)

D (6,0) noktaları kullanılarak hesap yapılırsa,

$$A(ABD) = \frac{1}{2} |(x_1 y_2 + x_2 y_3 + x_3 y_1) - (y_2 x_3 + y_3 x_1 + y_1 x_2)|$$

$$A(ABD) = \frac{1}{2} |(6.66 \times 0.666 + 8 \times 0 + 6 \times 0.444) - (0.666 \times 6 + 0 \times 6.66 + 0.444 \times 8)|$$

$$A(ABD) = \frac{1}{2} |(4.44 + 2.66) - (3.996 + 3.55)|$$

$$A(ABD) = 0.22$$

değeri elde edilir.

BCD üçgenin alanı B noktasının y koordinatı (0.666 ) da bilindiği için,

$$A(BCD) = \frac{(9-6) \times 0.666}{2} = 0.999$$

olarak hesaplanır.

ABD ve BCD üçgenlerinin alanları toplamından ABDC yamuğunun alanı,

$$A(ABCD) = 0.22 + 0.999 = 1.219$$

elde edilir.

Buradan  $I_{DSSM}$  değeri,

$$I_{DSSM} = \log_2 \left( \frac{(9-6) \times 1}{2} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{1.219} \right) = 0.299$$

olarak hesaplanır.

### **Döngüsel Sefer + DM ile Sevkiyat:**

Şekil 6.12'deki ortak alan olan ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için, y koordinatı bu üçgenin yüksekliğini gösteren A noktasının koordinatları hesaplanmalıdır.

A noktası,  $|CE|$  ile  $|DB|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. C noktası koordinatları (4,0), E noktası koordinatları (10,1), D noktası koordinatları (3.5,1) ve B noktası koordinatları (5,0)'dır.

$|CE|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde C ve E noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi,

$$\frac{x - 4}{10 - 4} = \frac{y - 0}{1 - 0}$$

$$6y - x + 4 = 0$$

olarak hesaplanır.

$|DB|$  doğrusu için de aynı şekilde, formülünde D ve B noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 3.5}{5 - 3.5} = \frac{y - 1}{0 - 1}$$

$$1.5y + x - 5 = 0$$

elde edilir.

Bu iki denklem y değeri için birlikte çözüldüğünde,

$$\begin{array}{r} 6y - x + 4 = 0 \\ 1.5y + x - 5 = 0 \\ \hline \end{array}$$

$$y = 0.133$$

değeri bulunur.



$$I_{DSDMSM} = \log_2 \left( \frac{\frac{(5-2) \times 1}{2}}{\frac{(5-4) \times 0.133}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.033} \right) = 5.49$$

“Taşıma Maliyeti” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:

### **Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

Şekil 6.15 ortak alan olan ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için, y koordinatı bu üçgenin yüksekliğini gösteren A noktasının koordinatları hesaplanmalıdır.

A noktası,  $|CE|$  ile  $|DB|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. C noktası koordinatları (6,0), E noktası koordinatları (10,1), D noktası koordinatları (5.5,1) ve B noktası koordinatları (7,0)'dır.

$|CE|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde C ve E noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 6}{10 - 6} = \frac{y - 0}{1 - 0}$$

$$4y - x + 6 = 0$$

olarak hesaplanır.

$|DB|$  doğrusu için de aynı şekilde, formülünde D ve B noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 5.5}{7 - 5.5} = \frac{y - 1}{0 - 1}$$

$$1.5y + x - 7 = 0$$

elde edilir.

Bu iki denklem y değeri için birlikte çözüldüğünde,

$$\begin{aligned} 4y - x + 6 &= 0 \\ 1.5y + x - 7 &= 0 \end{aligned}$$

$$y = 0.181$$

değeri bulunur. Buradan  $I_{DSSM}$  değeri,

$$I_{DSSM} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(7-6) \times 0.181}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.09} \right) = 4.059$$

olarak hesaplanır.

### **Döngüsel Sefer + Çapraz Havuzlama ile Sevkivat:**

Şekil 6.19'daki ortak alan olan ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için, y koordinatı bu üçgenin yüksekliğini gösteren A noktasının koordinatları hesaplanmalıdır.

A noktası,  $|CE|$  ile  $|DB|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. C noktası koordinatları (6,0), E noktası koordinatları (10,1), D noktası koordinatları (7.5,1) ve B noktası koordinatları (9,0)'dır.

$|CE|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde C ve E noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 6}{10 - 6} = \frac{y - 0}{1 - 0}$$

$$4y - x + 6 = 0$$

olarak hesaplanır.

$|DB|$  doğrusu için de aynı şekilde, formülünde D ve B noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 7.5}{9 - 7.5} = \frac{y - 1}{0 - 1}$$

$$1.5y + x - 9 = 0$$

elde edilir.

Bu iki denklem y değeri için birlikte çözüldüğünde,

$$\begin{array}{l} 4y - x + 6 = 0 \\ 1.5y + x - 9 = 0 \end{array}$$

$$y = 0.55$$

değeri bulunur. Buradan  $I_{DSCHTM}$  değeri,

$$I_{DSCHTM} = \log_2 \left( \frac{\frac{(9-6) \times 1}{2}}{\frac{(9-6) \times 0.55}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.825} \right) = 0.862$$

olarak hesaplanır.

**“Koordinasyon Kolaylığı”** kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:

**Döngüsel Sefer ile Sevkiyat:**

Şekil 6.21’deki ortak alan olan ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için, y koordinatı bu üçgenin yüksekliğini gösteren A noktasının koordinatları hesaplanmalıdır.

A noktası,  $|CE|$  ile  $|DB|$  doğrularının kesim noktasıdır ve koordinatları için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak birlikte çözümleri yapılır. C noktası koordinatları (4,0), E noktası koordinatları (10,1), D noktası koordinatları (5.5,1) ve B noktası koordinatları (7,0)’dır.

$|CE|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde C ve E noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 4}{10 - 4} = \frac{y - 0}{1 - 0}$$

$$6y - x + 4 = 0$$

olarak hesaplanır.

$|DB|$  doğrusu için de aynı şekilde, formülünde D ve B noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x - 5.5}{7 - 5.5} = \frac{y - 1}{0 - 1}$$

$$1.5y + x - 7 = 0$$

elde edilir.

Bu iki denklem y değeri için birlikte çözüldüğünde,

$$\begin{array}{r} 6y - x + 4 = 0 \\ 1.5y + x - 7 = 0 \\ \hline \end{array}$$

$$y = 0.4$$

değeri bulunur. Buradan  $I_{DSSKK}$  değeri,

$$I_{DSSKK} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(7-4) \times 0.4}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.6} \right) = 1.322$$

olarak hesaplanır.

**“Güvenilirlik” kriterine göre alternatif tekniklerin fonksiyonel ihtiyaçlarının bilgi değerleri:**

#### **Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

Şekil 6.33’ten yola çıkılarak,

$$I_{DSSG} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(7-4) \times 1}{2}} \right) = \log_2(1) = 0$$

olarak hesaplanır.

#### **DM ile Sevkiyat:**

Şekil 7.34’teki ABC üçgeninin alanının hesaplanabilmesi için  $|EC|$  ve  $|BD|$  doğrularının kesim noktası ve ABC üçgeninin yükseklik değerini veren A noktasının y koordinatı bulunmalıdır.

Bunun için bu iki doğrunun denklemleri bulunarak kesiştikleri nokta için birlikte çözümleri yapılır. E noktası koordinatları (3.5,1), C noktası koordinatları (5,0), B noktası koordinatları (4,0) ve D noktası koordinatları (5.5,1)’dir.

$|EC|$  doğrusu için;

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

formülünde E ve C noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-3.5}{5-3.5} = \frac{y-1}{0-1}$$

$1.5y + x - 5 = 0$  olarak hesaplanır.

Aynı biçimde  $|BD|$  doğrusu için B ve D noktalarının koordinatları kullanılarak doğru denklemi;

$$\frac{x-4}{5.5-4} = \frac{y-0}{1-0}$$

$1.5y - x + 4 = 0$  olarak hesaplanır.

İki denklem birlikte çözülecek olursa ABC üçgeninin yükseklik değeri;

$$1.5y + x - 5 = 0$$

$$1.5y - x + 4 = 0$$

---

$y = 0.333$  bulunur. Buradan;

$$I_{DMG} = \log_2 \left( \frac{\frac{(7-4) \times 1}{2}}{\frac{(5-4) \times 0.333}{2}} \right) = \log_2 \left( \frac{1.5}{0.166} \right) = 3.18$$

olarak hesaplanır.

**Ek 2 En Uygun Taşıma Yönteminin Seçilmesi için Ağırlıklandırılmış Bulanık  
Aksiyomatik Tasarım Uygulaması Hesaplamaları**

**Döngüsel Sefer Sevkiyat:**

$I_{DSSTK} = 2$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSTK} = (2)^{0.155} = 1.113$$

$I_{DSSSE} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSSE} = (3.180)^{0.153} = 1.194$$

$I_{DSSSM} = 0.299$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{\frac{1}{w_j}}, 0 \leq I_{ij} < 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSSM} = (0.299)^{1/0.100} = 0.0000057$$

$I_{DSSTM} = 4.059$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSTM} = (4.059)^{0.148} = 1.230$$

$I_{DSSKK} = 1.322$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSKK} = (1.322)^{0.055} = 1.015$$

$I_{DSSU} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSU} = (3.180)^{0.034} = 1.040$$

olarak hesaplanır.

**DM ile Sevkiyat:**

$I_{DMTS} = 1.585$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DMTS} = (1.585)^{0.136} = 1.065$$

$I_{DMTM} = 4.059$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DMTM} = (4.059)^{0.148} = 1.230$$

$I_{DMKK} = 0.299$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{\frac{1}{wj}}, 0 \leq I_{ij} < 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DMKK} = (0.299)^{1/0.055} = 2.940 \times 10^{-10}$$

$I_{DMG} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DMG} = (3.180)^{0.082} = 1.099$$

olarak hesaplanır.

### **Çapraz Havuzlama ile Sevkiyat:**

$I_{CHTK} = 1.415$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHTK} = (1.415)^{0.155} = 1.055$$

$I_{CHE} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHE} = (3.180)^{0.153} = 1.194$$

$I_{CHSM} = 0.299$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{w_j}, 0 \leq I_{ij} < 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHSM} = (0.299)^{1/0.100} = 0.0000057$$



$I_{CHTM} = 4.059$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHTM} = (4.059)^{0.148} = 1.230$$

$I_{CHKK} = 1.322$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHKK} = (1.322)^{0.055} = 1.015$$

$I_{CHU} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHU} = (3.180)^{0.034} = 1.040$$

$I_{CHGR} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{CHGR} = (3.180)^{0.136} = 1.170$$

olarak hesaplanır.

**Döngüsel sefer + DM ile Sevkiyat:**

$I_{DSSDMTS} = 1.585$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMTS} = (1.585)^{0.136} = 1.065$$

$I_{DSSDME} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDME} = (3.180)^{0.153} = 1.194$$

$I_{DSSDMSM} = 5.490$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMSM} = (5.490)^{0.100} = 1.186$$

$I_{DSSDMTM} = 4.059$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMTM} = (4.059)^{0.148} = 1.230$$

$I_{DSSDMKK} = 1.322$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{wj}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMKK} = (1.322)^{0.055} = 1.015$$

$I_{DSSDMU} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMU} = (3.180)^{0.034} = 1.040$$

$I_{DSSDMG} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMG} = (3.180)^{0.082} = 1.099$$

$I_{DSSDMGR} = 3.180$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSDMGR} = (3.180)^{0.136} = 1.170$$

olarak hesaplanır.

### **Döngüsel sefer + Çapraz havuzlama ile Sevkiyat:**

$I_{DSSCHTK} = 1.322$  olduğundan,

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSCHTK} = (1.322)^{0.155} = 1.044$$

$I_{DSSCHTS} = 1$  olduğundan,

$$w_j, I_j = 1$$

$$I_{DSSCHTS} = w_{TS} = 0.136$$

$$I_{DSSCHSM} = 0.299 \text{ olduğundan,}$$

$$\left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{\frac{1}{w_j}}, 0 \leq I_{ij} < 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSCHSM} = (0.299)^{1/0.100} = 0.0000057$$

$$I_{DSSCHTM} = 0.862 \text{ olduğundan,}$$

$$\left[ \log_2 \left( \frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{\frac{1}{w_j}}, 0 \leq I_{ij} < 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSCHTM} = (0.862)^{1/0.148} = 0.367$$

$$I_{DSSCHKK} = 5.490 \text{ olduğundan,}$$

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSCHKK} = (5.490)^{0.055} = 1.098$$

$$I_{DSSCHGR} = 3.180 \text{ olduğundan,}$$

$$\left[ \log_2 \frac{1}{p_{ij}} \right]^{w_j}, I_{ij} > 1$$

formülü kullanılarak,

$$I_{DSSCHGR} = (3.180)^{0.136} = 1.170 \text{ olarak hesaplanır.}$$

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 24.07.1979

Doğum yeri İstanbul

Lise 1993-1997 Fenerbahçe Süper Lisesi

Lisans 1997-2001 Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı

Doktora 2004-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı

**Çalıştığı kurumlar**

2003-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

2007- Devam ediyor Areva Enerji Endüstrisi A.Ş., Üretim Sistemi Müdürü