

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER VE YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LOJİSTİK PLANLAMA
ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK KADEMELİ İKMAL ZİNCİRİNDEKİ
DEPOLARDA BULUNDURULMASI GEREKLİ MİNİMUM
MALZEME MİKTARININ DİNAMİK PROGRAMLAMA
YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU**

Cengiz SEVİNÇ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR

2008

LOJİSTİK PLANLAMA
ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK KADEMELİ İKMAL ZİNCİRİNDEKİ DEPOLARDA
BULUNDURULMASI GEREKLİ MİNİMUM MALZEME MİKTARININ DİNAMİK
PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xii
ŞEKİL VE TABLO LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM
LOJİSTİK

1.1. LOJİSTİĞİN TANIMI VE KAPSAMI	3
1.1.1. Lojistik Faaliyetler	5
1.2. LOJİSTİK ENTEGRASYON	11
1.2.1. Entegrasyon Aşamaları	14

İKİNCİ BÖLÜM
LOJİSTİK PLANLAMA

2.1. PLANLAMA HİYERARŞİSİ	16
2.1.1. Stratejik Planlama	17
2.1.2. Taktik Planlama	18
2.1.3. Operasyonel Planlar	19
2.2. STRATEJİ SEÇENEKLERİ	19
2.2.1. Yalın Strateji	20
2.2.2. Çevik Strateji	21
2.2.3. Yalın ve Çevik Stratejinin Mukayesesi	22
2.2.4. Stratejik İttifak	23
2.3. LOJİSTİĞİN STRATEJİK ÖNEMİ	23
2.4. LOJİSTİK STRATEJİ	24
2.5. STRATEJİK LOJİSTİK PLANLAMA SÜRECİ	26
2.5.1. Lojistik Plan	33

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK AĞ TASARIMI

3.1.	LOJİSTİK AĞ TASARIMININ STRATEJİK ÖNEMİ	37
3.2.	LOJİSTİK AĞ TASARIM AŞAMALARI	39
3.3.	LOJİSTİK AĞ MODELLEME YÖNTEMLERİ	42
3.3.1.	Optimizasyon Modelleri	44
3.3.2.	Simülasyon Modelleri	45
3.3.3.	Sezgisel Modeller	46

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK KADEMELİ ENVANTER OPTİMİZASYONU

4.1.	ÇOK KADEMELİ AĞLARDA ENVANTER YÖNETİMİ	52
4.1.1.	Sıralı (Ardışık) Yöntem	55
4.1.2.	İhtiyaç Dağıtım Planlaması	57
4.1.3.	Çok Kademeli Yöntem	58
4.2.	ÇOK KADEMELİ AĞLARDA KAMÇI ETKİSİ	65

BEŞİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

5.1.	LOJİSTİK KARAR	66
5.1.1.	Stratejik Planlama Seviyesi Kararlar	67
5.1.2.	Ağ Seviyesi Kararlar	68
5.1.3.	Operasyonel Seviye Kararları	70
5.1.3.1.	Talep Tahmini	70
5.1.3.2.	Envanter Yönetimi	70
5.1.3.3.	Üretim	71
5.1.3.4.	Tedarik ve İkmal Yönetimi	71
5.1.3.5.	Taşımacılık	71
5.1.3.6.	Ürün Ambalajlama	72
5.1.3.7.	Malzeme Elleçleme	73
5.1.3.8.	Depolama	73
5.1.3.9.	Sipariş İşleme	74
5.2.	KARAR SIRALAMASI VE İLİŞKİLERİ	74
5.3.	KARAR DESTEK SİSTEM YAPISI	80
5.3.1.	Veritabanı ve Parametre Girişi	80
5.3.2.	Analitik Araçlar	82
5.3.2.1.	Sorgulamalar	83
5.3.2.2.	İstatistiki Analiz	83

5.3.2.3.	Veri Madenciliği	83
5.3.2.4.	Çevrimiçi Analitik İşlem Araçları	83
5.3.2.5.	Hesap Makineleri	83
5.3.2.6.	Simülasyon	84
5.3.2.7.	Yapay Zeka	84
5.3.2.8.	Matematiksel Model ve Algoritmalar	85
5.3.3.	Sunum Yöntemleri	87
5.3.3.1.	Coğrafi Bilgi Sistemleri	87
5.4.	LOJİSTİK FAALİYETLERDE KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANIM ALANLARI	90
5.4.1.	Talep Planlaması	91
5.4.2.	Lojistik Ağ Tasarımı	91
5.4.3.	Envanter Dağılımı	91
5.4.4.	Satış ve Pazarlama Bölge Ataması	91
5.4.5.	Dağıtım Kaynak Planlaması	92
5.4.6.	Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP)	92
5.4.7.	Envanter Yönetimi	92
5.4.8.	Üretim Sahası Belirlenmesi / Tesis Dağılımı	92
5.4.9.	Filo Planlaması	93
5.4.10.	Hizmet Süresinin Belirlenmesi	93
5.4.11.	Üretim Çizelgelemesi	94
5.4.12.	İşgücü Çizelgelemesi	94

ALTINCI BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA

6.1.	DİNAMİK PROGRAMLAMA KAVRAMLARI	98
6.1.1.	Aşama	99
6.1.2.	Durum	100
6.1.3.	Durum Değeri	100
6.1.4.	Hareket	100
6.1.5.	Karar	101
6.1.6.	Getiri	101
6.1.7.	Ardışık En İyileme	101
6.1.8.	Dönüşüm Fonksiyonları	102
6.1.9.	Optimal Politika	102
6.2	DİNAMİK PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ	102
6.3	DİNAMİK PROGRAMLAMANNIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	104
6.3.1.	Dinamik Programlamanın Avantajları	104
6.3.2.	Dinamik Programlamanın Dezavantajları	105
6.4.	OPTİMALLIK İLKESİ VE DİNAMİK PROGRAMLAMA FORMÜLASYONU	106

6.5. DİNAMİK PROGRAMLAMANIN ÇÖZÜM YOL VE YÖNTEMLERİ	108
6.5.1. İleriye Doğru Çözüm Yöntemi	108
6.5.2. Geriye Doğru Çözüm Yöntemi	109
6.5.3. Tablosal Çözüm Yolu	110
6.5.4. Analitik Çözüm Yolu	112
6.6. DİNAMİK PROGRAMLAMA TÜRLERİ	112
6.6.1. Deterministik Dinamik Programlama	112
6.6.2. Stokastik Dinamik Programlama	114
6.7. ENVANTER PROBLEMİ VE DİNAMİK PROGRAMLAMA	117
6.7.1. Envanter Planlamaya İlişkin Genel Maliyet Fonksiyonlu Dinamik Programlama Algoritması	120

YEDİNCİ BÖLÜM

ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK KADEMELİ ENVANTER PROBLEMİNİN DİNAMİK PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU

7.1. PROBLEM TANIMLAMASI	122
7.2. MODELİN ÇÖZÜMLENMESİ	127
SONUÇ	214
KAYNAKLAR	218

KISALTMALAR

3 P	Üçüncü Parti
JIT	Tam Zamanında
ELSSA	Entegre Lojistik Sistemler İçin Stratejik Analiz
MİP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
İDP	İhtiyaç Dağıtım Planlaması
İPS	İleri Planlama Sistemi
DİP	Dağıtım İhtiyaç Planlaması
FT	Fiziki Tesis
İ&B	İletişim ve Bilgi
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması
ÇAİ	Çevrimiçi Analitik İşlem
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DKP	Dağıtım Kaynak Planlaması
s.	Sayfa Numarası

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Lojistiğin Rolü	s. 4
Şekil 2: Lojistik Yönetim Bileşenleri	s. 5
Şekil 3: Lojistik Ağ Yapısı	s. 12
Şekil 4: Stratejik Karar Çeşitleri	s. 18
Şekil 5: Pazarlama-Lojistik Maliyet İlişkisi	s. 26
Şekil 6: Stratejik Lojistik Planlama Akışı	s. 30
Şekil 7: Lojistik Karar Hiyerarşisi	s. 34
Şekil 8: Lojistik Ağ Tasarım Aşamaları	s. 39
Şekil 9: Lojistik Denetleme Aşamaları	s. 41
Şekil 10: Kademeli Sistem Yapısı	s. 50
Şekil 11: Kademeli Ağ Sistem Türleri	s. 50
Şekil 12: Envanter Faktörleri	s. 55
Şekil 13: Sıralı Yöntem	s. 56
Şekil 14: Çok Kademeli Yöntem	s. 60
Şekil 15: Çok Kademeli Dağıtım İkmal Sistemi	s. 64
Şekil 16: Kararlar Arası Öncelik İlişkileri	s. 76
Şekil 17: Kararlar Arası Öncelik İlişkileri	s. 78
Şekil 18: Lojistik Yönetimi Coğrafi Bilgi Sistem Arayüzü	s. 88
Şekil 19: Algoritmalar ve CBS'nin Entegrasyonu	s. 90
Şekil 20: N Aşamalı Bir Problemin İleriye Doğru Çözüm Süreci	s.108
Şekil 21: N Aşamalı Bir Problemin Geriye Doğru Çözüm Süreci	s.109
Şekil 22: Deterministik Dinamik Programlama İçin Temel Yapı	s.113
Şekil 23: Stokastik Dinamik Programlama İçin Temel Yapı	s.115
Şekil 24: Jenerik Çok Kademeli İkmal Sistemi	s.124

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Planlama Türleri ve Özellikleri	s. 16
Tablo 2: Stratejiler Arası Farklılıklar	s. 22
Tablo 3: Dağıtım Merkezinde Konuşlu Stok Muhafaza Ünitesi İçin Envanter Faktörleri	s. 53
Tablo 4: Yöntemlerin Mukayesesi	s. 61
Tablo 5: Lojistik Karar Kategorileri	s. 67
Tablo 6: Lojistik Kararlar	s. 77
Tablo 7: Karar Özeti	s. 79
Tablo 8: Lojistik Ağ Tasarımı İçin Giriş Verileri	s. 82
Tablo 9: Uygulamalar ve Analitik Araçlar	s. 87
Tablo 10: Yol ve Tahmini Mesafe	s. 89
Tablo 11: Perakendecilerden Talep Edilen Ürün Miktarları	s.125
Tablo 12: Sipariş Maliyetleri	s.126
Tablo 13: Ürün Bulundurma Maliyetleri	s.126
Tablo 14: Sipariş Kısıtları	s.126
Tablo 15: Stok Kısıtları	s.126
Tablo 16: Bölgesel Depolardan Talep Edilen Ürün Miktarları	s.181
Tablo 17: Bölgesel Depo f_0 Değerleri	s.181
Tablo 18: Merkezi Depodan Talep Edilen Ürün Miktarları	s.207
Tablo 19: Merkezi Depo f_0 Değerleri	s.207

GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde lojistik önemli bir kavram olarak bütün iş kollarında faaliyet gösteren firmaların ilgi odağı haline gelmiştir. Firmaların, önceleri sadece askeri bir terim ve çalışma alanı olduğu değerlendirilen lojistik üzerine bu denli yoğunlaşmalarının sebebi; global rekabet ortamında var olabilmelerinin ve maliyetlerini azaltabilmelerinin lojistik ile sağlanabileceğinin anlaşılmasıdır. Lojistiğin öneminin anlaşılmasının ardından böylesine etkin, doğru bir şekilde uygulanması halinde pek çok kazanımlar sağlayabilecek olan bir yönetim şeklinin esaslarının belirlenmesi ve bu konuda yetişmiş insan gücü eksikliğinin tamamlanması ihtiyacı ortaya çıkmış, bunun sonucunda üniversitemizde bölümler açılmış ve eğitim programları düzenlenmeye başlanmıştır.

Stratejik seviyede yapılan bir hatanın, operatif seviyede gösterilen çabalar ile düzeltilmeyeceği bir gerçektir. Lojistikten beklenen faydanın sağlanabilmesi için alt fonksiyon sahalarının kesin olarak anlaşılması, stratejik, taktik ve operatif seviyede gerçekleştirilecek olan planlamalarda dikkat edilmesi gereken kriterlerin bilinmesi gerekmektedir. Lojistik ağ yapısının stratejik seviyede yapılabilecek hataların başında gelmektedir. Firmaların ağ yapıları lojistik işlemlerin etkinliğinin ve verimliliğinin artmasına ilave olarak firmaya piyasada ayırt edici üstünlükler sağlamaktadır.

Firmaların envanter maliyetleri toplam giderlerinin içerisinde önemli ölçülerdedir. Firmaların envanter ve taşıma maliyetlerinin dağıtım ağlarının genişlemesiyle artış göstermesi sebebiyle başta çok kademeli envanter yönetimi olmak üzere yeni nesil envanter yönetim usulleri geliştirilmektedir. Çok kademeli envanter teorisi, sayısal analiz ve optimizasyon yöntemleri ile çeşitli kademelerden oluşan entegre lojistik sistemlerin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Çok kademeli envanter yönetimi envanter politikalarını bütünsel olarak optimize etmekte, talep ve ikmal değişkenliğine stokastik ve deterministik yöneylem tekniklerinden istifade ile açıklık getirmektedir. Çok kademeli envanter sistemi tasarımında en önemli konu; her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün miktarının belirlenmesidir. Dinamik programlama çok kademeli envanter optimizasyonunda yararlanılabilecek en uygun yöneylem tekniklerindedir.

Bu çalışmanın amacı firmaların lojistik yöneticilerine, bu konuda bilgi birikimini artırmak ve lojistik alanında çalışmalarda bulunmak isteyenlere destek sağlamak, çok ürünlü çok kademeli envanter sistemlerinde maliyetleri minimize etmek üzere dinamik programlama yönteminden nasıl istifade edilebileceğini göstermektir.

Yedi bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde lojistiğin tanımı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiş, lojistiğin tüm yönleriyle değerlendirilebilmesi için alt fonksiyonları olan talep tahmini, envanter yönetimi, lojistik iletişim, malzeme elleçleme, sipariş işlemi, ambalajlama, parça ve hizmet desteği, fabrika ve depo yeri seçimi, tedarik, tersine lojistik, trafik ve taşımacılık ile depolama faaliyetleri açıklanarak lojistik entegrasyon konusu üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde planlama hiyerarşisi, strateji seçenekleri, lojistiğin stratejik önemi, lojistik strateji ve stratejik lojistik planlama süreci incelenmiştir. Üçüncü bölümde; lojistik ağ tasarımının stratejik önemi, lojistik ağ tasarım aşamaları ve lojistik ağ modelleme yöntemleri ele alınmıştır. Dördüncü bölümde; çok kademeli ağlarda envanter yönetimi ve çok kademeli ağlarda kamçı etkisi açıklanmıştır. Beşinci bölümde; lojistik karar, karar sıralaması ve ilişkileri, karar destek sistem yapısı, lojistik faaliyetlerde karar destek sistemlerinin kullanım alanları irdelenmiştir. Altıncı bölümde; dinamik programlama yöntemi açıklanarak, optimallik ilkesi ve dinamik programlama formülasyonu, dinamik programlamanın çözüm yol ve yöntemleri, dinamik programlamadan envanter problemlerinde nasıl yararlanılacağı ve maliyet formülasyonu konuları üzerinde durulmuştur. Yedinci bölümde çok ürünlü çok kademeli envanter sistemlerine örnek olacak bir merkezi ve üç bölgesel depo ile dokuz perakende mağazasından oluşan bir dağıtım sistemi tasarlanmış, sistemin kabul ve kısıtları belirlenmiş, tasarlanan sistemin sipariş ve envanter maliyetini minimize eden amaç fonksiyonu tanımlanmış ve daha sonra tasarlanan model, geriye doğru dinamik programlama tekniği kullanılarak, tablosal yöntem ile optimize edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK

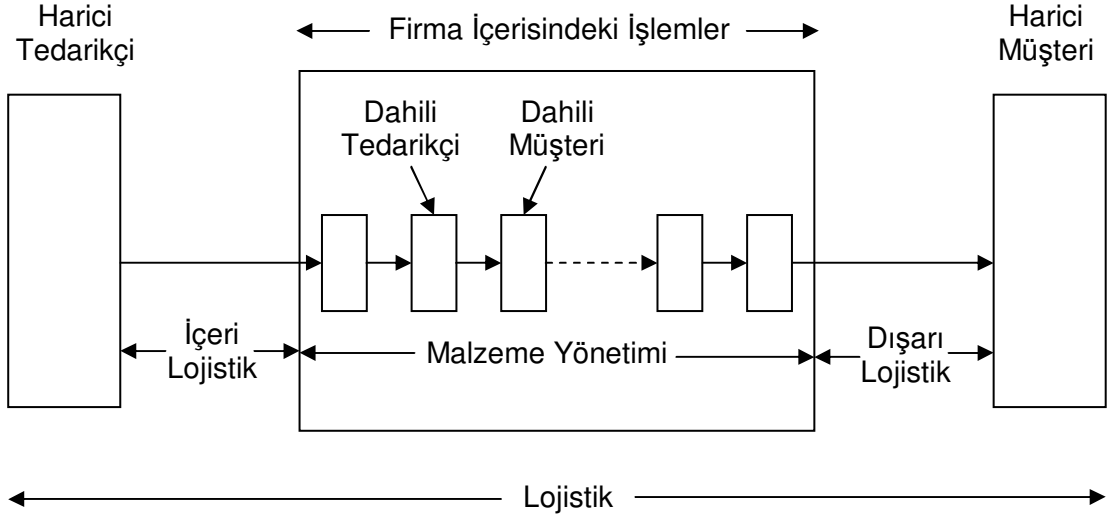
1.1 Lojistiğin Tanımı Ve Kapsamı

Ham maddenin ilk kaynağından tüketiciye kadar bütün malzemeler her safhada belirli işlemlerden sonra bir sonraki aşamaya sevk edilmektedir. Mal ve hizmet üreten bütün organizasyonlar ürünlerini müşterilerine dağıtmaktadırlar. Günlük hayatımızda tükettiğimiz her türlü ürün ve hizmet ilk kaynağından itibaren bizlere ulaşmaya kadar her aşamada yapısal değişiklikler gerçekleştirilerek, ilave montajlar yapılarak, ambalajlanarak, depolanarak, çeşitli vasıtalarla taşınarak kullanımımıza sunulur. Üretim ve hizmet sektörlerinin işleyişini en yalın haliyle ele aldığımızda öncelikle müşteri taleplerinin doğru tespit edilmesi için gerekli çalışmaların yapıldığını, bu talepleri karşılamak üzere firmalarda tasarım ve üretim işlemlerinin gerçekleştirildiğini, firmalardaki işlemler için ihtiyaç duyulan ham madde, yarı mamul ve mamullerin bir girdi olarak tedarikçilerden temin edildiğini, işlemler sonucunda elde edilen ürünlerin müşterilere sunulduğunu görmekteyiz. Lojistik, en sade bir şekilde tanımladığımız bu akış içerisinde malzeme hareketini sağlamaktadır. Ayrıca her firmanın bünyesinde çeşitli bölümler bulunmaktadır. Lojistik aynı zamanda firma içerisinde bu farklı bölümler arasında da malzeme akışını sağlar. Bir diğer deyişle firma içerisinde her bir bölüm kendisinden sonraki bölüm için tedarikçi, sonraki bölüm ise öncekisi için müşteri pozisyonundadır. Lojistik, tedarikçilerden firmaya, firma içerisindeki işlemler boyunca ve bu işlemler sonrasında müşterilere malzeme akışından sorumlu fonksiyondur. Malzemelerin tedarikçilerden firma içerisine akışına gelen veya içeri lojistik (inbound logistics), firmadan müşterilere doğru akışına giden veya dışarı lojistik (outbound logistics), firma içerisinde ki malzeme akışına ise malzeme yönetimi adı verilmektedir.¹ Lojistik Yönetim Konseyinin yapmış olduğu tanımlama şu şekildedir: “Lojistik, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, ham maddenin başlangıç noktasından ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkin ve verimli bir şekilde akış ve depolanmasının sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması sürecidir.”²

¹ Donald Waters, **Logistics An Introduction To Supply Chain Management**, 1. Baskı, Palgrave Macmillan, New York, 2003, s. 3.

² James R. Stock, Douglas M. Lambert, **Strategic Logistics Management**, 4. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2001. s. 3

ŞEKİL 1: Lojistiğin Rolü



Kaynak: Waters, 2003, s. 6

Lojistiğin evrimi ve gelişimi aşağıdaki kavramlarla açıklanabilir.

İşyeri Lojistiği: İşyeri lojistiği, tek bir iş istasyonundaki malzeme akışını tanımlamak üzere kullanılmaktadır. İşyeri lojistiğinin amacı; bir montaj hattı boyunca veya makinede bireysel çalışma hareketlerini bir düzene koymaktır. Günümüzde işyeri lojistiği için kullanılmakta olan yaygın tanımlama ise ergonomidir.

Tesis Lojistiği: Tesis lojistiği, bir tesisde bulunan iş istasyonları arasındaki malzeme akışı olarak tanımlanmaktadır. Bu tesis ham maddenin ilk kaynağından müşteriye ulaşıncaya kadarki zincir içerisinde her türlü fabrika, depo, dağıtım merkezi vs. olabilir. Sözü edilen tesislerde meydana gelen lojistik faaliyetler malzeme elleçlemesi tabirini açıklayıcı mânâda kullanılmaktadır.

Kolektif (Birleşik) Lojistik: Kolektif lojistik, tesisler arası malzeme ve bilgi akışı aynı zamanda malzemenin bulunduğu her ortamda meydana gelen işlemler olarak tanımlanmaktadır. Örneğin bir imalatçı için lojistik faaliyetler fabrika ve depolar arasında meydana gelirken bir toptancı için dağıtım merkezleri arasında, perakendeci için ise dağıtım merkezleri ve perakende mağazaları arasında meydana gelmektedir.³

³ Edward Frazelle, **Supply Chain Strategy The Logistics Of Supply Chain Management**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2002, s. 5.

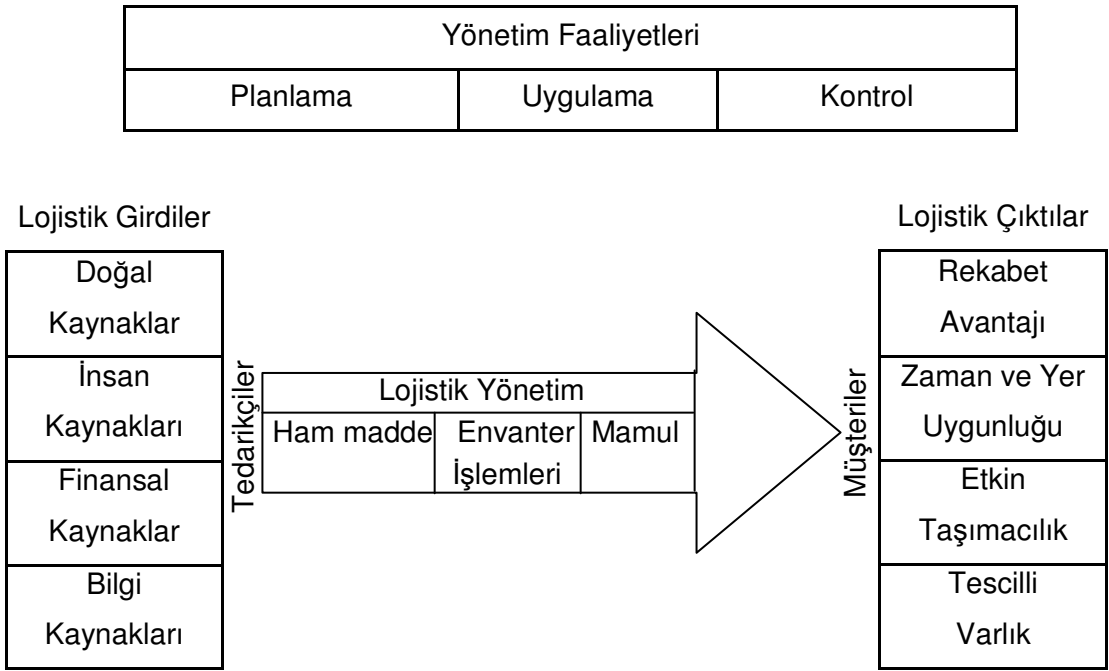
Tedarik Zinciri Lojistiği: Tedarik zinciri lojistiği, iş istasyonları, tesisler, fabrikalar ve diğer zincirler arasında malzeme, bilgi ve para akışı olarak tanımlanmaktadır.

Global Lojistik: Global lojistik, ülkeler arası malzeme, bilgi ve para akışıdır. Global lojistik uluslar arası tedarikçilerin tedarikçileri ile müşterilerin müşterilerini birbirlerine entegre eder.

1.1.1 Lojistik Faaliyetler

Lojistik kelimesinin ve kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için bu kapsamda gerçekleştirilen faaliyetlerin açıklanmasında fayda vardır.

ŞEKİL 2: Lojistik Yönetim Bileşenleri



Lojistik Faaliyetler	
• Müşteri Hizmetleri	• Parça ve Hizmet Desteği
• Talep Tahmini	• Fabrika ve Depo Yeri Seçimi
• Envanter Yönetimi	• Tedarik
• Lojistik İletişim	• Tersine Lojistik
• Malzeme Elleçleme	• Trafik ve Taşımacılık
• Sipariş İşlemi	• Depolama
• Ambalajlama	

Kaynak: Stock, Lambert, 2001, s. 3

Müşteri Hizmetleri: Müşteri hizmetleri, daha önceden belirlenmiş olan optimum maliyet hizmet seviyesinde müşteri arayüzünün bütün bileşenlerini entegre eden ve yöneten müşteri esaslı bir felsefe olarak tanımlanabilir. Müşteri hizmetleri bütün lojistik yönetim faaliyetleri için bağlayıcı ve birleştirici bir kuvvet işlevini yerine getirir. Lojistik sistemin her bir bileşeni müşterilere doğru ürünün, istenilen yer ve zamanda, arzu edilen koşullarda, minimum maliyetle ulaştırılmasına tesir eder. Bundan dolayı müşteri hizmetleri, mümkün olan en düşük toplam maliyetle müşteri tatminini sağlamak üzere entegre lojistik yönetim konseptinin başarılı bir şekilde uygulanmasını öngörür.

Talep Tahmini: Talep tahmini gelecekte müşterilerin ihtiyaç duyacağı ürün miktarının ve bu ürünlerin müşteriye sağlanmasında ihtiyaç duyulan servis hizmetlerinin belirlenmesini içerir. Pazarlama, üretim ve lojistik gibi bütün firma operasyonları için tam olarak ne kadar ürün talep edileceğinin belirlenmesi oldukça büyük önem arz etmektedir. Lojistik yönetim için talep tahmini firmalarca üretilen ürünlerin her birinden müşterilere ne kadar ulaştırılacağına belirlenmesi yönünden ve talebin geleceği pazarlara uygun bölgelerde talebi en kısa sürede karşılayabilmek için yeterli seviyede ürün bulundurulması açısından önemlidir. Doğru talep tahmini lojistik yöneticisine bu talepleri karşılamak üzere sağlanacak hizmetler için yeterli miktarda bütçe planlamasına da olanak sağlar. Belirsizlik altında verilen karar optimal seviyeden daha düşüktür. Çünkü hangi ürün ve hizmetlere ihtiyaç duyulacağı bilinmeden kaynakların lojistik faaliyetler arasında tahsisi son derece güçtür. Bu sebeple firmaların bazı talep tahminlerini üstlenerek pazarlama, üretim ve lojistik bölümleriyle irtibatta olmaları bir zorunluluktur. Gelişmiş bilgisayar modelleri, trend analizi ve diğer metotlar tahminlerin geliştirilerek daha sağlıklı yapılmasına yardımcı olur.

Envanter Yönetimi: Müşteri taleplerinin ve üretim ihtiyaçlarının karşılanabilmesi maksadıyla yeterli ürün ikmal seviyesinin muhafaza edilmesinin finansal gerekliliğinden ötürü envanter kontrolü kritik bir faaliyettir. Ham madde ve parça, işlenmekte olan ve tamamlanmış mamul envanterlerinin hepsine fiziksel bir alan, personel zamanı ve para tahsis edilmesi ihtiyacı vardır. Envanterde bulunan malzemeye ayrılmış olan paranın başka bir yerde kullanılmasına imkan bulunmamaktadır. Envanter yönetimi, yüksek müşteri hizmet seviyesini sağlamak üzere envanter bulundurulmasıyla, envanter bulundurma maliyetinin, envantere

bağlanan paranın, depolama maliyetlerinin, eskime ve bozulmaların yarattığı maliyetlerin göze alınmasını gerektirir. Bazı durumlarda bu maliyetler yıllık nakit envanter değerinin yarısını aşabilir. Başarılı bir envanter kontrolü diğer lojistik faaliyetlerin yerine getiriliş maliyetlerini dikkate alırken, arzu edilen müşteri hizmet seviyesinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan envanter seviyesinin belirlenmesidir.

Lojistik İletişim: Günümüz iş dünyasında başarı karmaşık iletişim sistemlerinin üst seviyede yönetimini zorunlu kılmaktadır. Etkin bir iletişim sisteminin;

- Firma, tedarikçiler ve müşteriler,
- Lojistik, mühendislik, muhasebe, pazarlama ve üretim gibi firma bünyesindeki asıl fonksiyonlar,
- Söz konusu olan lojistik faaliyetler,
- Malzeme depolanmasının koordinasyonu, işlem süreçleri ve tamamlanmış ürünler gibi her bir lojistik faaliyetin çeşitli yönleri,
- Tedarik zincirinin çeşitli bileşenleri arasında işletilmesine ihtiyaç vardır.

İletişim, bütün lojistik işlemler ve firmanın müşterileri arasında hayati derecede önemli olan bir irtibattır. Doğru, yeterli ve zamanında gerçekleştirilen iletişim başarılı bir lojistik yönetiminin ilk önceliğidir.

Malzeme Elleçleme: Malzeme elleçleme, bir fabrika veya depodaki ham madde akışı, işlem envanteri ve tamamlanmış mamullerin bütün yönleriyle ilişkilidir. Malzeme elleçleme firma içerisinde gerçekleştirilen işlemler arasında malzemenin hareket ettirilmesi, depolardan alınarak ihtiyaç olan veya işlem göreceklere yerlerde malzemelerin hazır edilmesi demektir. Kısaca ifade edecek olursak elleçleme; kısa mesafeli malzeme taşınması olarak tanımlanabilir. Malzeme elleçlemenin amacı ;

- Mümkün olan her yerde elle işlem yapılmasına mani olmak,
- Taşıma mesafesini azaltmak,
- İşlem süreçlerini azaltmak,
- Dar alanlarda veya sıkışık zamanlarda düzgün serbest akışı sağlamak,
- Atık, hasar, bozulma ve çalınmadan kaynaklanan kayıpları minimize etmektir.

Firma malzeme elleçlendiğinde her zaman bir maliyetle karşılaşır. Çünkü elleçleme genellikle ürüne bir değer katmaz ve en az seviyede gerçekleştirilmelidir. Düşük birim değerli ürünler için malzeme elleçleme maliyetinin toplam ürün maliyetine oranı kritik seviyelerde gerçekleşebilir. Malzeme akışının ve malzeme yönetiminin dikkatli bir şekilde analiziyle firma büyük oranda tasarruf sağlayabilir.

Sipariş İşlemi: Müşteri siparişi, lojistik faaliyetlerin ardışık olarak gerçekleşmesini başlatan bir eylemdir ve sipariş talebinin karşılanması için gerçekleştirilecek işlemlerin yönlendirilmesini sağlar. Sipariş işlemi kapsamında siparişlerin alınması, sipariş sürecinin izlenmesi ve müşteri memnuniyetini sağlayacak şekilde malzemelerin tam zamanında istenilen yerde hazır edilmesi yer alır. Sipariş işlemi üç alt kategoride değerlendirilebilir.

- Operasyonel işlemler: Siparişin girilmesi / düzenlenmesi, çizelgeleme, siparişlerin gruplandırılarak sevk hazırlıkları, teslimatın faturalandırılması.
- İletişim İşlemleri: Sipariş düzeltmesi, sipariş durumunun sorgulanması, izleme ve hızlandırma, hataların düzeltilmesi ve ürün bilgi talebi.
- Kredi ve Tahsilat İşlemleri: Kredi kontrolü ve erişilebilir hesap işlemleri.

Bir firmanın sipariş işlemlerinin hızı ve doğruluğu firmanın sağlamış olduğu müşteri hizmet seviyesiyle yakından ilişkilidir. Çünkü sipariş işlemleri müşteri ile firmanın temas kurduğu önemli bir arayüzdür. Bu sebeple müşterinin hizmet algılaması ve bunun sonucunda tatmininde son derece önemli bir etkiye sahiptir.

Bilgisayarlar ve elektronik ticaret, siparişin alınmasıyla ürünün sevk edilişi arasında geçen zamanın azaltılmasına büyük destek sağlamaktadırlar. Çoğu durumda siparişler alıcının bilgisayarından doğrudan satıcının bilgisayarına gönderilmekte ve bu işlem elektronik veri değişimi olarak adlandırılmaktadır. Bilgisayar sistemleri başlangıçta firma için pahalı olsa da sipariş işlemlerinin doğruluğuna ve reaksiyon süresinin azaltılmasına önemli seviyede katkı sağlamaktadır. Envanter, taşıma ve depolama gibi diğer lojistik harcamalardan sağlanan tasarruf ve gelişmiş müşteri hizmetleri neticesinde satışların artmasından elde edilecek kazanç ile sipariş işlemlerinin elektronik ortamda gerçekleştirilmesi finanse edilir.

Ambalajlama: Ambalajlama pazarlama ve lojistik gibi iki esas fonksiyonu yerine getirir. Pazarlama alanında ambalaj bir promosyon veya reklam işlevi görür. Ambalajın ebatları, ağırlığı, rengi ve üzerindeki bilgiler müşterilerin dikkatini celbederek ürün hakkında bilgilendirilmelerini sağlar. Lojistik alanında ambalajlama iki ayrı işlevi yerine getirir. Bunlardan ilki; ürünlerin taşınması veya depolanması esnasında zarar görmelerini engeller. İkincisi ise uygun bir şekilde gerçekleştirilmiş ambalajlama ürünlerin daha kolay bir şekilde depolanmasına ve taşınmasına olanak sağlar ve bunun sonucunda elleçleme maliyeti azalır.

Parça ve Hizmet Desteği: Lojistik ham madde, envanter işlemleri ve tamamlanmış ürünlerin hareketine ilave olarak, ürünlerin tamir ve hizmetini içeren pek çok faaliyeti içerir. Lojistiğin sorumluluğu ürünün müşteriye teslim edilmesiyle sona ermez. Firmanın pazarlama faaliyetinin bir kısmı satış sonrası müşterilere hizmet sağlanmasıdır. Bu teslimat sonrası ürünün arızalanması veya hasara uğraması durumunda söz konusu parçanın değiştirilmesini içerir. Hizmet ve tamir faaliyeti için yeterli miktarlarda yedek parça bulundurulması son derece önemlidir. Lojistik böyle durumlarda müşterinin ihtiyacı olduğu yer ve zamanda söz konusu parçaların hazır bulundurulmasını temin eder.

Fabrika ve Depo Yeri Seçimi: Fabrika ve depoların stratejik yerleşimi firmanın müşteri hizmet seviyesini arttırmasına yardımcı olur. Uygun tesis yerleşimi aynı zamanda fabrikadan fabrikaya, fabrikadan depoya veya depodan müşterilere ürünlerin taşınmasında düşük hacimli taşıma oranlarına olanak sağlar.

Yer seçiminde ilk kriter firmanın hedef pazarının bulunduğu coğrafi alandır. Firmanın içeriye taşımacılıkla ilgili olarak göz önünde bulundurması gereken kriterler müşteri ihtiyaçları, ham maddelerin tedarik edildiği bölgeler, bileşke parçalar, alt montaj durumu ve dışarıya ürün akışına ilave olarak malzemelerin depolanma durumlarıdır. Diğer önemli faktörler ise işçilik ücreti, taşımacılık hizmetleri, vergiler, güvenlik durumu, kanuni mevzuat, bölge halkının yaklaşımı, ücretler ve kaynakların uygunluğudur.

Tedarik: Her firma bazı alanlarda diğer firmalarca sağlanan malzeme ve hizmetlere bağımlıdır. Çoğu endüstri dalında firmalar gelirlerinin % 40-60'ını dış kaynaklardan sağlanan malzeme ve hizmetler için harcarlar. Firmanın üretim ve

lojistik işlemlerinin etkin bir şekilde işlerliğini sağlamak için malzeme ve hizmetlerin temin edilmesine tedarik denir. Tedarik fonksiyonu ikmal kaynaklarının yerlerinin seçimini, temin edilecek olan malzeme yapısının belirlenmesini, satın alma zamanını, fiyatın belirlenmesini ve kalite kontrolü içerir. Malzemelerin uygunluğu ve maliyet çeşitliliğinden etkilenecek, son yıllarda değişen ve gelişen ekonomik çevre lojistik faaliyetler arasında tedariki daha önemli bir hale getirmiştir. Eğer firmalar birkaç önemli tedarikçi ile uzun dönemli ilişkiler kurarlarsa tedarik firmalar için önemini artırmaya devam eder.

Tersine Lojistik: Geri iade edilen ürünlerin, hurda, döküntü ve kurtarılmış malzemelerin işlenmesi lojistiğin önemli bir unsuru olan tersine lojistik olarak tanımlanan büyük çaplı bir işlemin parçalarıdır. Müşteriler kusurlu ürünleri, eskimiş veya demode olmuş ürünleri, hatalı sevk edilen malzemeleri, fiyat farkını ödemek suretiyle ellerindekileri yenileriyle değiştirmek amacıyla malzemeleri firmaya veya satıcıya geri iade edebilirler. Çoğu lojistik sistem ters yönde malzeme hareketini işleme konusunda eksik donanımlı veya yeterli teşkilat ve bilgi birikimine sahip değildir. Çoğu endüstri kolunda müşteriler garanti kapsamında olan ürünlerin tamiri, değiştirilmesi, yeniden üretim veya geri dönüşüm için ellerindeki malzeme ve ürünleri geri gönderebilirler. Tersine lojistik maliyetleri ileri yönlü lojistik maliyetlere oranla daha yüksektir. Tüketiciden üreticiye sistem boyunca geriye doğru ürünlerin hareketi, aynı ürünlerin üreticiden tüketiciye doğru hareketinden yaklaşık olarak 5-9 kat daha fazla maliyetlidir. Genellikle iade ürünler orijinal ürünler gibi kolayca taşınmaz, elleçlenemez, işleme tabi tutulamaz ve depolanamazlar bu durum yüksek birim maliyetlere yol açar.

Tersine lojistik aynı zamanda üretim, dağıtım ve ambalajlama işlemleri sonucu oluşan artık malzemelerin ilgili yerlerden alınıp diğer alanlara taşınmasını ve imhasını içerir. Eğer artık malzemeler diğer ürünlerin imalatında kullanılmayacak durumda ise bir takım yöntemlerle imha edilmeleri gerekmektedir. Yan ürünler ne olursa olsun, lojistik süreçler etkin ve yeterli bir şekilde bu ürünleri işleme, depolama ve taşınmalıdır. Eğer yan ürünlerin geri dönüşümü veya yeniden kullanılabilme olanağı varsa lojistik bunların yeniden üretim veya yeniden işleme alanlarına taşınmasını sağlar. Firmalar genellikle bu faaliyetleri kendi iş alanlarında uzmanlaşmış üçüncü parti (3P) lojistik firmalar aracılığıyla yerine getirir.

Müşteriler daha esnek ve müsamahakâr iade politikaları için artan bir şekilde talepte bulundukça, geri dönüşüm ve diğer çevresel konular daha da önem kazandıkça, yakın gelecekte tersine lojistik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi konusunda titiz ve uzun dönemli çalışmalar gerçekleştirilmesi kaçınılmaz olacaktır.

Trafik ve Taşımacılık: Lojistik sürecin bir diğer önemli bileşeni malzemelerin ilk noktasından tüketildikleri yere kadar olan hareketi veya akışı ve tersi yönde geri dönüşleridir. Trafik ve taşımacılık faaliyeti ürün hareketinin yönetimini gerektirir ve taşıma yönteminin (kara yolu, hava yolu, demir yolu, su yolu, boru hattı) ve güzergah belirlenmesini, çeşitli yerel ve bölgesel taşımacılık düzenlemelerine uyulmasını, milli ve uluslar arası taşımacılık kurallarına riayet edilmesini içerir. Taşımacılık lojistik faaliyetler içerisinde genellikle tek başına en büyük maliyeti oluşturur. Bu sebeple etkin bir şekilde yönetilmesi gereken önemli bir bileşendir.

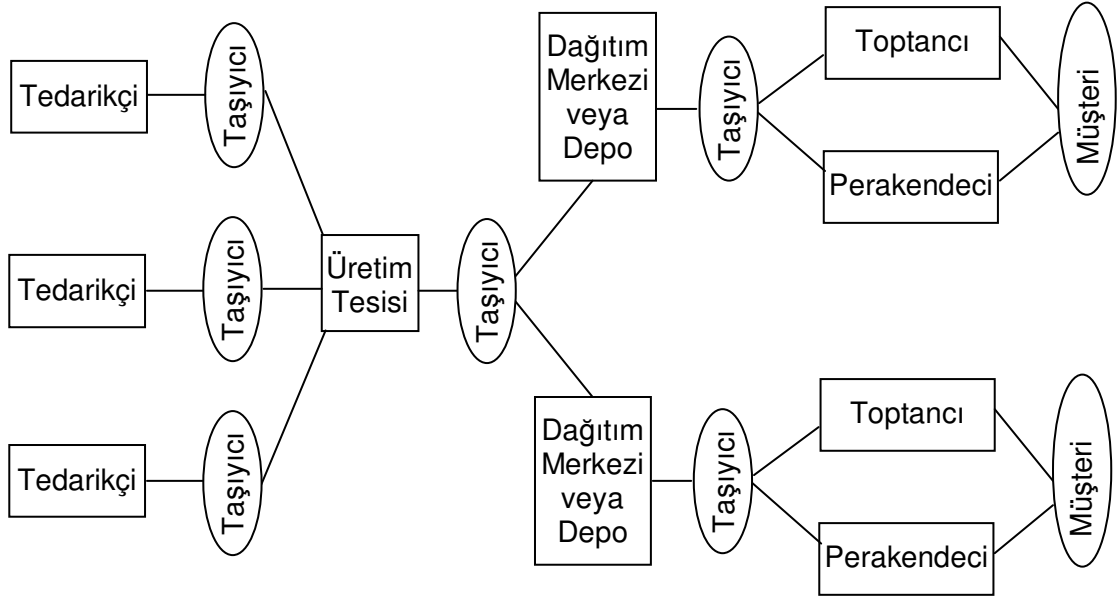
Depolama: Ürünler, siparişe üretim yapılmadıkça satış veya tüketilinceye kadar fabrikalarda veya belirli yerlerde depolanmaktadır. Genellikle üretim ve tüketim arasında büyük zaman aralığı bulunmakta ve büyük seviyede envanter gerekmektedir. Depolama faaliyeti envanterin bulundurulması ve muhafazası için ihtiyaç duyulan kapalı ve açık alanların yönetimini içerir. Belirli depolama faaliyetleri; depolanacak tesisin firma tarafından inşası veya kiralanması, depolama tesisinin planlanması ve tasarımı, aynı depoda bulundurulacak ürün kombinasyonunun belirlenmesi, güvenlik ve bakım kaideleri, personel eğitimi ve verimlilik kriterleri konularında karar verilmesini gerektirir.⁴

1.2 Lojistik Entegrasyon

Lojistik, pek çok bileşeni ve birbirleriyle ilişkili ardışık olarak gerçekleşen alt fonksiyonlarıyla sistem olarak ele alınması gerekli olan bir süreçtir. Lojistik, öncelikli amacı tedarik zinciri veya firma içerisinde belirli bir sıra dahilinde malzeme akışı olan ilişkili faaliyetlerden oluşan bir ağıdır. Bu ağ yapısı Şekil 3'de görülmektedir.

⁴ Stock, Lambert, s. 19

ŞEKİL 3: Lojistik Ağ Yapısı



Firma içerisinde birbirleriyle seri şekilde ilişkili olan faaliyetler nihai ürüne değer katarlar. Bu faaliyetler alışılmış olarak ayrı ayrı yönetilirler, bunun sonucunda firma içerisinde her birinin bütçesi, öncelikleri ve kriterleri farklı olan satın alma, taşıma, depolama, dağıtım filosu gibi bölümler oluşturulur. Bu şekilde ayrı yönetim bölümleri oluşturulması bir takım lojistik problemlere yol açar. Satın alma en güvenilir tedarikçilerle iş yapabilmeyi, envanter kontrolü düşük birim maliyeti sağlamayı, depolama hızlı stok devrini, malzeme yönetimi kolay elleçlemeyi, taşımacılık tam araç yükü taşımayı amaçlar. Elbette her bölüm için kendi amaçları makul, mantıklı ve ulaşılması gerekli olarak değerlendirilir. Ancak her bir bölümün amaçları diğer bölümün amacıyla çatıştığında problemler oluşmaktadır. Örneğin; depolama bölümü ham madde stoğunun azaltılmasıyla tasarruf sağlamayı amaçlarken, bu stoğun azaltılması daha sık olarak talep karşılanamamasına, satın alma için daha fazla zaman ve iş yüküne, taşımacılık için sıklıkla acil ürün dağıtımına neden olur. Aynı şekilde satın alma bölümü kendi idari maliyetlerini azaltmak için tedarikçilere geniş fasıllarla büyük hacimli malzeme siparişi verebilir, bu stok miktarının artmasına, envantere daha fazla para ayrılmasına ve depolama maliyetlerinin artışına yol açar. Hava yolu yerine su yolu taşımacılığının kullanılması taşıma maliyetlerini azaltırken mevcut stok miktarını artırır. Lojistiğin farklı faaliyetleri birbirleriyle yakın ilişki içerisinde olması sebebiyle bir alanda uygulanan politikalar diğerlerini etkilemektedir. Her bölüm kendi amaçlarını gerçekleştirmek için

diğer bölümlerden habersiz olarak hareket ederse emek ve iş gücü kaybına neden olan mükerrer işlemler gerçekleştirilir ve kaynaklar israf edilmiş olur. Lojistik faaliyetlerin ayrı ayrı işlevlerini gerçekleştirmeleri aynı zamanda bölümler arasında bilgi akışını da güçleştirir, bunun sonucunda bir sonraki faaliyetlerde aksamalar yaşanır. Burada dikkat edilmesi gereken husus bir bölümün çıktılarının diğer bölümün girdilerini oluşturması, diğer bir ifadeyle süreç yönetiminin hassasiyetle uygulanmasıdır. Lojistik faaliyetlerin entegre edilmeden yönetilmesinin olumsuzluklarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Firma içerisinde genellikle birbiriyle çatışan amaçların belirlenmesi,
- Kaynakların mükerrer kullanılarak, optimizasyon sağlanmaması sebebiyle verimliliğin azalması,
- Bölümler arası iletişim ve bilgi akışında aksamalar,
- Bölümler arası koordinasyon eksikliği sebebiyle etkinliğin azalması, maliyetlerin artması ve müşteri taleplerinin karşılanamaması,
- Belirsizliğin artması ve tedarik zinciri boyunca gecikmelerin yaşanması,
- Planlamanın güçleşmesi,
- Bölümler arasında gereksiz yığılmalar oluşması, ilave taşıma ve idari faaliyetlerde artış,
- Toplam lojistik maliyetler gibi önemli bilgilerin elde edilme güçlüğü,
- Firma içerisinde lojistiğin olması gerekenden daha az önemsenmesi.⁵

Lojistiğe sistem yaklaşımında bulunabilen firmalar, müşteri hizmetleri taşımacılık, depolama, envanter yönetimi, sipariş işleme ve bilgi sistemleri, üretim planlama ve satın alma gibi lojistikle ilişkili faaliyetlerin entegrasyonu ile toplam lojistik maliyetleri minimize etmeyi başarabilmekte, yerinde, yeterli ve tam bir bilgi akışı sağlayabilmekte, bütün faaliyetleri rahatlıkla kontrol edebilmekte ve böylelikle muhtemel aksamlara zamanında çözüm üretebilmektedirler. Entegrasyon yaklaşımı uygulanmaması halinde lojistik alanında çeşitli verimsizliklerle karşılaşılabilir. Bu verimsizliklere aşağıdaki kritik arayüzlerde envanter oluşumu örnek olarak verilebilir.

⁵ Waters, s. 27

- Tedarikçi – Satın alma
- Satın Alma – Üretim
- Üretim – Pazarlama
- Pazarlama – Dağıtım
- Dağıtım – Toptancı / Perakendeci
- Toptancı / Perakendeci – Müşteri

1.2.1 Entegrasyon Aşamaları

Lojistiğin düşük öncelikli birbirinden ayrı faaliyetlerden, entegre olmuş tek bir stratejik faaliyete dönüşüm aşamalarını şu şekilde sıralayabiliriz.

Aşama 1: Birbirinden ayrı lojistik faaliyetler önemli olarak değerlendirilmeyip, yeterli ölçüde önemsenmezler,

Aşama 2: Firmanın başarısı için ayrık olarak gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerin öneminin farkına varılır,

Aşama 3: Ayrı faaliyetlerde gelişmeler sağlanarak her birinin mümkün olduğu ölçüde verimliliği artırılır,

Aşama 4: Firma içerisinde birlikte çalışabilirliğin faydalarının anlaşılması sonucu ayrı faaliyetlerin birleştirilerek dahili entegrasyonun sağlanması,

Aşama 5: Lojistiğin uzun dönemde istikametinin belirlenerek lojistik stratejisinin geliştirilmesi,

Aşama 6: Diğer firmalarla lojistik performansın mukayese edilerek onların, tecrübelerinden yararlanılması neticesinde geliştirilmeye ihtiyaç duyulan alanların belirlenmesi ve bunu başaracak yöntemlerin öğrenilmesi,

Aşama 7: Müteakip değişimin kaçınılmaz olduğunun kabulüyle lojistik teşkilatlanma ve işleyiş yöntemleri için sürekli arayış içerisinde olunarak sürdürülebilir gelişimin sağlanması.

İlk dört aşamada lojistik faaliyetler entegre edilerek diğer aşamalarda geliştirilmesi sağlanır. Beşinci aşama stratejik bakış açısını vurgulamakta, altıncı aşama mukayese ve alınabilecek dersler yönünden diğer firmalara dikkat çekmekte ve yedinci aşama sürekli gelişimin altını çizmektedir.⁶

⁶ Waters, s. 39

İKİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK PLANLAMA

Bazı önemli planlama faktörleri önümüzdeki yıllarda lojistik yöneticilerin çeşitli güçlükler ve fırsatlarla karşılaşacaklarını göstermektedir. Çoğu firmanın doyuma ulaşmış pazarlarda rekabet ediyor olmaları, müşteri sadakatinin sağlanma arzusu, lojistik maliyetlerin etkilerinin bilinmesi, firmaya ait varlıkların kârlılığı gerçeği, ikmal kaynakları, üretim, talep ve rekabet alanındaki globalleşme üst seviye yöneticilerin lojistiğin önemini farketmelerine ve bu konuyla daha yakından ilgilenmelerine neden olmuştur. Lojistik yöneticiler için bu alandaki fırsatlar ve güçlükler daha önce hiçbir zaman bu denli önemli seviyede gerçekleşmemiştir. Başarılı bir şekilde bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek ve fırsatları kârlılığa dönüştürebilmek için yöneticiler lojistik planlama özellikle stratejik planlama konusuna önem vermelidirler. Lojistik, firmanın strateji ve stratejik planlama sürecine değerli katkılar sağlayan önemli bir bileşen olarak yerini almıştır.

2.1 Planlama Hiyerarşisi

Planlama, firma içerisinde değişik seviyelerde ve farklı faaliyet alanlarında gerçekleştirilir. Planlama sürekli devam eden bir süreç olmasına karşılık, çoğu firma hazırlamış oldukları planları yılda bir defa revize ederler. Planlama işleminin gerçekleştirilmesinde üzerinde durulması gereken önemli bir konu; her faaliyet alanında gerçekleştirilecek olan planların birbirleriyle uyumlu, firmanın kolektif nihai planını destekler ve aynı hedefleri başaracak şekilde hazırlanmaları, her alt planın süresi ardışık olarak belirlendiğinde nihai planın tamamlanma süresini aşmamasıdır.

TABLO 1: Planlama Türleri ve Özellikleri

Planlama Türü	Süresi	Odağı	Detay Seviyesi	Entegrasyon Seviyesi
Operasyonel	Bir yıldan az, Günlük	Verimlilik	Ağırlıklı olarak finansal yönelimli	Fonksiyonel
Taktik	1-5 yıl	Olay	Bir nebze finansal yönelimli	Entegre, Fonksiyonel
Stratejik	5-10 yıl veya daha fazlası	Rekabet, Kaynak, Yetki	Az finansal daha çok amaca yönelik	Entegre, Kolektif, Tedarik zinciri

Kaynak: Lambert, Stock, Ellram, 2001, s. 550

2.1.1 Stratejik Planlama

Stratejik planlama en üst seviyede gerçekleştirilen uzun dönemli planlamadır. Çoğu firmaların stratejik planlamaları 5-10 yıllık bir zaman dilimini kapsarken, Japon firmaları stratejik planlamalarını 50 yıl veya daha uzun süreli hazırlayabilmektedirler. Hazırlanan planların süresi arttıkça daha az detaylandırılmaktadırlar. Stratejik plan bir firmanın hedeflerini, bütün hizmet gereksinimlerini ve yönetimin firmanın kolektif vizyonunu nasıl tasarladığını içerir. Planlar ana hatları ihtiva eder ve genellikle öngörülen kazanç ve harcamaları, iş kollarını, pazardaki işin bağıl payının tahminini, satışları, yeni iş kollarıyla mevcut olanların kazançlarının mukayesesini içerir.

Stratejik lojistik planlamayı şu şekilde tanımlayabiliriz: Gelecekteki lojistik hizmetlere olabilecek talebin tahmin edilmesi ve bütün tedarik zinciri kaynaklarının yönetilmesiyle en üst düzeyde müşteri tatmini sağlayan yüksek değer ve müşteri hizmetleri vasıtasıyla rekabet avantajı sağlamak maksadıyla birleşik, kapsamlı ve entegre bir planlama yöntemidir. Bu planlama firmanın bütün kolektif amaç ve planları kapsamında uyumlu bir şekilde gerçekleştirilir. Bu tanımlamada üç önemli faktör vurgulanmaktadır.

- Uzun Dönemli Amaçlar: Müşteri tatmini, rekabet avantajı ve tedarik zinciri yönetimi.
- Bu Amaçları Başarmanın Önemi: Değer ve müşteri hizmeti.
- Bu Amaçları Gerçekleştirme Yöntemi: Tahmin, yönetim ve firma amaçlarının gerçekleştirilmesi yönünde kademelendirme.⁷

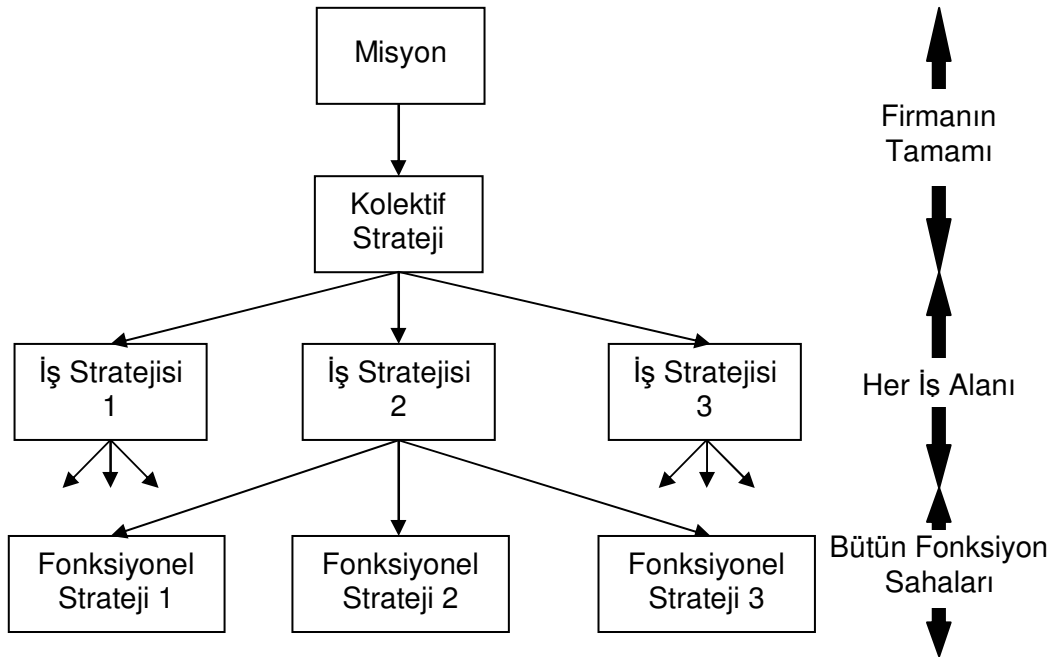
Şekil 4'de görüldüğü üzere stratejik kararlar misyon, kolektif strateji, iş stratejisi ve fonksiyonel strateji olmak üzere dört kategoride değerlendirilmektedir.

- Misyon: Firmanın bütün amaçlarını açıklayan bir ifadedir.
- Kolektif Strateji: Farklı alanlarda faaliyet gösteren ve çeşitli alt kuruluşlardan oluşan firmanın misyonunu nasıl gerçekleştireceğinin tanımlanmasıdır.
- İş Stratejisi: Her iş kolunun firmanın kolektif stratejisine katkı sağlama yöntemidir.
- Fonksiyonel Strateji: Lojistiğinde dahil olduğu her bir fonksiyon sahasının stratejik yönünün tanımlanmasıdır.

⁷ Stock, Lambert, s. 684

Esas olarak üst seviyedeki stratejiler amaçları ve firmanın genel yönünü belirlerken, fonksiyonel stratejiler bunların nasıl gerçekleştirileceğini tanımlar. İş stratejisi ne yapılması gerektiğini gösterirken, lojistik stratejisi tedarik zincirinin yapılması gerekenin başarılmasına nasıl katkı sağlayacağını belirler. Eğer firma bazı ürünlerin maliyetini en düşük seviyeye çekebilecek iş stratejilerine sahipse, lojistik stratejisi lojistik maliyetlerin nasıl minimize edileceğini belirler. Eğer firma ürünlerin müşteriye en hızlı bir şekilde nasıl ulaştırılacağı konusu üzerine odaklanmışsa lojistik strateji bunun nasıl gerçekleştirileceğinin yöntemlerini belirler. Sonuç olarak yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere lojistik, stratejik öneme sahip bir faaliyettir.

ŞEKİL 4: Stratejik Karar Çeşitleri



Kaynak: Waters, 2003, s. 61

2.1.2 Taktik Planlama

Firmalar bir ile beş yıllık dönemi kapsayacak şekilde orta vadeli planlamalar gerçekleştirebilirler, bu tür planlara taktik plan adı verilmektedir. Taktik planlar, ürün grupları yönünden stratejik planlara nazaran daha detaylıdır ve üç aylık dönemler halinde safhalandırılarak kazançlar ve harcamalar yönünden detaylandırılabilirler.

Böyle olmasına rağmen bu planlarda depolama bölümünce satışlar konusunda çok fazla detaylı bilgi yer almadan sadece ana hatlar açıklanır.

Taktik planlar genellikle firmanın her yıl için tesis yatırımlarına, teçhizata ve diğer sermaye harcama kalemlerine ne kadar harcama yapılacağını gösteren sermaye harcama planını içerirler. Lojistik altyapıyı desteklemek ve geliştirmek amacıyla depo inşası, taşımacılık veya malzeme elleçleme teçhizat alımı ve diğer önemli harcama kalemlerine sermaye harcama planında yer verilmelidir.

2.1.3 Operasyonel Planlar

En detaylı bir şekilde gerçekleştirilen planlamalara operasyonel plan veya yıllık plan adı verilmektedir. Operasyonel planlarda bir yıllık planlama döneminde aylık olarak kazanç, harcama ile birleşik, ilişkili nakit akışı ve faaliyetlere yer verilir. Detaylı operasyonel planlar müteakip yıl gerçekleştirilmesi planlanan faaliyetlere rehberlik etmek maksadıyla hazırlanırlar. Gerçekleşmesi muhtemel problem sahalarının belirlenebilmesi, bunlara reaksiyon gösterilebilmesi ve sonuçlarının müzakere edilebilmesi maksadıyla mevcut performans değerleri ölçülünerek planlanan performans değerleriyle mukayese edilir.

Üretim planlama ve malzeme satın alınması operasyonel planlamalar çerçevesinde gerçekleştirilir. Firmalar depolama alanlarından sevkiyata kadar olan lojistik ihtiyaçlarının belirlenmesinde bu planlardan istifade ederler. Bu uygulamalar lojistik iş gücü ihtiyacının belirlenmesine ve 3P lojistik hizmet sağlayıcılarıyla gerçekleştirilmesi düşünülen anlaşmaların sağlanmasına yardımcı olur. Uygulama yılı başladıktan sonra ve gerçek sonuçlar elde edildikçe plan gerçek faaliyet seviyelerine göre düzenlenir ve beklenen performansı sağlayabilmek için revize edilir.

2.2 Strateji Seçenekleri

Her firma kendi lojistik stratejisini belirliyor olmasına rağmen aynı sektörde faaliyet gösteren firmaların belirlediği stratejiler büyük oranda benzerlik göstermektedir. Bu durum göstermektedir ki firmaların benimsedikleri birkaç jenerik strateji bulunmakta ve bu stratejiler üzerinde küçük değişiklikler yapılmaktadır.

Michael Porter, benzer veya mukayese edilebilir ürün fiyatlarını azaltan maliyet esaslı ve ürünlerin müşterilerce başka bir tedarikçiden temin edilemeyecek ürünler amaçlayan ürün farklılığını esas alan iki asıl strateji önermektedir.⁸ Lojistik uygulamalarda bu iki yaklaşım yalın ve çevik stratejiler olarak tanımlanmaktadır.

2.2.1 Yalın Strateji

Hiçbir firmanın lojistik maliyetlerden tamamiyle kaçınmaması sebebiyle kabul edilebilir müşteri hizmet seviyesi sağlanırken toplam lojistik maliyetlerin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Yalın stratejinin amacı her işlemi insan, alan, stok, teçhizat, zaman ve diğer kaynakların her birinden daha az kullanarak gerçekleştirmektir. Yalın strateji minimum stok ve minimum toplam maliyetle artık ve döküntüleri azaltmak üzere verimli malzeme akışını düzenler, en kısa servis ve gecikme süresi sağlar. Yalın işlemler konusunda ilk çalışmalar Toyota tarafından motor endüstrisinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma yalın üretim üzerine odaklanmış, güzel sonuçlar elde edilmesiyle diğer alanlarda da uygulanmaya başlanmış ve bunun sonucunda yalın şirket kavramı gelişmektedir. Bu yaklaşım beş ana ilke ile özetlenebilir;

- Değer: Müşteri açısından değerli olan bir ürün tasarlamak.
- Değer Akımı: Ürün imali için en iyi yöntemi belirlemek.
- Değer Akışı: Tedarik zincirinde malzeme akışının yönetilmesi.
- Çekme: Sadece müşteri talebi olduğunda ürün imal etmek.
- Mükemmellik Amacı: Mükemmel işlemler amacına daha fazla yaklaşmak üzere sürekli gelişim arayışında olmak.

Yalınlık stratejisinin altında yatan ana düşünce gerçekleştirilen her türlü işlemde atık, israf ve kayıplar olması sebebiyle bunların minimize edilerek maliyetlerin aşağı seviyelere çekilmesidir. Bu stratejinin geliştirilmesi esnasında, müşteri tatminini sağlama konusunda çok düşük seviyede gerçekleşen kalite, ihtiyaç bulunmaması durumunda dahi üretim yapılması ve gereksiz kapasite kullanılması nedeniyle yanlış üretim ve kapasite seviyesi, gereksiz, çok karmaşık ve zaman israfına yol açan verimsiz süreç ve yöntem uygulamaları, imalat esnasında uzun

⁸ Waters, s. 66

mesafeli ve ihtiyaç dışı taşıma işlemlerinin gerçekleştirilmesi, karmaşıklığın ve maliyetlerin artmasına yol açacak miktarda aşırı stok bulundurulmasının tedarik zinciri içerisinde büyük oranla kayıplara yol açan faaliyet alanları olduğu tespit edilmiştir.

Bu yaklaşım, mevcut işlemlerin detaylı analizini, değer kazandırmayan işlemlerin iptalini, gecikmelerin önlenmesini, karmaşıklığın azaltılmasını, hareketliliğin sadeleştirilmesini, verimliliğin artırılması için ileri teknoloji kullanımını, her aşamada ekonomikliği, taşıma mesafelerinin azaltılması için müşteriye yakın konumlanmayı ve tedarik zinciri içerisinde gereksiz irtibatların kaldırılmasını öngörmektedir. Dikkat edilmesi gereken önemli bir konu maliyetlerin düşük olmasının yalın strateji uygulandığı anlamına gelmediği, daha az kaynak kullanılarak müşteri tatmininin sağlanmasının hedeflendiği ve bu stratejinin çok çeşitlilik ve belirsizlik olan durumlarda verimli olmadığıdır.

2.2.2 Çevik Strateji

Yalınlık stratejisine karşılık çeviklik stratejisinin kabul görme nedeni; yalın stratejinin sadece maliyetler üzerine odaklanarak değişen koşul ve durumlar, artan rekabet şartları ve her geçen gün daha bilinçli bir şekilde talepte bulunan müşteri konularını yeteri kadar önemsemeyeşi, belirli zaman dilimlerinde gerçekleşen sabit talepleri her türlü kayıpları minimize ederek karşılayabilirken talepteki ani değişiklikleri karşılayamayışıdır. Eğer müşteriler çeşitlilik gösteren ve kendi isteklerine uygun olarak düzenlemeler gerektiren taleplerde bulunmaları halinde müşteri tatminini sağlayabilmek için lojistiğin esnek bir yapıya sahip olması gerekmektedir.

Çeviklik stratejisi farklı ve değişen durumlara süratle karşılık vererek yüksek müşteri hizmeti ve tatmini sağlamayı amaçlamaktadır. Çevikliğin iki önemli yaklaşımı; müşteri taleplerindeki değişimi yakinen takip ederek kısa sürede süratle reaksiyon gösterebilmek ve müşterilerden gelen taleplere uygun olarak lojistik sistem ve işleyişte düzenlemeler gerçekleştirebilmektir. Bu yaklaşımlar müşteri hizmetlerinden farklı niteliklere sahiptir. Bir derece yüksek maliyete neden olsada bu yaklaşımda müşteri tatmini ilk öncelikle göz önüne alınan konudur. Bu yaklaşımın temelinde yer alan müşteri odaklılığın önemini şu şekilde açıklayabiliriz:

Gerçekleştirilen her türlü faaliyetin nihai amacı müşteri tatmininin sağlanmasıdır. Müşteri olmaz ise satış gerçekleşmez, kazanç sağlanamaz, iş kolu oluşmaz ve firmalar kurulamaz.

2.2.3 Yalın ve Çevik Stratejinin Mukayesesi

İlk bakışta yalın ve çevik stratejilerin birbirleriyle çelişki içerisinde oldukları görülmektedir. Yalın strateji maliyetleri minimize etmeyi amaçlarken müşteri hizmetlerini bir kısıt olarak görmekte, çevik strateji ise müşteri hizmetlerini maksimize etmeyi amaçlarken maliyetleri bir kısıt olarak değerlendirmektedir. Bu iki amaç stratejiler arasında önemli farklılıklara yol açmaktadır. Bu farklılıkları şu şekilde özetleyebiliriz:

TABLO 2: Stratejiler Arası Farklılıklar

Faktör	Yalın Lojistik	Çevik Lojistik
Amaç	Verimli işlemler	Talepleri karşılayabilecek esneklik
Yöntem	Kayıpların giderilmesi	Müşteri tatmini
Kısıt	Müşteri hizmetleri	Maliyet
Değişim Oranı	Uzun dönemli stabilite	Değişen durumlara hızlı reaksiyon
Performans Kriterleri	Üretkenlik, yararlılık	Hizmet seviyesi ve süresi
İş	Standardize, muntazam	Değişken, yerinde kontrol
Kontrol	Düzenli planlama dönemleri	Yeterli personelle daha az yapısal

Kaynak: Waters, 2003, s.68

Müşterileriyle arasında elektronik veri değişim sistemi kurmuş olan bir tedarikçi, maliyetleri azaltırken aynı zamanda müşteri hizmet seviyesini yükselterek yalın ve çevik strateji yaklaşımının her ikisini aynı zamanda uygulayabilmektedir. Her iki stratejide de düşük maliyet ve müşteri tatmini konularına önem verilirken bunların sağlanmasında farklı yaklaşımlar uygulamaktadır.

2.2.4 Stratejik İttifak

Bir firma tedarik zincirinin bileşenleri arasında sıkı işbirliğini önemsiyorsa tedarikçiler ve müşteriler arasında ittifak oluşturma stratejisi uyguluyor demektir. Bu stratejinin amacı birlikte çalışan bütün unsurlarıyla verimli tedarik zincirleri oluşturmak ve uzun dönemli işbirliğinin kazanımlarını paylaşmaktır. Ortaklık, ittifak oluşturma stratejisinin gerekçeleri daha iyi müşteri hizmeti, yüksek esneklik, düşük maliyet, tesislerde yatırımdan kaçınma ve firmada uzman personel eksikliğidir. Avrupa'da lojistik harcamaların %25'den daha fazla bir bölümü genellikle uzun dönemli ortaklıklar şeklinde uzman tedarikçilerce sağlanmaktadır. En yaygın ortaklık alanı taşımacılık olmakla birlikte diğerleri depolama, ithalat/ihracat hizmetleri ve bilgi işlemleridir.

Zaman esaslı strateji, çevre koruma stratejisi, üretkenlik artışı stratejisi, değer kazandırıcı strateji, çeşitlilik veya uzmanlık stratejisi ve büyüme stratejisi diğer uygulanan stratejilerdir.

2.3 Lojistiğin Stratejik Önemi

Lojistik, tedarik zincirinin tasarlanması, tesislerin büyüklüğü ve konumu, diğer firmalarla ilişkiler, ortaklık ve ittifaklar gibi stratejik öneme sahip pek çok kararın alınmasıyla doğrudan ilişkili taşımacılık ve depolama dahil olmak üzere kaynakların en fazla kullanıldığı, kazanç ve finansal kriterleri de içeren bir şekilde firma performansına, servis süresine, ürün değerinin farkedilmesine, güvenilirlik ve diğer müşteri hizmet kriterlerini etkileyen, kamuya açık ve halkla temas kurulmasını sağlayan, güvenlik ve çevre konularını ön plana çıkartan, bazı işlemlerin desteklenmesini bazılarının ise gerçekleştirilmemesini sağlayan bir faaliyet sahasıdır.

Lojistiğin stratejik öneminin en çarpıcı göstergesi her ne kadar tedarik zinciri ifadesi kullanılsa da firmaların misyon ve vizyon tanımlamalarıdır. Misyon ve vizyon tanımlamalarının pek çoğunda doğrudan lojistik kelimesi kullanılmamakta fakat ürünlerin müşterilere ulaştırılması ihtiyacı ve lojistiğe olan güven satır aralarında ifade edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta her firmanın uzun dönemde varlığını sürdürebilmesinin tedarik zincirleri boyunca malzeme akışını

sağlayabilmelerine bağlı olduğudur. Lojistiğin stratejik önemi, lojistik olmaksızın hiçbir işlem ve bunun sonucunda firmanın olamayacağı gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda gerçekleşen en önemli gelişme, lojistiğin stratejik öneminin pek çok firma tarafından fark edilmesidir. Bu farkındalık onların tedarik zincirlerini yönetim şekline tesir etmekte ve lojistiğin diğer stratejik kararlarla birlikte dikkate alınmasına yol açmaktadır. Lojistik, stratejik karar alma ve planlama çalışmalarında öncelikli bir yer edinmiş olduğundan diğer temel faaliyetlerle birlikte anılmaktadır.⁹

2.4 Lojistik Strateji

İyi bir lojistik strateji belirlenmesi yaratıcı işlem ve süreçlerin uygulanmasını gerektirir. Lojistik strateji oluşturulmasındaki yenilikçi yaklaşımlar rekabet avantajının elde edilmesine olanak sağlar. Lojistikle ilgili uzun dönemli kararların tamamı lojistik stratejisini oluşturur. Bir firmanın lojistik stratejisi onun tedarik zinciri yönetimiyle ilgili bütün stratejik kararlarını, politikalarını, planlarını ve birikimini içerir. Lojistik strateji daha soyut yüksek stratejiler ile tedarik zincirinin detaylı operasyonları arasında bir köprü oluşturur. Kolektif ve iş stratejileri genel amaçları tanımlarken, lojistik strateji bu amaçların desteklenmesi için ihtiyaç duyulan malzemelerin hareketiyle ilgilidir. Örneğin UPS'in iş stratejisi müşterilerine göze çarpan bir hizmet gerektirir ve bu yaklaşık dünyanın her yerine çok hızlı parsiyel dağıtım hizmet organizasyonu olarak lojistik stratejiye dönüştürülür. Üst seviye stratejiler lojistik stratejinin genel olarak içeriğini oluşturur. Proaktif bir lojistik strateji genellikle müşteri hizmet gereksinimleri ve iş amaçlarıyla başlar. Bunlar rekabeti karşılayabilmek için atak stratejiler olarak adlandırılırlar ve lojistik sistem tasarımının diğer kısımları bu çevik stratejilerden türetilir.¹⁰

Bir lojistik stratejisinin üç konuyu amaç edinmesi önerilmektedir. Bunlar, maliyetlerin ve sermayenin azaltılması ile hizmet gelişimidir.

⁹ Waters, s. 61

¹⁰ Ronald H. Ballou, **Business Logistics / Supply Chain Management**, 5. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004, s. 35

Maliyetlerin azaltılması taşıma ve depolamayla ilgili değişken maliyetlerin minimize edilmesini amaçlayan bir stratejidir. En iyi strateji genellikle farklı depo yerleri arasından seçim veya alternatif taşıma türlerinin belirlenmesi gibi alternatif hareket tarzlarının değerlendirilmesi neticesinde belirlenir. Minimum maliyetli alternatifler belirlenirken hizmet seviyeleri genellikle sabit tutulur, kâr maksimizasyonu öncelikli amaç olarak belirlenir.

Sermaye azaltılması lojistik sistemde gerçekleştirilecek olan yatırım seviyesini minimize etmeyi amaçlayan bir stratejidir. Lojistik varlıkların dönüşümünün veya sağladıkları kârın maksimize edilmesi bu stratejinin esasını oluşturur. Depolamadan kaçınmak için doğrudan müşterilere gönderme, sahip olunan özel depoların kullanımı yerine kamu depolarının kullanılması, envantere bulundurmak yerine zamanında ikmal yaklaşımının benimsenmesi ve üçüncü taraf lojistik hizmet sağlayıcıların görevlendirilmeleri bu stratejik yaklaşıma örnek olarak verilebilir. Bu stratejiler yüksek seviyede yatırım gerektiren stratejilerden daha yüksek değişken maliyetler oluştururlar.

Hizmet geliştirme stratejisi kazançların genellikle lojistik hizmet sağlayıcıların seviyesine bağlı olduğunu kabul eder. Maliyetlerin yüksek seviyeli lojistik müşteri hizmetleriyle birlikte hızla artmasına rağmen büyük kazançlar maliyetlerdeki bu artışı karşılar.

Lojistik servis sürelerini, uygunluğu, maliyeti, müşteri desteğini, hasarı etkilemesi sebebiyle bunların sonucunda müşterinin ürüne bakış açısına tesir eder. Bu açıdan lojistik tasarım, kalite, algılanan değer ve ürünün başarısına önemli katkı sağlar. Sağlanan bu katkıda hangi faktörün daha önemli olduğu ve lojistik stratejide önemle üzerinde durulması gerektiği belirlenmelidir. Bir yaklaşım müşterilerin maliyet, kalite, hizmet seviyesi, güvenilirlik, uygunluk, esneklik, dağıtım hızı, konum, alternatif temin imkânları, tedarikçi ilişkileri, çevresel etki, geri dönüşüm ve benzeri konuları önemsediklerini ifade etmektedir. Bütün bu konular lojistiğin alt konularıyla doğrudan ilişkilidir. Belirlenen bir lojistik stratejide maliyet, müşteri hizmetleri, zamanlama, kalite, ürün esnekliği, hacim esnekliği, teknoloji ve konumlama ile ilgili konulara açıklık getirilerek mutlak surette yer almalıdır.¹¹

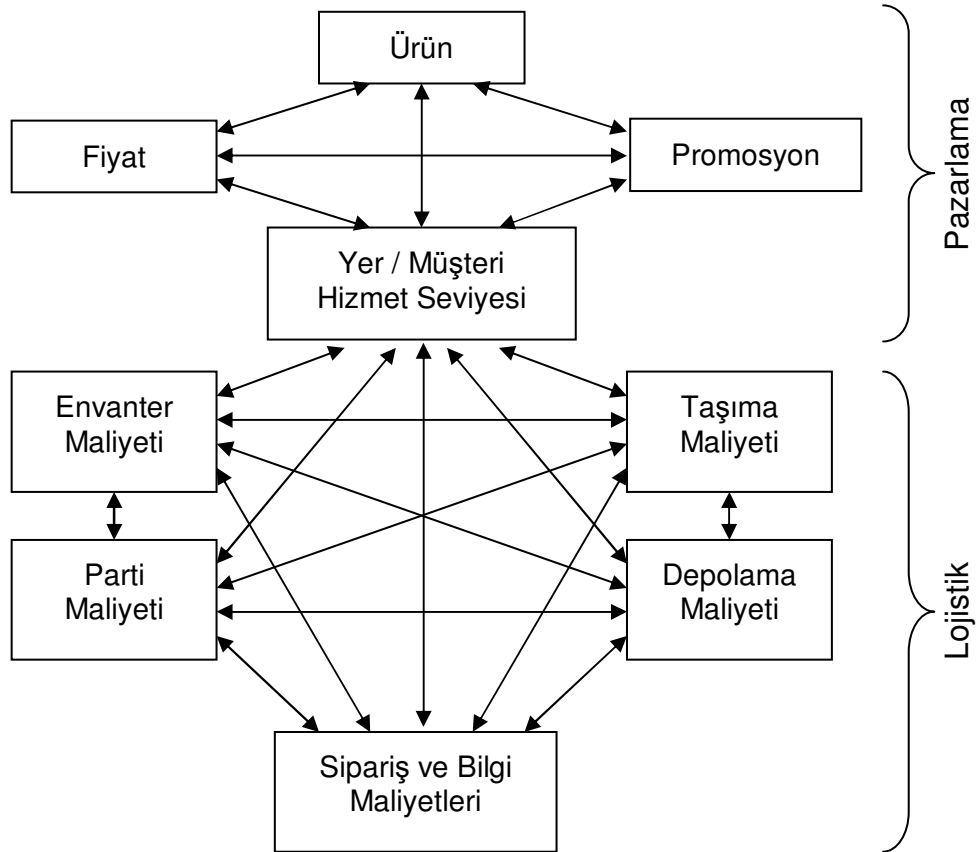
¹¹ Waters, s. 62

2.5 Stratejik Lojistik Planlama Süreci

Etkin bir lojistik planının hazırlanabilmesi pazarlama, imalat, satın alma, finans / muhasebe ve lojistikle ilgili önemli verilerin sağlanmasına bağlıdır.

Pazarlama, kullanılmakta olan her bir tedarik zinciri için önerilen ürün, fiyatlandırma ve destekleyici stratejiler sağlamalıdır. Bu işlem, planlanan ürün tanıtımları ve iptal edilen ürünlerle birlikte üretim hatları hakkında tüm bilgileri, miktar indirimlerini ve satış dönemlerini kapsayan fiyatlandırma programlarını, planlanan promosyon ve satış teşvik programlarını, bölgesel aylık satış tahminlerini kapsar. Planlanan müşteri hizmet politikaları lojistik strateji belirleyenler için oldukça önemlidir. Müşteri hizmet politikalarında müşteri grupları ve coğrafik sınıflandırmayı esas alarak, sipariş dağıtım yöntemi, sipariş girişi, sipariş işleme, hedeflenen sipariş dönüşüm süresi, sipariş dönüşüm sürelerindeki kabul edilebilir değişiklik seviyesi, stok bulundurma seviyesi, hızlandırma, aktarma ve ürün ikamesi konularına yer verilmelidir.

ŞEKİL 5: Pazarlama-Lojistik Maliyet İlişkisi



Kaynak: Stock, Lambert, 2001, s. 193

İmalat, üretim kapasitelerini ve her bir ürün için planlanan üretimi içeren üretim tesisleri hakkında ihtiyaç duyulan bilgileri sağlamalıdır. Ürünlerin birden fazla tesiste imal edilebildiği durumlarda lojistik ve imalat en ekonomik imalatın nerede yapılabileceğini belirlemelidir. Lojistik aynı zamanda farklı yerlerde üretilebilen ürünlerin pazarlara verimli bir şekilde ulaştırılmasını belirlemelidir.

Satın alma, firmanın bütün hedeflerini destekleyecek tarzda kaynak sağlama faaliyetlerini yerine getirir. Satın alma; yeni teknolojiler, malzeme, hizmetler ve firmanın pazar olanaklarından yararlanabilmesine imkan tanıyan yeni ikmal kaynakları hakkında bilgi sağlar. Satın alma, lojistik ve diğer fonksiyon alanlarından ihtiyaç duyulan konularda veri sağladıktan sonra tedarikçi ağını belirlemeli ve tedarikçileri seçmelidir.

Finans ve muhasebe, segment analizi ve maliyet analizi yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan maliyet verilerini sağlar. Finans ve muhasebe ilave olarak firmanın kolektif güçlükleri, envanter, tesis ve teçhizat gibi lojistik varlıklarını finanse edecek sermaye yeterliliği hakkında bilgi sunar.

Lojistik mevcut lojistik ağı tanımlayıcı, firma içerisinde ve açık alanda ürün depolama yerleri, tedarikçiler ile fabrikalar, fabrikalar ile dağıtım merkezleri ve dağıtım merkezleri ile müşteriler arasındaki taşıma bağlantıları, boyut, hacim ve ürün yönünden dağıtım merkezlerinin özellikleri hakkında bilgi sağlar. Lojistik aynı zamanda malzeme akışı ve depolama ile ilgili maliyetleri belirler. Lojistikten ihtiyaç duyulan maliyet bilgileri, farklı alanlardaki depolama ve elleçleme, tedarik zinciri içerisinde taşıma, sipariş işlemi, envanter bulundurma, temin ve tedarik işlemlerinden kaynaklanan sabit ve değişken maliyetleri içerir.

Lojistik strateji oluşturulmasının ilk aşaması daha üst seviyeli stratejilerin incelenerek lojistiğin bu stratejilere nasıl katkı sağlayabileceğinin belirlenmesidir. Belirlenen sağlanabilecek katkılar özetle lojistik misyon tanımlamasında ifade edilir. Lojistik misyon bütün yönleri ve öncelikleri tanımlar. Lojistik stratejinin belirlenmesinde misyon tanımlanmasından sonraki aşamaları açık bir şekilde tanımlamak mümkün değildir. Herhangi bir özel durum için kesinlikle en iyi strateji şeklinde bir tanımlama yapmak olası değildir. Başarılı planlama için en uygun yöntem belirlenen araçlar, teknik, firmanın bilgi birikimi, iş çevresi ve arzu edilen

sonuçlar arasında bir denge sağlanabilmesidir. Yöneticilerin lojistik stratejiyi belirlerken göz önünde bulundurmaları gerekli olan faktörler; üst seviye stratejiler, iş çevresi ve firmanın ayırt edici kendine has özellik ve yeterlilikleridir.¹²

Üst seviye stratejiler firmanın amaçlarını ve bütün lojistik kararların içeriğini tanımlarlar. Misyon ulaşılmak istenen hedefleri belirler, kolektif ve iş stratejileri bu hedeflere nasıl ulaşılabileceğini gösterir. Lojistik strateji üst seviye stratejileri desteklemelidir. Örneğin iş stratejisi yüksek müşteri hizmeti sağlanmasını hedeflemiş ise lojistik stratejisi bunun nasıl sağlanacağını açıklamalıdır.

İş çevresi lojistiğe tesir eden faktörler içerir fakat lojistiğin bu faktörleri kontrolü söz konusu değildir. Müşterileri, pazar koşullarını, teknoloji, ekonomik durumu, hukuki kısıtlamaları, rakipleri, hissedarları, ilgi gruplarını, sosyal ve politik durumu lojistiğe etki eden faktörler olarak sıralayabiliriz.

Bütün rekabet eden firmalar benzer iş çevrelerinde faaliyet göstermektedirler. Her biri ancak kendisini rakiplerinden ayıran kendilerine has özellik ve yeterlilikleri varsa başarılı olabilmektedirler. Bu ayırt edici özellikler; müşteriler, işçiler, finansal durum, organizasyon, ürünler, tesisler, teknoloji, işlem ve süreçler, pazarlama, tedarikçiler, bilgi ve yenilikçiliklerdir.

Eğer bir benzetme yapacak olursak, iş çevresi ve ayırt edici özellikler firmanın şu anda bulunduğu noktayı temsil ederken, üst seviye stratejiler gelecekte ulaşmak istediği noktayı temsil eder. Lojistik şu anda bulunulan noktadan ulaşmak istenilen noktaya nasıl gidileceğini gösterir.

Stratejik lojistik planda bulunması gereken konuları şu şekilde sıralayabiliriz:

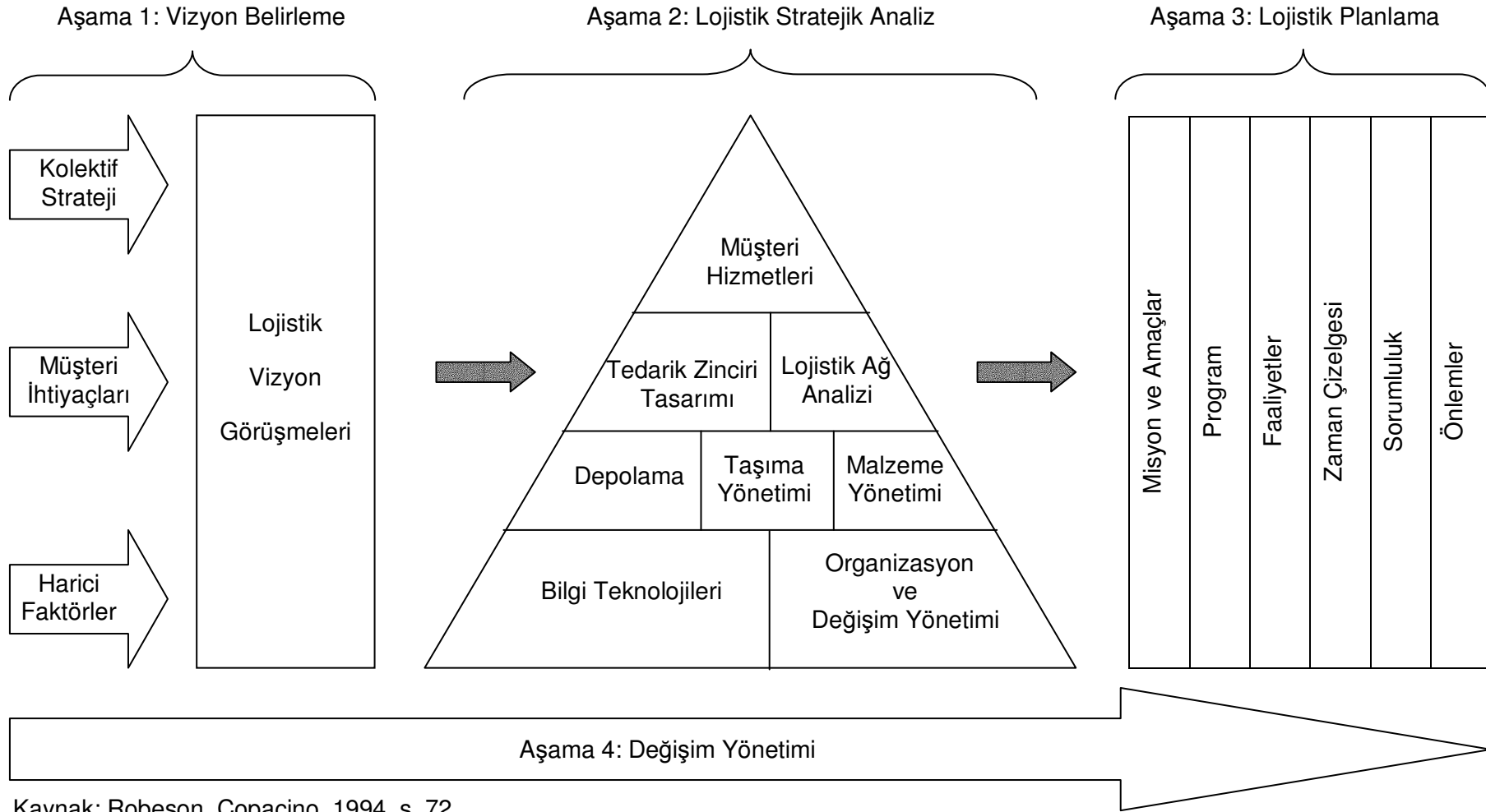
- Genel kapsamlı terimler kullanılarak lojistik stratejisini ve diğer asıl iş fonksiyonları ile olan ilişkisini açıklayan yönetim tanımlaması,
- Ürünler ve müşteriler için maliyet ve hizmetlerle ilişkili lojistik amaçların tanımlamaları,
- Bütün planı desteklemek üzere ihtiyaç duyulan bireysel müşteri hizmetlerinin, envanter, depolama, sipariş işleme ve taşıma stratejilerinin açıklamaları,

¹² Waters, s. 73

- Planların hazırlanmasına, maliyetlerin belirlenmesine, zamanlamaya ve diğer iş sahalarına olan etkileri açıklamaya yetecek seviyede detaylandırılmış olan asıl lojistik planın veya operasyonel planların taslakları,
 - İhtiyaç duyulacak sermaye ve iş gücü tahminleri,
 - İşlem maliyetleri, sermaye gereksinimleri ve nakit akışını detaylandıracak olan lojistik finansal ifadeler,
 - Kolektif kazanç, müşteri hizmet performansı ve diğer iş fonksiyonlarına etkileri yönünden lojistik stratejisinin gerçekleştirilecek işlere olası etkilerinin tanımlamaları.¹³

¹³ Stock, Lambert, s. 692

ŞEKİL 6: Stratejik Lojistik Planlama Akışı



Kaynak: Robeson, Copacino, 1994, s. 72

Stratejik lojistik piramidin merkezde yer almasıyla lojistik strateji geliştirilmesi ve planlama süreci Şekil 6'da görüldüğü gibi dört aşamada gerçekleştirilir.

Aşama 1: Vizyon Belirleme

Lojistik planlama sürecinin önemli girdileriyle ilgili organizasyonel mutabakatın sistematik gelişimi ve potansiyel alternatif lojistik yaklaşımların belirlenebilmesi maksadıyla vizyon belirlenmelidir. Lojistik planlama sürecinin önemli girdileri üzerinde organizasyonel mutabakat sağlanması firmayı birleştirir ve müşterek düşünce sistematiği sağlar. Potansiyel lojistik alternatiflerin ve planlama çalışmalarının kapsamının belirlenmesi bütün katılımcıların perspektifini genişletir ve firma için yeni ufuklar açar. Vizyon görüşmeleri, lojistik stratejik planlama süreç girdilerinin belirlenmesi, üzerlerinde mutabakat sağlanması ve geliştirilmesinde etkin bir yöntemdir. Bu çalışmalarda;

- Firmanın stratejik yönü, lojistik yönden muğlak olan konular netleştirilir ve lojistik ihtiyaçlar yalın bir şekilde açıkça tanımlanır.
- Farklı kesimlerden müşterilerin hizmet ihtiyaçları anlaşılır.
- Taşıma hizmetleri ve ücretleri, çevresel ve düzenleyici kısıtlamalar, sosyal düzenlemeler, rekabet faktörleri gibi lojistiği etkileyebilecek harici etkiler ve boyutları tespit edilir. Vizyon görüşmeleri stratejik alternatiflerin, yeni lojistik olanakların ve planlama çalışmalarının kapsamının belirlenmesi için gereklidir.

Lojistik vizyon belirleme faaliyeti birkaç oturumda gerçekleştirilir ve her oturumun bazı amaçları vardır. Bu amaçların ilki, müşteri hizmet gereksinimlerinin, önemli harici etkilerin, lojistiğin misyonu ve amaçlarının tanımlanması veya teyit edilmesi, ikincisi müteakip iki yıllık lojistik strateji planlama faaliyet kapsamının oluşturulması, üçüncüsü bir sonraki yıla planlanmış olan her faaliyet için alternatiflerin belirlenmesi, dördüncüsü üçüncü aşamada tamamlanacak olan ayrıntılı lojistik planın gözden geçirilerek teyit edilmesidir.

Aşama 2: Lojistik Stratejik Analiz

Lojistik planlama sürecinde ikinci aşama lojistik alternatifler arasından en makul olanların belirlenebilmesi için analizlerin gerçekleştirilmesidir. Şekil 6'da görülen lojistik strateji piramidi lojistik stratejinin asıl bileşenlerini betimlemektedir.

Stratejik analiz aşamasında değerlendirilmesi planlanan bazı bileşenler birinci aşamada tespit edilirler. Bu aşamanın kapsamı, işlemlerin bütün yönleriyle geniş bir şekilde yeniden ele alınmasından her hangi bir faaliyetin üretkenliğinin veya etkinliğinin nasıl artırılabilirliğinin değerlendirilmesine kadar genişleyebilir.

Aşama 3: Lojistik Planlama

Lojistik strateji analizi tamamlandıktan sonra lojistik plan oluşturulur. Lojistik plan, lojistik faaliyetler için misyon ve amaçları ortaya koyan aynı zamanda bu amaçların başarılması için programları ve işlemleri belirleyen bir yol haritasıdır. Amaçlar müşteri hizmetleri ve maliyet performans hedeflerine ilaveten içinde bulunulan yıl süresince tamamlanması hedeflenen asıl analiz ve projeleri içermelidir. Planda lojistik için belirli performans kriterlerinin neler olduğu tanımlanmalıdır.

Lojistik strateji geliştirilmesi (Aşama 1 ve 2) ve lojistik planlama (Aşama 3) iteratif ve örtüşen süreçlerdir. Lojistik strateji gelişim sürecinin bazı görev ve faaliyetleri lojistik planda belirli projeler olarak yer alabilir. Lojistik strateji geliştirme faaliyeti hiç bitmeyen, zaman içerisinde revize edilerek zenginleştirilen sürekli bir işlemdir. Lojistik planlama işlemi yıllık amaçların belirlendiği ve bulunulan yılda tamamlanması hedeflenen faaliyetlerin analizini içeren daha somut bir işlemdir.

Aşama 4: Değişim Yönetimi

Lojistik planlama sürecinin son aşaması gelişmiş iş idaresi yöntemlerinin etkin şekilde uygulanabilmesi amacıyla firmaya danışmanlık verilmesi ve eğitimi içeren değişim yönetimidir. Başarılı bir değişim yönetimi için göz önünde bulundurulması gereken faktörler:

- **Açık ve Anlaşılır Bir Plan:** Lojistik faaliyetler için misyonun, amaçların ve belirli hedeflerin sade anlaşılır bir şekilde tanımlanmasına ihtiyaç vardır. Müşteri hizmetleri ve lojistik hedeflerle ilgili olarak firma içerisinde bir pay alabilmek için resmiyete kavuşturulmuş lojistik strateji geliştirilmesi ve lojistik planlama işlemleri önem kazanmaktadır. Belirli bir planın geliştirilmesi, amaçlarının özet ifadesi ve inisiyatif kullanılması aynı zamanda bir iletişim yöntemidir. Lojistik yönetici grubu periyodik olarak lojistik ekibe ve firmaya lojistik faaliyetlerle ilgili gelişmeler ve amaçlar hakkında bilgi sunarak bu konuları pekiştirmelidir.

- Liderlik ve Yönetim: Başarılı bir değişim lojistiği, firmadaki diğer faaliyet ve yönetimlere, müşterilere ve harici oluşumlara karşı temsil edebilecek ve lojistik grubunu birleştirecek, onlara rehberlik edebilecek liderlerle sağlanabilir. Lojistik planda yer alan her bir proje için sorumluluğu üstlenebilecek bir personel atanması gerekir.

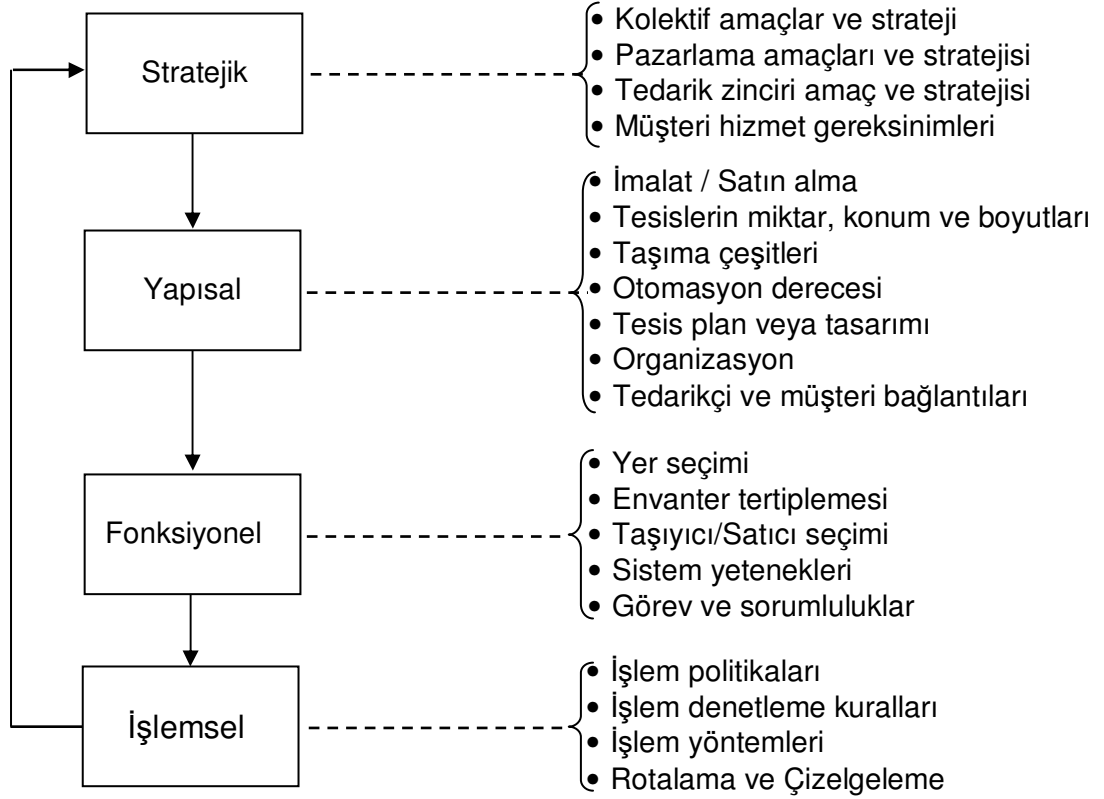
- Eğitim ve Danışmanlık: Lojistik yönetici grubunca değişimin genellikle güç olduğu ve başarılı bir değişim için eğitim ve danışmanlığa ihtiyaç olduğunun idrak edilmesi önemlidir. Eğitim, yeni rekabet ve çevresel şartlarda işlem yetenekleri ve ihtiyaç duyulan bilginin sağlanmasına odaklanır. Bu yetenek ve beceriler kurslar, seminerler ve konferanslarla elde edilir. Başarılı lojistik yönetimler, idarecilerine kendi bireysel işlerinin ötesinde geniş bir bakış açısı sağlayarak, buna ilaveten vizyonu, amaçları ve firmanın başarılı olabilmesi için yerine getirilmesi gerekli olan konuları pekiştirerek, nasıl daha fazla verimlilik sağlanabileceği yönünde görüşler sunarak yüksek performanslı ekipler oluştururlar.¹⁴

2.5.1 Lojistik Plan

Lojistik stratejinin belirlenmesinden sonra bu stratejiyi desteklemek üzere lojistik plan hazırlanır. Lojistik plan, lojistiğin amaçlarını gerçekleştirebilmesi için yerine getirmesi gereken belirli faaliyetler içerir. Bu sebeple lojistik kararlar hiyerarşik fakat yinelenen bir şekilde oluşturulur. Bu karar aşamaları ve her aşamada alınan karar başlıkları Şekil 7'de görölmektedir.

¹⁴ James F. Robeson, William C. Copacino, **The Logistics Handbook**, 1. Baskı, Free Pres, New York, 1994. s. 71

ŞEKİL 7: Lojistik Karar Hiyerarşisi



Kaynak: Stock, Lambert, 2001, s. 702

Lojistik plan çeşitli konular içerir ve her lojistik faaliyette yer alan temsilcilerden sağlanacak olan verilere ihtiyaç duyar. Stratejik lojistik plan, bütün lojistik faaliyetlerin misyonu başarmak üzere icra edilmesi sebebiyle misyon tanımlamasıyla başlar. Önemli konu ve amaçların, geçmiş performansın yeniden incelenmesi, dahili ve harici analizler lojistik değerlendirme kapsamında yerine getirilir. Beş yıllık öngörü, lojistik değerlendirme sonuçları esas alınarak müteakip beş yıl içerisinde lojistiğin ulaşması istenilen performans seviyesini ifade eder. Bir sonraki aşama öngöründe belirtilen hedeflerin sağlanmasına yönelik çalışmaların nasıl değerlendirileceğine ilave olarak belirli eylem planlarının hazırlanması aşamasıdır. Planın bu bölümünde, bir sonraki yıl için en ince ayrıntıların açıklandığı birer yıllık sürelerde gerçekleştirilmesi arzulanan faaliyetler detaylandırılır. Fon ihtiyacı, işe alınacak personel ve görevlendirilmeleri, diğer potansiyel kaynak ihtiyaçları gibi uygulama konularının diğer kritik konularla birlikte belirlenerek ve plana dahil edilmesi gerekir. Ana hatlarıyla örnek bir plan formatı aşağıda görülmektedir.

LOJİSTİK PLAN FORMU

1. Lojistik Misyon
2. Önemli Konu ve Amaçlar
 - Müşteri Hizmet Performansı
 - Bilgi Sistemleri
 - İnsan Kaynakları Yönetimi
 - Tedarikçi İlişkileri
 - Dışarıdan Temin
3. Önceki Plan Performansı ile Mukayese
4. Dahili Analiz (Mevcut Durum)
 - Organizasyon
 - İnsan Kaynakları
 - Taşımacılık
 - Dahili Müşterilerle İlişkiler
 - Kalite
 - Hizmet
5. Harici / Durum Analizi
 - Rakiplerin Lojistik Performansı
 - Eğilimler
 - Kamu, Özel ve Sözleşmeli Depolar
 - Kamu, Özel ve Sözleşmeli Taşıyıcılar
6. Beş Yıllık Öngörü
7. Eylem Planları
8. Uygulama Konuları
9. Diğer Kritik Konular¹⁵

¹⁵ Lambert, Stock, Ellram, s. 566

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK AĞ TASARIMI

Ağ tasarımı tedarik zincirinin fiziksel düzenlenişini, yapılanmasını ve alt yapısını belirler. Lojistik ağ tedarikçiler, depolar, dağıtım merkezleri ve perakende satış mağazalarına ilaveten, tesisler arasında hareketini sürdüren ham maddeler, işlem sürecinde olan envanter ve tamamlanmış mamullerden oluşur. Firmalar maliyetleri azaltmanın ve müşterilerine sundukları hizmet seviyesini artırmanın yeni yollarını araştırmaya başladıklarında, karmaşık ve oldukça önem arz eden lojistik ve üretim tesislerinin nerelerde kurulması gerektiği konusu ile karşılaşılırlar. Bir firmanın ağ yapısı lojistik işlemlerin etkinliğinin ve verimliliğinin artmasına ilave olarak firmaya piyasada ayırt edici yeni üstünlükler sağlar.

Ağ tasarımı konusu ürünlerin kaynak noktasından talep edildiği tüketim yerine kadar akışın nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğini belirler. Ağ tasarımı, kullanılacak olan tesislerin belirlenmesini, istifade edilmesine ihtiyaç duyulan tesis miktarını, bu tesislerin nerelerde açılması gerektiğini, her bir tesiste bulunmasına ihtiyaç duyulan ürün çeşitleri ve bu tesislerden yararlanacak olan müşterilerin belirlenmesini, tesisler arasında gerçekleştirilecek taşıma hizmetlerini ve tesislerde bulundurulmasına ihtiyaç duyulan envanter miktarının belirlenmesini içerir. Ürün özelliklerine bağlı olarak farklı firmaların ağ yapısı değişiklikler gösterebilir. Bu yapının oluşumuna tesislerin coğrafi konumu ve müşteri taleplerinin karşılanma süresi tesir eder. Tesislerin sayısı, büyüklüğü ve konuları, müşteri hizmet gereksinimleri ile üretim/satın alma maliyetleri, envanter maliyeti, tesis maliyetleri (depolama, elleçleme, sabit maliyetler) ve taşıma maliyetlerinin analizi sonucunda maliyet etkin olarak belirlenir.

Pek çok firma için lojistik yönetimi karmaşık tesis ağınının, tesisler arasında malzeme ve tamamlanmış mamullerin akışının yönetilmesi anlamına gelmektedir. Ağ yapısı lojistik faaliyetlerin etkin ve verimli bir şekilde yerine getirilebilmesine şu yönlerden tesir etmektedir. Lojistik ağlar genellikle geniş ve karmaşıktır. Firmalar yüzlerce kalem malzemenin fabrikalar, dağıtım merkezleri ve depolar arasında hareketini sağlamakta, buna ilaveten farklı ürün gruplarının lojistik ağ içerisindeki yönetimi çeşitli özel depolama, elleçleme ve taşıma ihtiyaçlarını ortaya çıkartmaktadır. Lojistik ağ yapısı pazar ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılamalıdır.

Müşteri odaklı rekabet ortamında lojistik ağ içerisinde ürün akışının etkin bir şekilde sağlanması müşteri ihtiyaçlarının karşılanması yönünden büyük önem arz etmektedir. Lojistik ağ yapısı maliyet etkinlik yönünden optimal olmalıdır. Üretim, taşıma, elleçleme ve depolama maliyetleri firma gelirlerinin artırılmasına olumsuz tesir etmektedir. Bu sebeple lojistik ağ yönetimi sadece müşteri ihtiyaçlarının etkin bir şekilde karşılanmasıyla kalmayıp aynı zamanda maliyetler yönünden de verimlilik sağlamalıdır.¹⁶

3.1 Lojistik Ağ Tasarımının Stratejik Önemi

Değişmeyen tek gerçeğin değişim olduğu düşüncesiyle sürekli dinamik bir yapı içerisinde icra edilen lojistik faaliyetlerin maliyet etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için lojistik ağın meydana gelen değişmelere uyumlu olarak analiz edilmesi neticesinde belirli zaman dilimlerinde yeniden yapılandırılmasına ihtiyaç vardır. Hızlı bir değişimin yaşandığı göz önüne alınarak mevcut olan lojistik ağın hâlâ etkinliğini muhafaza edebildiği sorgulanmalıdır.

Müşterilerin lojistik ihtiyaçları çok çeşitli şekillerde değişiklik göstermektedir. Bazı müşteriler daha etkin ve verimli lojistik hizmetler için yoğun taleplerde bulunurlarken diğerleri daha önceleri alışılmamış seviyelerde yeni lojistik yetenek ve performans sağlayabilen tedarikçilerle temasa geçme arayışındadırlar. Bu sebeple lojistik ağın yeniden değerlendirilerek yapılandırılması büyük öneme sahip güncel bir konudur. Müşteri hizmet gereksinimleri değişirken, hizmet sağlanan müşteri çeşitleri de zaman içerisinde değişim göstermektedir. Değişim hizmet süresine, sipariş miktar ve sıklığına, sevkların bildirilmesine, işaretleme-etiketlemeye ve ambalajlamaya tesir edecek şekilde hem müşteriler hem de tedarik zinciri seviyesinde yaşanmaktadır.

Müşteriler ile malzemenin ilk kaynak noktası arasında üretim ve lojistik tesislerinin yerleşimini sağlamış olan bir firma için zaman içerisinde gerek müşteri popülasyonunun gerekse malzeme kaynaklarının durumundaki değişim sonucunda, firmanın lojistik ağ yapısını yeniden değerlendirerek bir takım değişiklikler yapması kaçınılmazdır. İkmal yönünden tam zamanında (JIT) üretim yaklaşımına paralel

¹⁶ Robeson, Copacino, s. 151

olarak çeşitli endüstri kollarının hizmet ve maliyet gereklilikleri firmaların lojistik tesislerinin konumlarını yeniden değerlendirmelerine yol açmıştır. Ham maddelerin deniz aşırı tedarikçilerden temin edilmesi de lojistik tesislerin konumlarının bu açıdan tekrar incelenmesi ihtiyacını ortaya çıkartmıştır.

Günümüzde pek çok firma için öncelikli konulardan biri maliyetlerin lojistikle ilgili önemli iş süreçlerine olan olumsuz tesirlerini ortadan kaldıracak yeni ve yaratıcı yöntemler geliştirilmesidir. Maliyetlerin azaltılmasıyla ilgili olarak tasarruf sağlayıcı yeni çözüm yöntemleri geliştirilmesinde, lojistik ağın ve bütün tedarik zincirinin fonksiyonelliğinin yeniden değerlendirilmesi bir çözüm yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıma, envanter, depolama ve diğer faaliyet alanlarında maliyetlerin azaltılması bir seçenek olarak değerlendirilse de alternatif seçeneklerle karşılaştırılarak mevcut lojistik ağ yapısının detaylı olarak incelenmesi son derece önemli faydalar sağlamaktadır. Örneğin yüksek işçi ücretleri veya sendikaların sınırlayıcı çalışma kuralları pek çok firmanın tesislerinin konumlarını yeniden değerlendirmelerine ve hatta üretim ve lojistik tesislerinin yerlerini değiştirmelerine neden olmuştur.

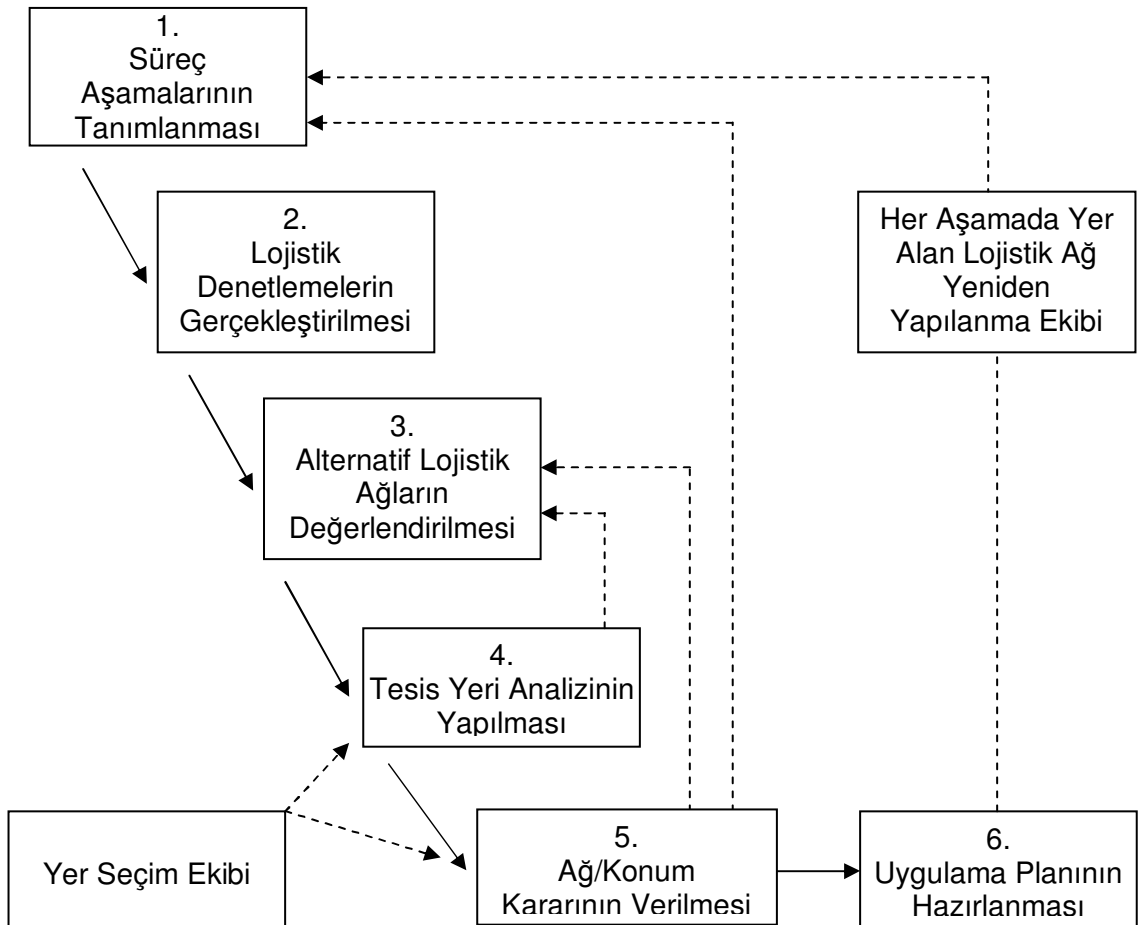
Firmaları lojistik tesislerinin ağ yapısından kaynaklanan hizmet seviyelerini ve maliyetlerini yeniden değerlendirmeye sevk eden bir diğer önemli faktör rekabet koşullarıdır. Piyasa koşullarında rekabeti sürdürebilmek veya yeni bir rekabet avantajı yaratabilmek için firmalar, hizmetleri geliştirebilmek ve maliyetleri azaltma amaçlarını gerçekleştirmek üzere tesislerinin konumlarını sık sık değerlendirmelidirler. Firmalar ağ yapılarını genellikle yeni gelişen alternatif taşıma yetenekleri ışığında değerlendirirler. Çoğu firma dağıtım tesislerini işlemlerin yoğunluklu olarak gerçekleştiği bölgelerin yakınında tesis ederek zaman açısından önem arz eden doğrudan taşıma hizmetlerini aksamadan daha rahat bir şekilde icra eder. Bu yaklaşım özellikle zamana bağlı olarak nitelikleri olan ürünler ve yüksek seviyede envanter bulundurmama yönünden uygundur. Bu yöntemle daha yüksek hizmet seviyesi sağlanırken aynı zamanda kapsamlı doğrudan gerçekleşen lojistik hizmetlerin toplam maliyeti, firmanın lojistik ağı içerisinde çeşitli yerlerde envanter bulundurulmasının toplam maliyetinden daha düşük seviyede gerçekleşir. Bu tür envanterin stratejik olarak belirlenmiş olan alanlarda merkezleştirilmesi toplam lojistik maliyetleri azaltır ve dağıtım zamanı yönünden kısa sürede reaksiyon gösterilmesine olanak sağlar.

Firmaların küçülme gibi organizasyonel yapı değişikliklerinde bir diğer önemli konu lojistik ağ yapısının yeniden nasıl yapılandırılacağıdır. Firmaların organizasyonel değişim sürecinde lojistik ağın stratejik fonksiyon değerlendirilmelerinde bazı tesis ve işlevler muhafaza edilirken bazıları daha da etkinleştirilir. Firmaların yeniden yapılanma sürecinde lojistik faaliyetler ve tesislerin konumları öncelikli dikkate alınan konular arasındadır.¹⁷

3.2 Lojistik Ağ Tasarım Aşamaları

Firmalar lojistik ağlarının optimum tasarımını belirlemek istediklerinde pek çok faktörü gözönüne almak durumundadırlar. İlk olarak lojistik ağ yapısının uygun bir şekilde tasarlanabilmesi için tasarım çalışmalarının önemli kolektif ve bütün iş stratejilerinin tanımlamalarıyla ve uygulamalarıyla koordine edilmesi gerekmektedir. Firmaların lojistik ağ tasarımı işleminin karmaşık olması sebebiyle bu işlemler kolektif yeniden yapılanma süreci kapsamında ele alınır. Kapsamlı bir lojistik ağ tasarım aşamaları Şekil 8'de görülmektedir.

ŞEKİL 8: Lojistik Ağ Tasarım Aşamaları



Kaynak: Coyle, Bardi, Langley, 2003, s. 509

¹⁷ John J. Coyle, Edward J. Bardi, C. John Langley, **The Management Of Business Logistics**, 7. Baskı, Thomson Learning, Ohio, 2003, ss.505-511

Aşama 1: Lojistik Ağ Tasarım Sürecinin Tanımlanması

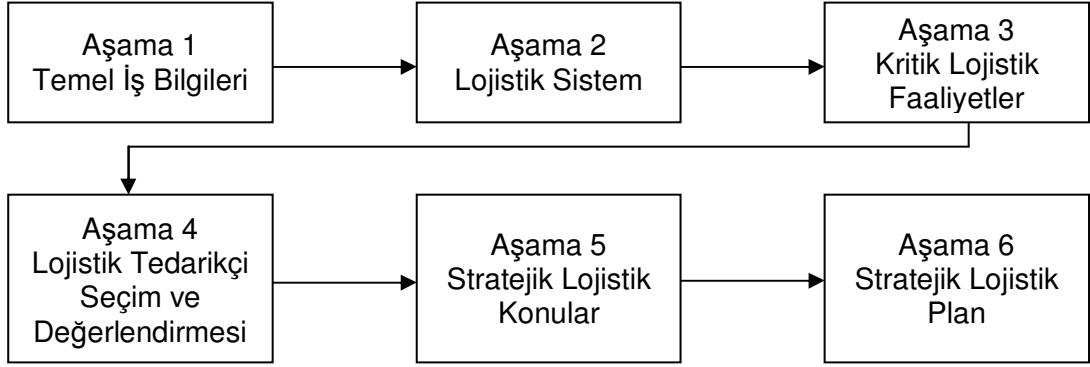
Öncelikle lojistik ağ tasarım sürecinin bütün bileşenlerinden sorumlu olacak olan lojistik ağ yeniden yapılanma ekibi oluşturulur. Bu ekip bütün kolektif strateji, iş stratejileri, firmanın iş ihtiyaçları ve tedarik zincirinin ihtiyaçları konusunda bilgi sahibi olmalıdır. Bu aşamada lojistik ağ tasarım parametreleri ve hedefleri belirlenir. Üst yönetimin beklentileri hakkında bilgi sahibi olunması yeniden yapılanma sürecinin etkin bir şekilde yerine getirilmesi yönünden gereklidir. Sürecin ilk aşamalarında finansman, insan gücü ve sistemle ilgili konularda ihtiyaç duyulan kaynakların uygunluğu iyi tespit edilmelidir. Bu aşamada firmanın lojistik amaçlarının sağlanması yönünden birlikte çalışılması planlanan 3P lojistik hizmet sağlayıcıları belirlenmelidir. Bu belirleme, ağ tasarım ekibine lojistik kaynaklara ilaveten harici olarak sağlanacak lojistik ağ çözüm alternatifleri üzerinde daha geniş düşünme yeteneği sağlayacaktır.

Aşama 2: Lojistik Denetlemelerin Gerçekleştirilmesi

Lojistik denetlemeler yeniden yapılanma ekip personeline firmanın lojistik süreçleri hakkında kapsamlı bir bakış açısı sağlar. Bu denetlemelerle tasarım sürecinin müteakip aşamalarında ihtiyaç duyulan bilgiler derlenir. Lojistik denetleme aşamaları Şekil 9'da görülmektedir. Denetlemeler sonucunda elde edilecek bilgileri şu şekilde özetleyebiliriz:

- Müşteri ihtiyaçları ve önemli çevresel faktörler,
- Kritik lojistik amaç ve hedefler,
- Mevcut lojistik ağ yapısı ve firmanın tedarik zincirine bağlı olarak konumlanması,
- Lojistik maliyet değerleri ve önemli performans kriterleri,
- Mevcut ve hedeflenen lojistik performans arasındaki farklılıklar,
- Ölçmeyi kolaylaştıracak yönde ifade edilen lojistik ağ tasarım amaçları.

ŞEKİL 9: Lojistik Denetleme Aşamaları



Kaynak: Coyle, Bardi, Langley, 2003, s. 510

Aşama 3: Alternatif Lojistik Ağların Değerlendirilmesi

Lojistik ağ alternatiflerinin değerlendirilmesi mevcut lojistik sistem ile alternatif sistem ve yaklaşımlara sayısal modellerin uygulanmasını içerir. Bu modellerin kullanımı olası ağ yapılarının maliyet hizmet etkinliğinin ve fonksiyonelliğinin detaylı olarak anlaşılmasına olanak sağlar. Belli başlı modelleme yöntemleri optimizasyon, simülasyon ve sezgisel yöntemlerdir. Optimizasyon yöntemi en iyi çözümü araştırır, simülasyon modelleri lojistik ağın performans ve işlerliğini ortaya koyar, sezgisel yöntemler geniş boyutlu problem tanımlamasına olanak sağlar fakat optimal çözüm sağlamazlar.

Seçilen uygun modelleme yöntemi lojistik denetlemeler esnasında tespit edilen kritik amaçlarla uyumlu lojistik ağın belirlenmesine olanak sağlamalıdır. İlk tasarım çözümleri belirlendikten sonra önemli lojistik değişkenlerdeki dönüşümlere önerilen ağ tasarımı duyarlılığını test etmek için ya.....ise (farz edelim) türü analizler uygulanır. Bu aşamanın sonuçları arzu edilen amaçların gerçekleştirilmesine olanak sağlayacak lojistik tesislerin genel konumları ve sayıları hakkında değerli bilgiler sunar.

Aşama 4: Tesis Yeri Analizinin Yapılması

Hedeflenen lojistik ağın genel yapılanması belirlendikten sonra lojistik tesislerin kurulabileceği özel bölgeler ve şehirlerin nitelikleri analiz edilir. Bu analizler kalitatif ve kantitatif yaklaşımlar içerir. Kalitatif yaklaşım iş gücü durumu, taşımacılık

konuları, pazar ve müşterilere yakınlık, hayat kalitesi, vergiler ve endüstri gelişim teşvikleri, tedarikçi ağı, arazi maliyetleri ve sağladığı fayda, firma tercihleri gibi faktörleri içerir. Bu aşamadaki çalışmalar daha önce belirlenmiş olanlar gibi özel nitelikler hakkında bilgiler derleyecek olan konum belirleme ekibinin oluşturulmasıyla daha da kolaylaştırılır. Bu ekip ayrıca potansiyel alanları topografya, jeoloji ve tesis tasarımı yönünden değerlendirebilmelidir. Uygun öz kaynakları artırmak yönünde firma konum belirleme sürecinde müşterilerine yardım konusunda uzmanlaşmış olan danışmanlık firmasının ilgili servislerini bünyesine dahil etmek isteyebilir. Konum belirleme ekibi ilk iş olarak lojistik yönden ekonomik olmayan alanları elimine eder, böylelikle alternatiflerin sayısını azaltır.

Aşama 5: Ağ ve Tesis Konumlarıyla İlgili Karar Verilmesi

3 ve 4 üncü aşamalarda ortaya konulan ağ yapısı ve lojistik tesis alanlarının, 1 inci aşamada belirlenen tasarım kriterleriyle tutarlılığı değerlendirilmelidir. Bu aşama firmanın lojistik ağı için ihtiyaç duyulan değişiklikleri doğrulamalı, onlarla uyumlu olmalı ve bu uyumluluk bütün tedarik zinciri konumlandırmasında da geçerli olmalıdır. Önceki iki aşamada 3P tedarikçilerden yararlanma imkanları alternatifler arasında yer almış olsa da harici tedarikçilerden istifade kararı stratejik olanlara ilave olarak mali ve hizmetler yönünden bir takım gereklilikler içerir.

Aşama 6: Uygulama Planının Hazırlanması

Uygulama planı, mevcut lojistik ağ yapısından istenilen yapıya geçilmesinde yol haritası görevi görür. Yeniden yapılanma sürecinin önemli belli başlı değişiklikler için tavsiye kararlar belirleme olasılığının en başından beri biliniyor olması sebebiyle firma sorunsuz, zamanca münasip uygulamaları temin etmek üzere gerekli olan kaynakları sağlamalıdır.

3.3 Lojistik Ağ Modelleme Yöntemleri

Başlıca modelleme yöntemleri optimizasyon, simülasyon ve sezgisel modellerdir. Bu modeller fabrikaların, depoların, dağıtım merkezlerinin ve müşterilerin yerleri, lojistik ağın işlerliğini desteklemek üzere ürün ve bilgi akışıyla

ilgili çok çeşitli konulara uygulanabilir. Lojistik ağ modellemesiyle ilgili stratejik konular aşağıda görülmektedir.

Ağ Yapısını Gerektiren Konular:

- Sağlanmak istenilen müşteri hizmet seviyesi,
- Dağıtım merkezlerine atanan müşteriler,
- Dağıtım merkezlerinin sayısı ve konumları,
- Her bir dağıtım merkezinin görevleri (envanter miktarı, hizmet sahası),
- Ürün bazında dağıtım merkezlerinin fabrikalara atanması,
- Fabrikaların sayısı ve konumları,
- Her fabrikanın görevleri (imalat, envanter, hizmet sahası).

Ya...İse (Farz Edelim) Soruları:

- Çevresel Konular
 - Pazar değişimi,
 - Grevler, tabi afetler ve enerji yetersizlikleri,
 - Global ekonomik koşullar.
- Lojistik Sistem Kararları
 - Değişikliklerin tür seçimine etkisi ve taşıtıcı seçimi,
 - Lojistik işlemlerin firma tarafından gerçekleştirilmesinin, kontrat yöntemiyle veya 3P lojistik hizmet sağlayıcılarca gerçekleştirilmesinin mukayesesi,
 - Fabrikadan doğrudan müşterilere gerçekleştirilen sevklerin konsolidasyonu.
- İş Kararları ve Yöntem Konuları
 - Fabrika kapasite artırımı,
 - Yeni ürün imalatı,
 - Sevk planlama yöntem analizleri,
 - Dağıtım merkezi kapasite artırımı veya azaltılması,
 - Çok bölgeli dağıtım sisteminin entegrasyonu,
 - Diğer iş kollarıyla konsolidasyon.

Maliyet ve Hizmet Konuları

- Toplam üretim ve lojistik sistem maliyeti,
- Lojistik maliyetlere karşın müşteri hizmetleri,
- Dağıtım merkezi sayısına bağlı olarak lojistik maliyetler,
- Talep tahminleri.¹⁸

¹⁸ Coyle, Bardi, Langley, s. 518

3.3.1 Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon modeli değerlendirilecek olan matematiksel problem için en iyi veya optimum çözümü bulmayı sağlayan matematiksel işlemleri esas alır. Optimizasyon yöntemiyle bulunan çözümün en iyi çözüm olduğu matematiksel olarak ispatlanabilir. Optimizasyon yöntemi ilgili kısıtları göz önüne alırken, pek çok olurlu çözüm arasından optimal çözümü belirler. Optimizasyon yönteminin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Belirlenen kısıtlar ve veriler için mümkün olan en iyi çözüm bulunur.
- Çok karmaşık model yapıları doğru bir şekilde çözümlenebilir.
- Türetilen bütün alternatiflerin analiz ve değerlendirmeleri daha etkin analiz sonuçları verir.
- Her işletim için en iyi çözüm sağlanabildiğinden güvenilir işletim mukayesesi yapılabilir.
- Optimal ve sezgisel çözümler arasında kazanç artışı veya maliyet azaltımı dikkate değer seviyede gerçekleşir.

Bu önemli avantajlarının yanı sıra optimizasyon yönteminin bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. En önemli dezavantajı; problemin karmaşıklığı arttıkça optimal çözümün makul hesaplama süresi içerisinde sağlanamaması ve bunun sonucunda daha büyük hafıza kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duyulmasıdır. Genellikle problem tanımlaması, çözüm süresinin uzaması sebebiyle gerçekçiliğini yitirebilir.

En yaygın olarak bilinen optimizasyon yöntemlerinden biri doğrusal programlamadır. Doğrusal programlama fabrikalarda, dağıtım merkezlerinde ve pazarlardaki arz ve talep sınırlamalarının kısıt olarak değerlendirildiği ağ yapısı içerisinde tesislerin irtibatlandırılmasında en faydalı ve kullanışlı yöntemdir. Örneğin toplam maliyetlerin minimizasyonu şeklinde belirlenen amaç fonksiyonunda, doğrusal programlama problemin arz talep kısıtlarıyla uyumlu optimal tesis dağılım modelini tanımlar. Bu yöntem oldukça kullanışlı olmasına rağmen problem formülasyonunun deterministik ve doğrusal yaklaşım olmasına sebebiyle uygulanabilirliği sınırlıdır. Aynı zamanda doğrusal programlama, lojistik tesislerin

işletimindeki sabit ve değişken maliyetlerin hesaplanmalara dahil edilmesine olanak sağlamaz.

Karışık tam sayılı doğrusal programlama kullanımı oluşturulan modele, sabit ve değişken maliyetlerin, kapasite kısıtlarının, ölçek ekonomisinin, çapraz ürün sınırlamalarının ve tek kaynak gereksinimlerinin yansıtılmasına olanak sağlar. Bu tür modellemenin en güzel örneği Insight firmasınınca geliştirilen Entegre Lojistik Sistemler İçin Stratejik Analiz (ELSSA) programıdır. ELSSA kısaca bir ürün grubu için tahmini talep miktarlarında, bu talebi belirlenen hizmet seviyesiyle ve en düşük maliyetle karşılayacak üretim dağıtım ağının optimal yapılanması nasıl gerçekteştirilmelidir? sorusunu yanıtlamaktadır.

3.3.2 Simülasyon Modelleri

Lojistik ağ tasarımında ikinci yaklaşım simülasyon modellerinin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Simülasyon; gerçekte bir sistemin modelinin tasarlanması ve bu modelle sistemin davranışlarının anlaşılması ve sistemin işletilmesi için kriter veya kriter gruplarınınca belirlenen limitler dahilinde çeşitli stratejilerin değerlendirilmesi maksadıyla deneyler gerçekteştirilmesi işlemidir. Ağ simülasyonu; lojistik ağın bilgisayarda temsilinin hazırlanması daha sonra ağın maliyet ve hizmet özelliklerinin maliyet yapıları, kısıtlar ve diğer faktörler değiştikçe gözlemlenmesini içerir. Simülasyon, sistemin modeli üzerinde örneklem deneylerinin gerçekteştirilmesi işlemidir.

Konum analizi için simülasyon modellemesinin kullanımı karar vericilerin alternatif konumların maliyet ve hizmet seviyesine etkisini test etmelerine olanak sağlar. Modelleme çok büyük oranda veri derlenmesini ve taşıma, depolama, envanter, malzeme elleçleme ve iş gücü maliyeti gibi sistem bileşenlerinin etkileşimlerinin belirlenmesi için analizler gerektirir. Simülasyon işlemi maliyetlerin belirlenmesi için karar verenlerce seçilen tesis yerlerini değerlendirir. Simülasyon optimum bir çözümler sağlamaz ancak modele tanımlanan alternatifleri değerlendirir. Simülasyonun kritik bir özelliği dinamik veya statik yapıdır. Dinamik yapı bir simülasyon sadece çok periyotlu zaman perspektifi iğermez aynı zamanda daha önceki zaman periyotlarının sonuçlarını esas alarak her bir zaman periyodu için sistem durumunu güncelleştirir.

Simülasyon doğrudan en iyi depo yapılanması için çözüm üretmemesine rağmen problem tanımlaması doğrusal olmayan (envanter), adım adım (işgücü maliyeti) ve kesikli (miktar indirimleri) maliyet fonksiyonlarını içererek zenginleştirilebilir. Simülasyon bağımsız bir yaklaşım olarak kullanılmaya devam edilmekte ve aynı zamanda diğer araştırma esaslı yaklaşımlarda tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Eğer başka ihtiyaçlar yok ise bir firmanın mevcut lojistik ağının bir suretinin oluşturulmasında simülasyon kullanımına ihtiyaç duyulur, bunun sonucunda konum analizinden elde edilen potansiyel gelişmeler lojistik ağ yapısı ile mukayese edilir.

Simülasyon modelleri optimal çözüm üretmek için tasarlanmasalar da geniş kapsamlı problem tanımlamalarını birleştirebilme ve barındırabilme özellikleri yönünden gelişmişlerdir. Bazen olurlu ağ tasarım alternatiflerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi için ilk önce optimizasyon yaklaşımı kullanılmakta daha sonra ihtiyaca göre tasarlanmış simülasyon modellerinden hedeflenen amaçları en iyi bir şekilde sağlayacak lojistik ağa odaklanılmada istifade edilmektedir.

3.3.3 Sezgisel Modeller

Sezgisel modeller; simülasyon modellerince anlaşılan ve optimizasyon modellerince optimal çözümü incelenen, model tanımlamalarına tecrübeler dayalı gerçek faktörlerin dahil edildiği yöntemlerdir. Sezgisel yöntemler genellikle daha geniş çaplı problem tanımlamalarına olanak sağlarlar ancak mutlak surette optimal çözümü sağlamazlar. Sezgisel modellerin kullanılması bir problemin ele alınabilir boyutlara indirgenmesine ve daha iyi çözümün bulunabilmesi için çeşitli alternatiflerin otomatik olarak değerlendirilmelerine olanak sağlar. Sezgisel yöntemler karmaşık karar problemlerinde en düşük maliyetli konumlandırmaya olumlu yaklaşımlar ve tahminler sağlarlar.

Sezgisel modelleme en zor lojistik problemlerin bazılarında pratik çözümler sunar. Sezgisel modelleme yöntemleri model için en iyi çözümün araştırılması amaçlanan durumlarda faydalıdır fakat optimizasyon yöntemleriyle problemin çözülmesi için uzlaşma sağlanması gereken pek çok konu

ihtiva ederler. Planlamada sezgisel yöntemler genellikle prensip veya konsept olarak değerlendirildikleri durumda kullanılırlar. Sezgisel kurallara örnek olarak;

- Depoların tesis edilmesi için en olası alanlar, en yüksek talebin olduğu yerler veya buraların yakınındaki bölgelerdir.
- Kaynak noktasından doğrudan ikmal edilmesi gereken müşteriler tam araç yükü kadar talepte bulunan müşterilerdir.
- Eğer bir ürünün kabulü ve dağıtımı arasındaki taşıma maliyeti farkı depolama maliyetinin daha makul seviyede olduğunu işaret ediyorsa o ürün depolanabilir.
- İstatistikî envanter kontrol yöntemlerine nazaran tam zamanında işlem süreçleriyle daha iyi yönetilen ve yönlendirilen üretim hattındaki parçalar, taleplerinde ve hizmet sürelerinde en az değişiklik gözlenen parçalardır.
- Dağıtım sistemine dahil edilecek bir sonraki depo en büyük maliyet kazancı sağlayacak depodur.
- Dağıtım yönünden en pahalı müşteriler küçük miktarlarda mal alan ve taşıma hatlarının en sonunda yer alan müşterilerdir.
- Ekonomik taşıma, yükleri dağıtım ağında en uzakta bulunan müşteriden başlanılarak, küçük hacimli yüklerin birleştirilerek bir aracın tamamen yüklenmesi ve taşımanın başlayacağı noktaya göre bir hat boyunca yüklerin birleştirilmesiyle oluşturulur.

Yukarıda açıklanan kurallar çözüm için gerçekleştirilecek olan araştırmaların bu kurallar hiyerarşisini takip etmesine olanak sağlamak üzere genellikle bir bilgisayar yazılım programı olarak modele dahil edilebilir.¹⁹

¹⁹ Ballou s. 644

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK KADEMELİ ENVANTER OPTİMİZASYONU

Çok kademeli envanter sistemlerinden tedarik zinciri içerisinde dağıtım ve üretim faaliyetlerinde oldukça yaygın olarak yararlanılmaktadır. Dağıtım faaliyetinde çok kademeli envanter sistemleriyle farklı alanlardaki müşterilere yakın mesafede yerel depolama üniteleri ve iyi hizmet sağlamak amacıyla, ürünlerin çok geniş bir coğrafi bölgede dağıtılma ihtiyacı olduğu zamanlarda karşılaşılmaktadır. Bu yerel depolama üniteleri üretim tesisine yakın merkezi bir depodan bütünlenebilirler. Çok kademeli envanter sistemlerinin yönetimi tedarik zinciri işlemlerinin çok önemli bir halkasını oluşturur. Genel olarak nihai amaç; sipariş maliyetlerini ve tedarik zincirine ayrılan bütçeyi minimize ederken, istenilen seviyede müşteri hizmeti sağlayabilmektir.²⁰

Geleneksel envanter yönetim uygulamaları, kaynak temininin globalleşmesi, kontrat üretimi, dinamik ürün ömrü süresi ve çok kanallı dağıtım uygulamalarının artışıyla güncelliğini ve geçerliliğini yitirmiştir. Yeni eğilimler firma gereksinimlerinin, tedarik zinciri karmaşıklığını daha yalın bir hale getiren yeni envanter yönetimlerine adaptasyonunu sağlamakta ve envanter seviyesini %20-30 seviyesinde azaltırken aynı zamanda müşteri hizmet seviyesini artırmaktadır.

Firmaların çoğu envanteri bir seri olarak planlayan ABCD analizi, Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP), İhtiyaç Dağıtım Planlaması (İDP) ve İleri Planlama Sistemleri (İPS)'den büyük bir kazanım sağlayamayacaklardır. Sözü edilen firmalar doğru yerde bulunmayan gereğinden çok fazla envanterle ilgilenmeye ve buna bir çözüm arayışına devam edeceklerdir. Bu durum özellikle tedarik zincirinin karmaşıklığı ve uzaklığı artan global kaynak temini, kontrat üretimi ve çok kanallı dağıtım ile daha da büyüyen firmalar için geçerlidir. Eğer firmalar tedarik zincirlerinin uzadığını fark etmişler ise tedarik zincirlerinde talep ve uygunluk kapasitesinde daha oynak hizmet süreleri ve daha büyük değişkenliğe sahip kademelerin yönetimiyle karşı karşıyadırlar. Bu özellikler geleneksel envanter yönetim anlayışını yetersiz kılmakta ve tedarik zincirlerinde %20-30 seviyesinde daha fazla envanter bulundurulmasına yol açmaktadır.

²⁰ Sven Axsater, **Supply Chain Operations: Serial and Distribution Inventory Systems**, Elsevier, 2003.

Günümüzün karmaşık tedarik zincirlerinin yönetiminde, endüstri liderleri tedarik zincirinin çoklu kademelerinde envanter akışını ve konumlandırılmasını analitik ve bütünsel olarak yönetebilmek için yeni envanter yönetim uygulama ve ilkelerini benimsemektedirler. Bu yönetim ve ilkeler; yüksek ürün hareketliliği, kısa hizmet süresi ve müşteri taleplerine daha esnek reaksiyon gösterilmesine aynı zamanda işletme sermayesinin artırılmasına ve işlem maliyetlerinin azaltılmasına olanak sağlamaktadır.

Yeni nesil envanter yönetim teknolojileri firmaların tedarik zincirindeki değişkenlikleri anlamalarına ve çok kademeli faaliyetleri başarılı bir şekilde yönetmelerine olanak sağlamaktadır. Bu çözüm yöntemleri çok kademeli envanter yönetim teknikleri olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemler tedarik zinciri kademelerinde envanter politikalarını bütünsel olarak optimize etmekte, talep ve ikmal değişkenliğine stokastik ve deterministik yöntemlerden istifade ile açıklık getirmektedir.

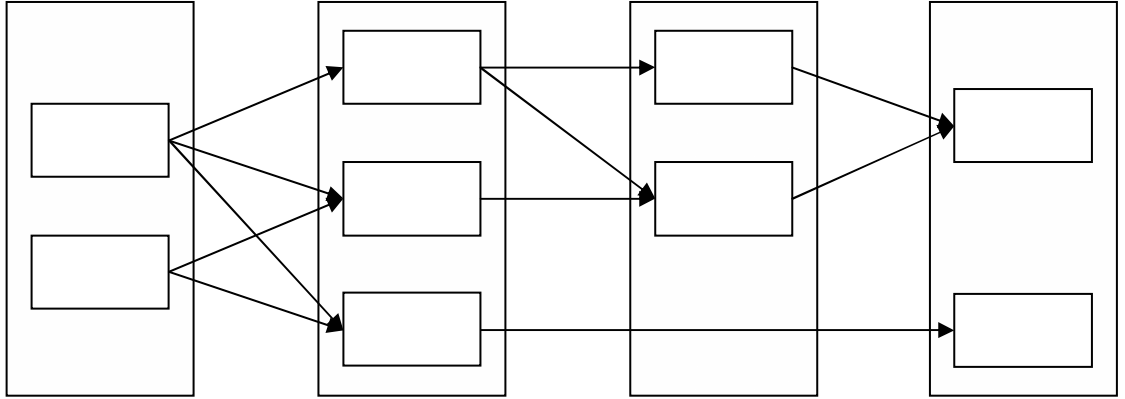
Envanterin optimal olarak tertiplendirilmesi veya çeşitli sahalarda ihtiyaçları en uygun şekilde karşılamak üzere konuşlandırılması işletmeler için çok önemli bir işlem olma özelliğini korumaktadır. Üretim, dağıtım ve perakende işlemlerinin yalın envanter yapısıyla yönetilmesi döner sermayenin daimi olarak azaltılabilmesinden, yüksek satış miktarlarının elde edilmesi ve müşteri tatmini sağlanmasına kadar pek çok faydalar sağlar. Oldukça başarılı firmalar ile vasat bir seviyede işlemlerini sürdüren firmalar arasındaki en belirgin farklılıklardan biri envanter dönüşümünü artırabilme yeteneğidir.

Yüzlerce farklı alanda tertiplenmiş on binlerce üründen oluşan bir envanterin yönetimi firmalar için yıldırıcı bir görev haline dönüşebilir. Envanterin bulunduğu yerler firmanın dağıtım ağının farklı kademe veya sıralarında bulunması halinde karşı karşıya olunan zorlu durum daha da karmaşık bir hâl alır. Çok kademeli ağlarda sevk edilecek olan yeni ürünler ilk olarak bölgesel veya merkezi tesislerde depolanır. Bu merkezi tesisler müşterilerle temas kurulan alanlar (tesisler veya perakende satış yerleri) için dahili tedarikçi konumundadırlar. Bu tür bir yapılanma pek çok perakende zinciri, büyük distribütör ve üreticilerin yaygın bir şekilde uyguladıkları bir dağıtım modelidir.²¹

²¹ Aberdeen Group Inc., **Are your Inventory Management Practices Outdated?**, Massachusetts, 2005.

Çok kademeli sistemler aşağıda görüldüğü gibi çeşitli basamaklar ihtiva ederler. Bu basamaklar gruplandırılarak kademeler oluşturulur. Sola (ok istikametinin tersi) doğru tertiplenmiş olan basamaklar yukarıya yön, sağa doğru (ok istikameti) tertiplenmiş olan basamaklar ise aşağı yön olarak adlandırılırlar. Aşağı yöndeki basamaklar müşteri taleplerinin karşılandığı basamaklardır.

ŞEKİL 10: Kademeli Sistem Yapısı

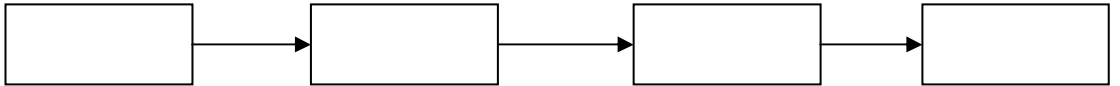


Kaynak: Snyder, 2006, s. 3

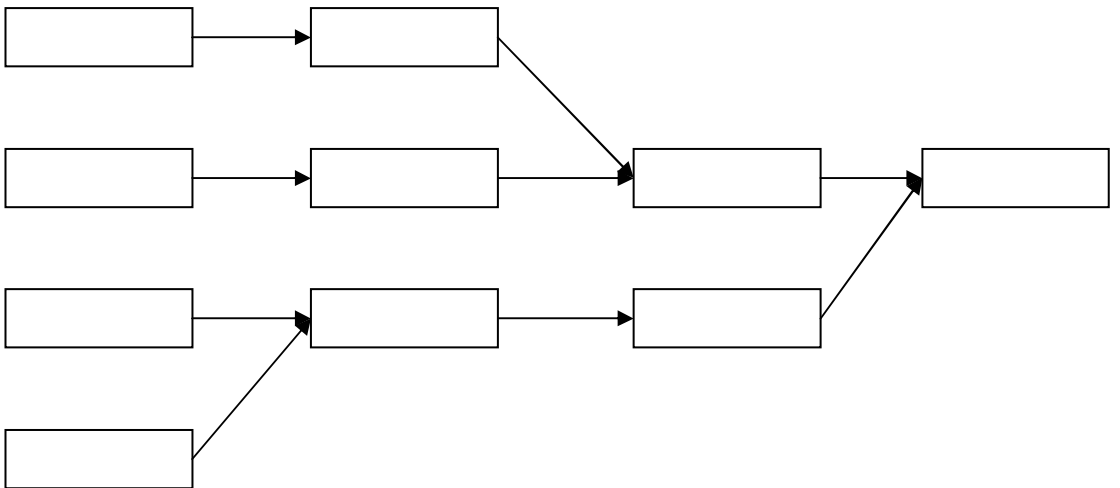
Kademeli sistemler; seri sistemler, montaj sistemleri, dağıtım sistemleri ve karışık sistemlerden oluşur. Bu sistem yapıları aşağıda görülmektedir.

ŞEKİL 11: Kademeli Ağ Sistem Türleri

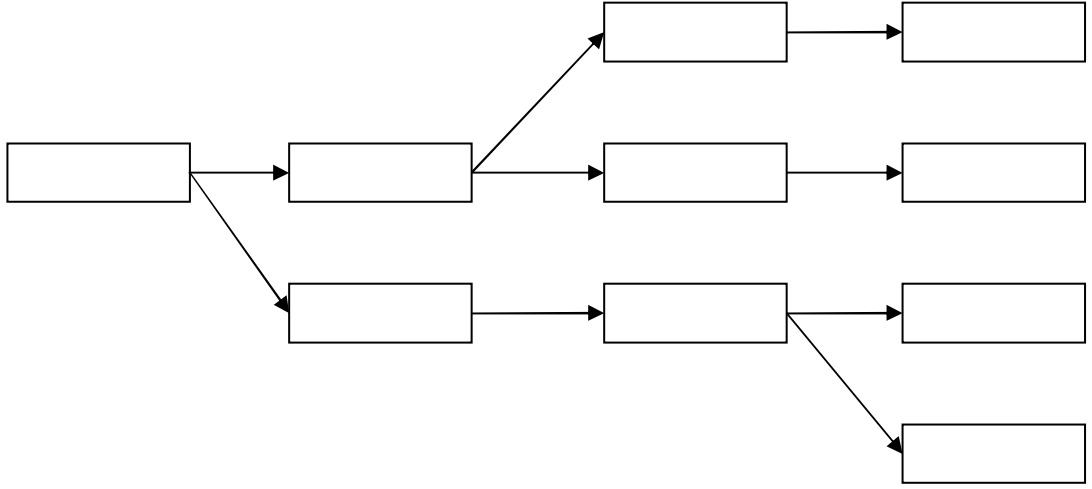
Seri Sistem



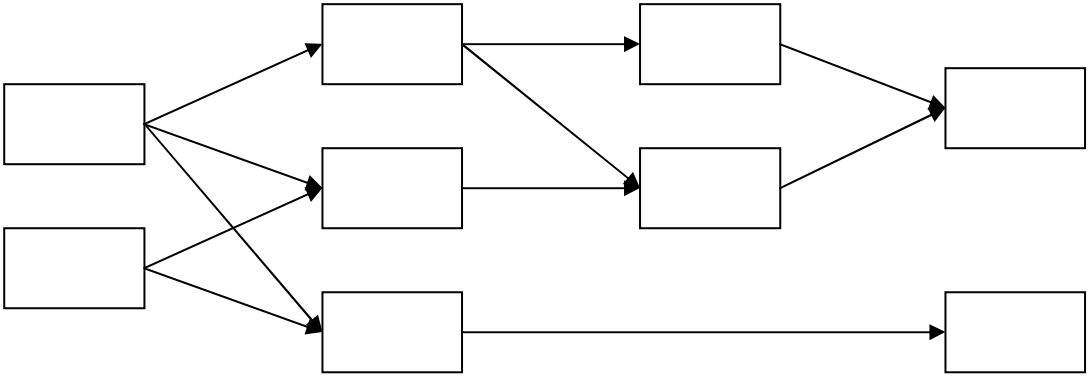
Montaj Sistemi



Dağıtım Sistemi



Karışık Sistem



Kaynak: Snyder, 2006, s. 7

Çok kademeli ağlarda envanter yönetiminin dikkat edilmesi gerekli bir takım güçlükleri bulunmaktadır. Bunlardan biri; bütünleme (ikmal) stratejilerinin diğer kademelere olan etkileri dikkate alınmayarak sadece bir kademeye uygulanmasında dolayı ağın tamamının envanter optimizasyonunun doğru bir şekilde gerçekleştirilememesidir. Çünkü kademeli ağ sistemlerinde en önemli husus; tam zamanında ve istenilen miktarda müşteri taleplerini karşılarken aynı zamanda envanterin maliyet v.b. olumsuz etkilerinden uzak durulabilmesi için her kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan envanter miktarının ardışık olarak süreç yaklaşımıyla optimize edilebilmesidir. Bir diğer güçlük; yanıltıcı talep tahminleri

üzerinden yapılan hesaplamalarla üst kademe bütünleme kararlarının alınmasıdır. Bu güçlükler aşağıda açıklanan önemli olumsuz sonuçları doğurmaktadır.

- Ağda gereğinden fazla gereksiz emniyet stoğu şeklinde aşırı envanter bulundurulması,
- Ağda yetersiz envanter bulunması halinde nihai müşteri hizmetlerinde başarısızlıklarla karşılaşılması,
- Kademeler arası hizmetler kabul edilebilir sınırların üzerindeyken müşterilerle temas kurulan alanlarda eksik envanterle karşılaşılması,
- Harici tedarikçilerin kendilerine tatmin edici taleplerin iletilmemesi sebebiyle güvenilmez performans sergilemeleri,
- Ürünler için sınırlı uygunlukta, öngörüsüz, ileriye göremeyen dahili tahsis kararlarının verilmesidir.

4.1 Çok Kademeli Ağlarda Envanter Yönetimi

Çok kademeli dağıtım ağlarında envanter yönetiminin karmaşıklığı önemli oranda artış gösterir. Bütün alanlar tek bir firmanın kontrolü altındadır. Tek kademeli yapılarda olduğu gibi tedarikçi ile müşteri arasında yer alan depo veya dağıtım merkezinin basit bir şekilde bütünlenmesi yerine, tedarikçi ve dağıtım merkezleri arasındaki diğer dağıtım noktalarının bütünlenmesiyle ilgilenme durumu ortaya çıkar. Çok kademeli envanter yönetiminin amacı çeşitli kademelere taksim edilmiş minimum envanter miktarıyla nihai müşteri hizmet seviyesini karşılayacak olan dağıtımı sağlamaktır.

Çok kademeli envanter yönetiminin güçlüklerini bütün yönleriyle irdelemeden önce tek kademeli envanter yönetim problemlerini kısaca açıklamakta fayda vardır. Tek kademeli envanter yapısında dağıtım ağı tedarikçi, dağıtım merkezi ve müşterilerden oluşur. Tablo 3'de bir dağıtım merkezinde konuşlu stok muhafaza ünitesi için geçerli olan envanter faktörleri açıklanmaktadır.

Tek kademeli yapılanmada hizmet süresi; dağıtım merkezi ve harici tedarikçileri arasında sipariş ile bu siparişin karşılanmasına kadar geçen süredir. Firmanın sipariş ikmal stratejileri ilgili firmanın envanter bulundurma ve elleçleme ile ilişkili dahili maliyet faktörlerine ve harici tedarikçilerin sipariş kısıtları ve destek

indirimlerine bağlıdır. Bu sebepten ötürü bütünleme miktarları dahili ve harici faktörlerin kombinasyonuna bağlıdır.

TABLO 3: Dağıtım Merkezinde Konuşlu Stok Muhafaza Ünitesi İçin Envanter Faktörleri

ENVANTER	TANIMLAMA
Talep	Dağıtım merkezinden dışarıya gerçekleşen ürün akış oranı
Talep Değişimi	Dönemsel ürün akış değişikliği
Hizmet Süresi	Sipariş ile talebi karşılayacak uygun ürünün elde edilişi arasında geçen süre
Hizmet Süresi Değişimi	Siparişler sonucunda hizmet sürelerinde meydana gelen farklılıklar
Bütünleme Değerlendirme Sıklığı	Dağıtım merkezlerinin yeni bir siparişe ihtiyaç olup olmadığını belirlemek üzere envanter miktarını kontrol etme sıklığı
Sipariş İkmal Stratejisi	Dağıtım merkezinin envanter bulundurma, taşıma, elleçleme ve satın alma maliyetleri arasında ekonomik önceliklere bağlı olan ikmal zaman hedefi
Hizmet Seviyesi Hedefleri	Dağıtım merkezinin nihai müşterilere karşı hizmet taahhütleri
Envanter Pozisyonu	Dağıtım merkezinin uygun stok miktarı, elde bulunan envanter miktarının değerlendirilmesi, ileri sipariş miktarı, geri siparişler ve taahhüt edilen stoklar.

Kaynak: Lee, 2006, s. 3

Aynı ürünü tedarikçiler ile dağıtım merkezi arasında depolar ihtiva eden çok kademeli ağ içerisinde değerlendirdiğimizde yukarıda söz edilen envanter faktörleri depolar bölgesinde ki stok muhafaza üniteleri içinde geçerlidir. Ancak bir takım önem arz eden konulara dikkat edilmelidir. Bunlar;

- Depolar için uygun talep kriterleri nelerdir? Bu talep nasıl tahmin edilmelidir?
- Depolar için talep değişimini nasıl belirleyebiliriz?
- Depolardan tedarikçilere verilen büyük çaplı sipariş eğilimi depolardaki stok muhafaza ünitesi için sipariş ikmal stratejisini nasıl etkiler?

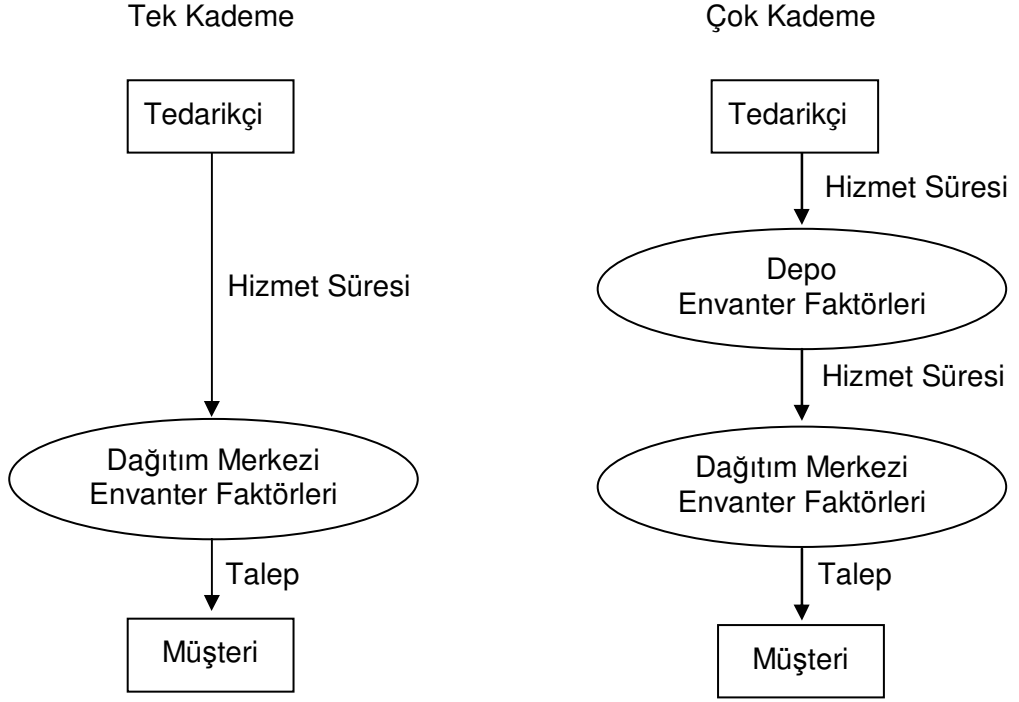
- Depolar ve bu depoların müşterisi konumunda olan dağıtım merkezleri arasında optimal hizmet seviye hedefi nedir?
- Dağıtım merkezlerinin envanter pozisyonunu depoların bütünleme kararları içerisine nasıl dahil edebiliriz?
- Depolar için geçerli olan bütünleme değerlendirme sıklığı ve hizmet seviyesi hedefi gibi envanter faktörleri, dağıtım merkezlerindeki envanter ve hizmet seviyelerini nasıl etkiler?
- Depolarda sınırlı ikmal durumuyla karşılaşıldığında, dağıtım merkezlerine ürün tahsisini nasıl gerçekleştirmeliyiz?

Depoların aynı zamanda stok muhafaza ünitesi için envanter bulundurmaları sebebiyle her bir dağıtım merkezindeki bütünleme kararı dağıtım merkezlerinin dahili tedarikçilerle ilişkilerinden ötürü aşağıda açıklanan sorular gündeme gelmektedir.

- Depolarca belirlenen sipariş kısıtları dağıtım merkezlerinin sipariş ikmal stratejilerinin nasıl etkiler?
- Farklı dağıtım merkezlerinin bütünleme değerlendirme sıklığı ve alternatif sipariş ikmal stratejileri depoları nasıl etkiler? Depoların hizmet seviyesi hedefleri, dağıtım merkezlerinin bütünleme stratejilerine nasıl entegre edilir?
- Nihai müşterilerine karşı taahhüt edilen hizmet seviyelerini gerçekleştirebilmek için depoların nihai müşteriler için yedek kaynak olarak uygun olmaları durumunda, dağıtım merkezleri aynı hizmet seviye hedeflerini takip etmeli mi?
- Hızlandırılmış sipariş süreçlerinde depolar nasıl kullanılmalıdır?
- Harici tedarikçi hizmet süreleri ve hizmet süresi değişimlerinin hâlâ dağıtım merkezlerinin bütünleme stratejileri üzerine bir etkisi var mıdır?²²

²² Calvin B. Lee, **Multi-Echelon Inventory Optimization**, Business Value Research Series, Manhattan Associates Inc., 2006, s. 4

ŞEKİL 12: Envanter Faktörleri



Kaynak: Lee, 2006, s. 5

Şekil 12'de envanter faktörlerinin kademelerde nasıl irtibatlandırıldığı görülmektedir. Dairesel simgeler firmaların etki sahasında bulunan alanları temsil etmekte ve envanter faktörleri firmalarca kontrol edilebilmektedir. Bu, bütünleme değerlendirme sıklığının, sipariş ikmal stratejisinin ve hizmet seviyesi hedeflerinin, bulundurulacak envanter miktarını ve aşağı yönde müşterilere sağlanacak hizmet seviyesinin karar verenlerce belirlenmesini etkileyen bütünleme kontrol değişkenleri anlamına gelmektedir. Tek kademeli durumda bu kontrol değişkenlerinin belirlenmesi için gerekli olan yaklaşımlar ve yöntemler çok iyi bilinmesine rağmen çok kademeli durumlarda bilinmemektedir. Günümüzde firmalar aşağıdaki iki yaklaşımdan birisini kullanmaktadırlar:

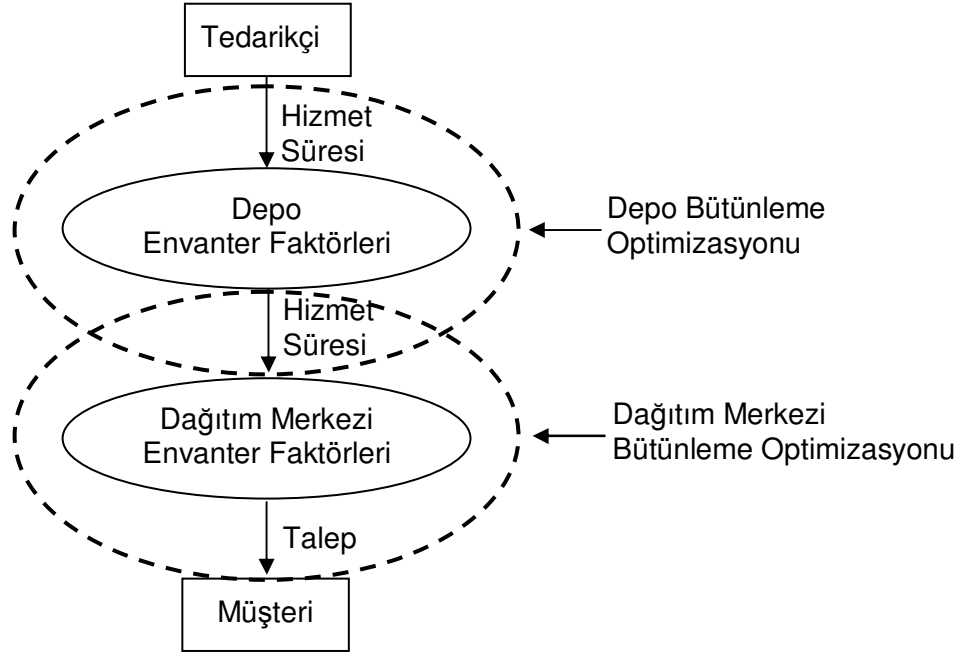
- Tek kademe yaklaşımının ağıdaki bütün kademelere uygulanması
- Dağıtım ihtiyaç planlaması (DİP) veya bir türevinin uygulanması

4.1.1 Sıralı (Ardışık) Yöntem

Sıralı yöntemde bilinen klasik yaklaşım uygulanır, bu yaklaşım tek kademeli durumlarda kullanılan kanıtlanmış olan yaklaşımın iki kez uygulanmasıdır.

İlk önce kendi envanter faktörlerini dikkate alarak dağıtım merkezleri bütünlendir daha sonra depolara has envanter faktörleriyle depolar bütünlendir. Bu durumda dağıtım merkezleri nihai müşteri taleplerinden ve depo-dağıtım merkezi servis sürelerinden yararlanırlar. Depolar için servis süreleri; tedarikçilere olan servis süreleridir; ancak depolar için talep tahmininde bir takım güçlüklerle karşılaşılır. Bu güçlüğü aşmanın bir yolu daha önceki dönemlerde dağıtım merkezlerindeki depolara verilmiş olan sipariş miktarlarından istifade etmektir. Bir diğer çözüm yöntemi ise nihai müşterilerin dağıtım merkezlerinden buldukları talepleri hiç dikkate almamaktır. Her iki yöntemde aşağıda açıklanan mahsurlu tarafları bulunmaktadır.

ŞEKİL 13: Sıralı Yöntem



Kaynak: Lee, 2006, s. 5

Şekil 13'de dağıtım merkezi ve depoların yukarıda açıklanan sıralı yöntem ile ikmal görülmektedir. Sıralı yöntem çok kademeli bütünleme yöntemini dağıtım merkezi ve depolar olmak üzere iki gruba ayırır. Bu yöntem pek çok problemi beraberinde getirir.

- Yukarı Yönde Talep Zincirinde Belirsizlik: Dağıtım merkezleri doğrudan ikmal edildiğinde tedarikçiler depolardan daha ileri kısımlarda gerçekleştirilen faaliyetlerin farkında olamazlar. Dağıtım merkezleri özellikle depoların hizmet süreleri hariç diğer hizmet sürelerini dikkate almazlar. İlave olarak dağıtım merkezleri, aksamadan

daima depoların bütönleme siparişlerinin karşılındığını kabul ederler. Dağıtım merkezlerinin, depoların envanter seviyeleri konusunda bilgi sahibi olma imkanları bulunmamaktadır.

- Aşağı Yönde Talep Zincirinde Belirsizlik: Depolar kendi ikmallerini gerçekteştirdiklerinde müşteriler dağıtım merkezlerinin daha ilerisinde gerçekteştirilen faaliyetler hakkında bilgi sahibi olamazlar; ayrıca depolar dağıtım merkezlerindeki envanter miktarları ve buradan bulunulan talep miktarını bilemezler.

- Kamçı Etkisinden Kaynaklanan Talep Dalgalanması: Müşterilerin acil taleplerinden ötürü depo ve dağıtım merkezlerinin birbirlerinden bağımsız olarak talep tahmininde bulunmaları neticesinde kamçı etkisi, depolar ve dağıtım merkezleri arasında yüksek talep değişimine neden olur. Bu durum depolarda gereksiz envanter bulundurulmasına yol açar.

- Toplam Ağ Maliyetinin Değerlendirilememesi: Depoların veya dağıtım merkezlerinin bütönleme stratejileri değiştiği zaman yeni stratejinin diğer kademelerde yaratacağı maliyet etkisi dikkate alınmaz, bütön değerlendirmeler doğrudan ilgilenilen kademe üzerinde odaklanır.

4.1.2 İhtiyaç Dağıtım Planlaması

İhtiyaç dağıtım planlaması (İDP) yöntemi; imalatçıların karmaşık ürünlerin montajında kullanılan bileşenler için ihtiyaçların karşılanması ve belirlenmesinde itimat ettikleri malzeme ihtiyaç planlamasının (MİP) bir uzantısıdır. Mamulün oluşturulmasında kullanılan parçalar veya alt gruplar bağımlı taleplerdir. Montaj işleminin farklı basamaklarında bağımlı taleplerin yönetimi yerine MİP'da olduğu gibi İDP'da dağıtım ağının farklı kademelerinde konumlandırılmış olan ürünlere olan talebi yönetir. Üst kademelerdeki ürün talepleri bir anlamda aynı ürün için alt kademe taleplerine bağımlıdır. İDP yöntemi ile dağıtım merkezi seviyesindeki talep tahminleri öncelikle büyük toplu üretim ihtiyaçlarının geliştirilmesinde kullanılır. Bu tahminler, dağıtım merkezlerindeki kesin ihtiyaçları elde etmek üzere emniyet stoğu ihtiyaçlarıyla ve stok durum bilgileriyle birleştirilirler. Bu durum MİP programına benzerlik göstermektedir. Depolardaki zaman aşamalı bağımlı talep, dağıtım merkezlerindeki kesin ihtiyaçların depo ve dağıtım merkezi arasında hizmet sürelerinin ve buna karşılık gelen zaman aralıklarının ilave edilmesiyle dengelenerek hesaplanır. Depolar kendilerini bütönlemek üzere bu geçişli taleplerden yararlanırlar.

İDP yönteminin birkaç önemli eksiklikleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki geçişli talepler ve hizmet süreleri yönünden deterministik bakış açısıdır. Bunun sonucu depo emniyet stoğunun genellikle belli olduğu subjektif bir durumdur. Çünkü depolara iletilen gereksinimler belirsizlik içerir ve emniyet stoğunun tespiti için dikkatlice uygulanan bir yöntem bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı bu bütünleme yöntemini kullanan firmalar genellikle depoların emniyet stoğu için yön gösteren prensip ve ilkelerden yararlanırlar, bu bilimsel olmayan yöntem aşırı envanter bulundurulmasına yol açar. Emniyet stoğu tespitinin gerçek değerlerden oldukça uzak olması şaşırtıcı değildir. İDP'nin kaynağı; üretim ve taşımacılık maliyetlerine, envanter maliyetinden daha fazla önem verildiği imalat sistemine dayanmaktadır. Sıralı yöntemde olduğu gibi İDP'da yukarı yönlü talep zinciri belirsizliklerine açık ve envanter optimizasyonuna bir ağ yaklaşımı yönünden yetersizdir. Özellikle, iki kademe arasında hiçbir emniyet stoğu ilişkisi bulunmamaktadır. Bu nedenden dolayı iki kademe arasında optimal olarak envanter dengeleme çalışmaları gerçekleştirilemez.

Sıralı ve İDP yöntemlerinin her ikisi de nihai müşterilere sağlanan hizmet seviyesini geliştirmeden fazla envanter bulundurulmasına yol açarlar. Her bir kademe bütün ağı ilgilendiren probleme kendi açılarından bakıldığında makul çözümler geliştirebilmelerine rağmen sonuçlar bütün ağ için optimal çözüm değildir. Bir diğer ifadeyle depolardaki ve dağıtım merkezlerindeki toplam envanter miktarı nihai müşteri hizmet hedeflerinin sağlanması yönünde minimize edilmezler.

4.1.3 Çok Kademeli Yöntem

Çok basamaklı alanlarda konumlanmış bir yapıya sahip olan firmalar envanter yönetimi için çok kademeli yöntemi kullanırlar. Bu yöntem öncelikli olarak nihai müşterilere karşı hizmet taahhütlerini yerine getirirken aynı zamanda bütün kademelerin (depo ve dağıtım merkezleri) her birinde toplam envanter miktarını minimize etmeyi amaçlar. Asıl ilgi odağı envanter olsa da taşıma ve depolama işlem harcamaları da dikkatli bir şekilde kontrol edilir. Çünkü taşıma ve depolama maliyet faktörleri de optimizasyonda yer alır. Sıralı ve İDP yöntemleri bir kademenin envanter miktarının diğer kademe üzerindeki etkisini göz önüne almadan her bir kademeyi ayrı bir problem olarak ele alır. Çok kademeli yöntemde talep tahminleri

veya envanter bütünlüme kararları her kademe için sıralı alt işlemler yerine firma seviyesinde tek bir optimizasyon işlemiyle belirlenir. Çok kademeli yöntem aşağıdaki hususları sağlamalıdır.

- Her kademe çoklu bağımsız talep güncellemelerinden kaçınılmalıdır: Dağıtım merkezlerinde ki öncelikli müşteri talep emareleri ve diğer bilgiler bütün kademelerdeki tahminleri etkiler ve yönlendirir. Çok kademeli yöntem aşağı yöndeki acil müşteri taleplerine olan güven ve bağımlılığı ortadan kaldırır.

- Bütün hizmet süreleri ve hizmet sürelerindeki değişimler dikkate alınmalıdır: Her kademe ki bütünlüme kararlarında, sadece acil o anki tedarikçilerin değil bütün yukarı yönlü tedarikçilerin hizmet süreleri ve hizmet sürelerindeki değişimler hesaba katılmalıdır.

- Kamçı etkisi izlenmeli ve yönetilmelidir: Firmalar talep dalgalanmalarını ve muhtemel düzenleyici tedbirler için gerçek sebepleri belirleyebilmelidirler.

- Talep zincirinde aşağı ve yukarı yönlü görünürlük sağlanmalıdır: Her kademe diğer kademelerin envanter durumlarının görünürlüğünden ve bilgi edinilmesinden yararlanır. Bu durum dağıtım merkezlerinde eksiklik riskini ortadan kaldırırken, depoların dağıtım merkezlerindeki envanter miktarı hakkında bilgi sahibi olmaları talep gereksinimlerinin belirlenmesine ve planlanmasına olanak sağlar.

- Sipariş stratejileri senkronize edilmelidir: Dağıtım merkezlerindeki sipariş dönüşümlerini depolardaki işlemler ile senkronize hale getirmek, dağıtım merkezleri ile depolar arasındaki hizmet süreleri ve hizmet sürelerinin değişimini azaltır. Çok kademeli modeller farklı senkronizasyon stratejilerinin her iki kademe üzerindeki etkilerini değerlendirirler.

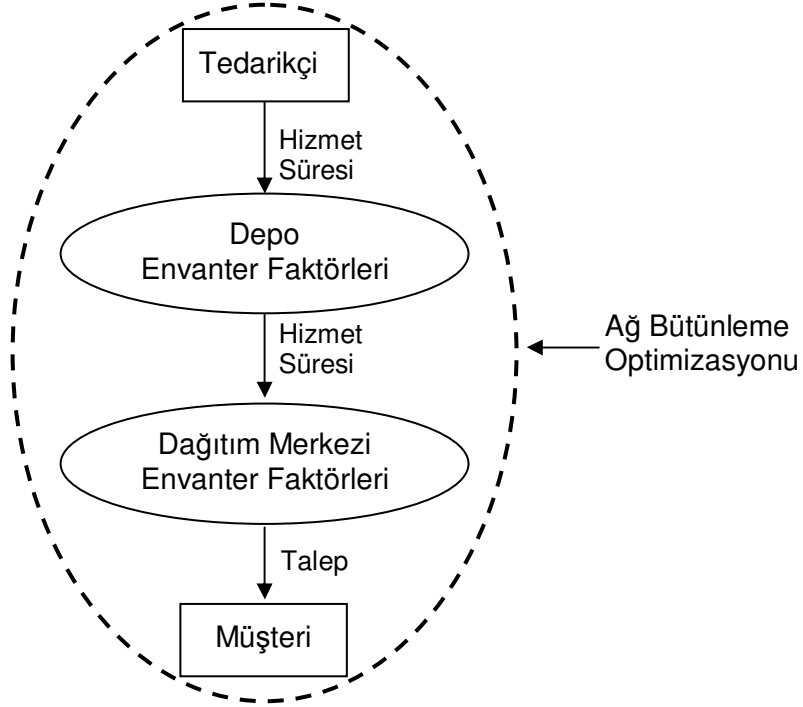
- Farklılaştırılmış hizmet seviyeleri önerilmelidir: Depolar aynı ürün için farklı dağıtım merkezlerine farklı hizmet seviyeleri sağlayabilirler. Firmanın, ürünün depoya ne zaman ve nasıl girip çıktığını kontrol etmesinden dolayı, çok kademeli yöntem bunu olanaklı hale getirir.

- Bir kademeden diğer kademedeki alternatif bütünlüme stratejilerinin karşılıklı etkileri doğru modellenmelidir: Alternatif stratejiler, farklı bütünlüme değerlendirme sıklığı, sipariş ikmal stratejileri, hizmet seviyesi amaçları ve stok muhafaza ünitelerinde katmanlaşmayı içerir.²³

²³ Lee, s. 5

Şekil 14'de her iki kademede bütün envanter faktörlerinin, doğru bir şekilde ağ envanter optimizasyonunu gerçekleştirebilmek için depo ve dağıtım merkezi kararlarına nasıl ayrıştırıldığı görülmektedir.

ŞEKİL 14: Çok Kademeli Yöntem



Kaynak: Lee, 2006, s. 10

Çok kademeli yöntem ile geleneksel İDP yöntemi arasındaki en önemli farklılık çok kademeli yöntemin İDP'da olduğu gibi sadece tek bir kademedeki değişkenliği değil tedarik zinciri boyunca bütün değişkenliğin nedenlerini dikkate alarak değerlendirmesidir. Çok kademeli yöntemin sağladığı faydalar Malzeme İhtiyaç Planlaması, İhtiyaç Dağıtım planlaması veya geleneksel deterministik İleri Planlama Sistemlerinden önemli farklılıklar gösterir. Çok kademeli yöntem, envanter miktarını %20-30 seviyelerinde azaltırken hizmet seviyesini artırır. Bu yöntemi uygulayan firmalar envanter yatırımlarını artırmaksızın müşterilerine daha kısa sürede hizmet sağlayabilirler. Çünkü çok kademeli envanter optimizasyonu envanterin bütün finansal ve işlemsel boyutlarını dikkate alır, hizmet maliyetlerinin değerlendirilmesine olanak sağlar ve finansal kazancı maksimize eder.

TABLO 4: Yöntemlerin Mukayesesi

Faaliyet Alanları	Sıralı Yöntem	İDP Yöntemi	Çok Kademeli Yöntem
Optimizasyon Hedefi	Minimum envanter ile acil, o anki müşteri hizmet hedeflerinin sağlanması, ağ için alt optimal	Amaç optimizasyon olmayıp bütünleme ihtiyaçlarını belirlemek için yukarı yönlü ihtiyaçları karşılamak.	Minimum envanter ile nihai müşteri hizmet hedeflerinin sağlanması.
Talep Tahmini	Her bir kademedeki bağımsız talepler mevcut müşteri taleplerini esas alır.	Geçişli talepler veya değişkenlikleri konusunda ölçüm yapılmayan, öngörülen siparişlerden yararlanılır.	Tahminler en alt seviyedeki kademenin öncelikli talep emarelerini ve diğer bilgileri baz alır, aynı zamanda talep değişimi tahmin edilir.
Hizmet Süresi	O anki tedarikçilerin hizmet süreleri ve hizmet süresi değişimleri kullanılır.	O anki tedarikçilerin hizmet süreleri kullanılır ve hizmet süresi değişimleri ihmal edilir.	Bütün hizmet süreleri ve yukarı yönlü tedarikçilerin hizmet süresi değişimleri kullanılır.
Kamçı Etkisi	İhmal edilmiştir.	İhmal edilmiştir.	Etkiler toplam bütünleme stratejileri için ölçümlenir ve değerlendirilir.

Ağ Görünürlüğü	Mevcut aşağı yönlü müşteri talepleri ve yukarı yönlü tedarikçi hizmet süreleri ağın belirli bir bölümüyle değerlendirilir.	Aşağı yönlü kısıtlı görünürlük var iken, yukarı doğru görünürlük yoktur.	Bütün kademeler diğer kademelerle ilgili komple görünürlüğe sahiptir, bu görünürlükten bütünleme mantığında istifade edilir.
Kademeler Arası Sipariş Senkronizasyonu	İhmal edilmiştir.	Belki, muhtemelen olumsuz.	Ağdaki gereksiz gecikmeleri azaltmak üzere tamamen modellenmiştir.
Farklılaştırılmış Müşteri Hizmetleri	Mümkün değil.	Mümkün değil.	Üst kademelerden alt kademelere olan siparişler tamamen kontrol edilebildiğinden gerçekleştirilebilir, grup envanterinden yararlanan tahsis planları kullanılabilir.
Kademeler Arası Maliyet Etkisi	Mümkün değil	Mümkün değil	Tamamen modellenmiş olmasından dolayı doğru bir ağ optimizasyonu sağlanabilir.

Kaynak: Lee, 2006, s. 10

Çok kademeli dağıtım ağı, taşıma, depolama ve kullanım maliyetlerindeki artışı dengelemek üzere firmaların uygulaması gereken envanter optimizasyonu için pek çok fırsatlar sağlar. Bu tasarruf ve kazançları sağlamanın yolu envanter yönetiminde çok kademeli stratejilerden istifade etmektir. Envanter faktörlerinin çokluğu ve kademeler arasında envanter faktörlerinin etkileşiminin

modellenmesindeki karmaşıklıktan ötürü çok kademeli strateji uygulaması kolay bir işlem değildir. Ancak edinilen kazanımlar harcanan çabayı karşılamakta, daha az envanter miktarı ile daha iyi müşteri hizmeti sağlanmaktadır. Çok kademeli envanter yöntemi envanter yönetimindeki en son kazan kazan stratejisidir.

Çok kademeli envanter yönetimini uygulayan firmalar, daha önce uyguladıkları envanter yönetimini sınırlı bir alanda uygulanabilir ve tedarik zincirleri boyunca talep, ikmal yeterliliği ve değişimler için yeterli bulmamaktadırlar. Bu firmalar daha önceleri uyguladıkları yöntemlerin kendilerine yanlış ürünleri, yanlış yer ve miktarlarda bulundurduğunu fark etmişlerdir. Çok kademeli yöntemler; yalın üretim ortamlarında genellikle yüksek toplam envanter maliyeti oluşturan uzun hizmet sürelerine ve gecikmelere yol açan bazı bileşenler için çok az yukarı yönlü veya işlem envanteri bulundurulduğunu ortaya koymaktadır. Bazı bileşen ve ürünler tam zamanında bütünlenirken, diğerlerinin stoklardan çekildiği melez tedarik zincirine sahip firmalar, itme-çekme sınırlarının yeniden tanımlanmasına ihtiyaç olduğunu fark etmişlerdir.²⁴

Aşağıda görülen çok kademeli dağıtım ikmal sistemi ele alındığında her kademe yer alan basamaklar kendisinden önceki basamağın müşterisi kendisinden sonraki basamağın ise tedarikçisi konumundadır. Bu şekilde yapılmış olan bir çok kademeli dağıtım ikmal sistemi için iyi bir bütünleme politikasının şu özelliklere sahip olması gerekir.

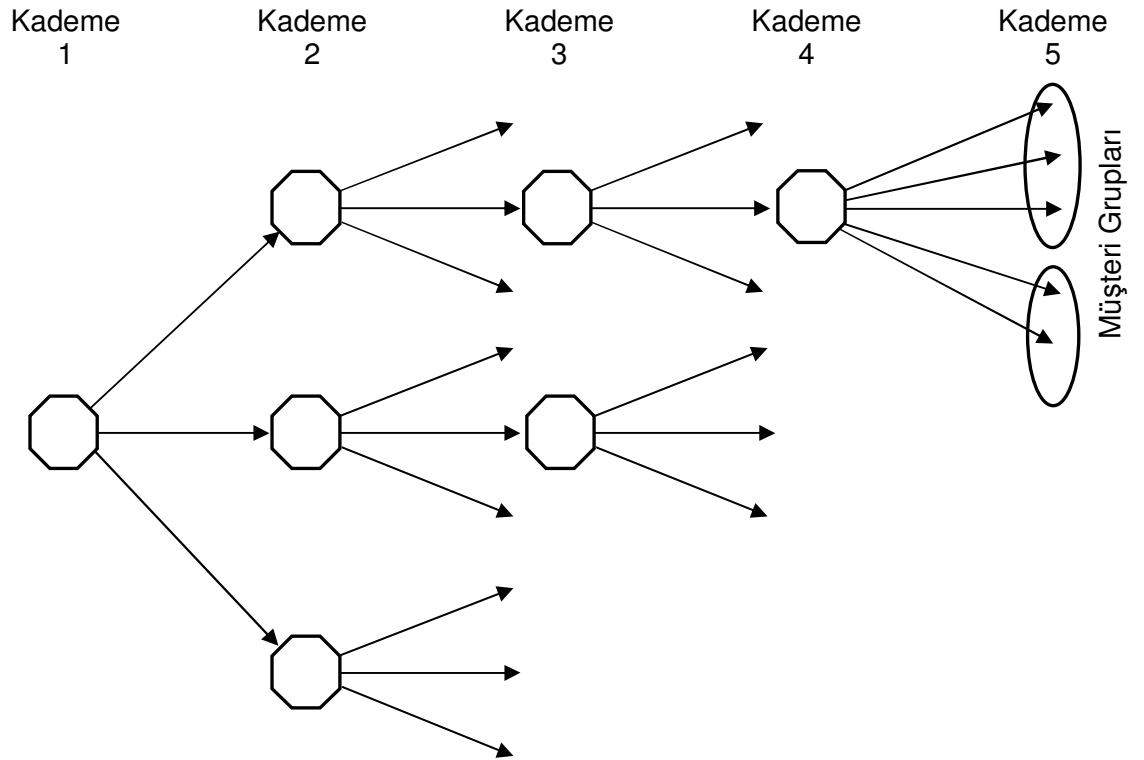
- Kademelerde bulunan bütün basamaklar gruplara ayrılır, aynı grupta bulunan bütün basamaklar aynı tedarikçiye eş zamanlı olarak sipariş verirler.
- Bir basamak bütünleme siparişi aldığı anda, alındı bilgileri müşterilerden en az birisinin bütünleme sipariş iletişi ile teyit edilmelidir. Diğer bir ifadeyle, bir kademedeki herhangi bir bütünleme siparişinin bir kısmı bir sonraki kademeye sevk edilmelidir.
- Eğer bir müşteri tedarikçisinden daha az sıklıkla bütünleme gerçekleştirirse, tedarikçinin bütünleme sıklığı müşterinin bütünleme sıklığının tam katı olmalı ve her iki kademedeki bütünlemeler sevkiyatı kolaylaştırmak üzere eş zamanlı olarak gerçekleştirilmelidir. Bir başka ifadeyle tedarikçi kendisinden daha az sıklıkla yeniden sipariş veren müşterinin bütün siparişlerini karşılamalıdır.

²⁴ Aberdeen Group Inc.,

- Eğer bir müşteri tedarikçisinden daha fazla sıklıkla bütünleme gerçekleştirirse, müşterinin bütünleme sıklığı tedarikçinin bütünleme sıklığının tam katı olmalı ve her iki kademedeki bütünlemeler sevkiyatı kolaylaştırmak üzere eş zamanlı olarak gerçekleştirilmelidir. Bir başka deyişle tedarikçi kendisinden daha fazla sıklıkla sipariş veren müşteriye tam sayı olan her a sevkiyatından birisini karşılamalıdır.

Yeniden siparişin bağıl sıklığı, hazırlık maliyeti, bulundurma maliyeti ve farklı basamaklardan gelen talep miktarına bağlıdır. Çok kademeli ikmal zincirinde bütünleme siparişleri, sipariş maliyetlerini azaltmak ve ikmal çevrimini sağlamak üzere eş zamanlı olarak gerçekleştirilmelidir. Her bir kademe daha az sıklıkla sipariş veren müşteri siparişlerini koordine etmeli ve bu tür siparişlerin tamamını karşılamalıdır. Daha sıklıkla sipariş veren müşterilerin bazı siparişleri de karşılanmalıdır.

ŞEKİL 15: Çok Kademeli Dağıtım İkmal Sistemi



4.2 Çok Kademeli Ağlarda Kamçı Etkisi

Kamçı etkisi tek kademeli durumlarda görülebiliyor olmasına rağmen genellikle firmanın kontrolünü devre dışı bırakır. Bu durum çok kademeli ağlarda geçerli değildir, bu durumlarda firma kamçı etkisini düşünerek dikkate almalı ve gerekli yönetimi sağlamalıdır. Kamçı etkisi talep işaretlerinin değerlendirilmesinde, siparişlerin hazırlanmasında, fiyat değişimlerine gösterilen reaksiyonlarda ve eksiklik riskinde bağımsız rasyonel kararlardan kaynaklanır. Sıralı yöntem, farklı kademelerde çoklu bağımsız talep tahminlerinden yararlanması neticesinde kamçı etkisine maruz kalır. Sıralı ve İDP yöntemleri, yukarı ve aşağı yöndeki talep tahminlerindeki belirsizliklerden ötürü, müşteri hizmet hedeflerinin sağlanabilmesi için envanter stoğu oluştururlar. Çok kademeli ağ, kamçı etkisini doğru bir şekilde değerlendirmek için fırsatlar, asıl sebeplerinin belirlenebilmesi ve talep zinciri performansı üzerindeki etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmak için imkanlar sağlar. Bu fırsat ve imkanlardan yararlanmamak kamçı etkisinin, tahmin doğruluğunun hassasiyetini azaltmasına , envanter artışına, işlem maliyetlerinin yükselmesine ve müşteri hizmet seviyelerinin düşüşüne neden olur.

BEŞİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

5.1 Lojistik Karar

Lojistik faaliyetler birkaç farklı yönetime uygun olarak gruplandırılarak tasnif edilebilir. Çeşitli sınıflandırmalarda farklılıkların çoğu firmanın farklı fonksiyonel bölümleri arasında arayüzler oluşturan lojistik ve üretim, pazarlama ve finans gibi faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Lojistik konusunda çalışmalarda bulunan yazar ve otoriteler temel lojistik faaliyetleri tanımlarken, gruplandırırken ve aktarırken farklı yaklaşımlar benimsemiş ve farklı çerçeveler geliştirmiş olmalarına rağmen hepsi aynı temel lojistik kararları işaret etmişlerdir. Bu lojistik kararlar müşteri hizmet seviyelerini ve ağ tasarımını içeren uzun dönemli stratejik kararlardan, günlük araç rotalaması gibi kısa dönemli taktik veya operasyonel kararlara kadar geniş bir yelpazede yer alırlar.

Lojistik kararlar çeşitli kriterleri esas alan farklı boyutlarda gruplandırılabilirler. Stratejik, taktik veya operasyonel seviye gibi yaygın gruplandırma yöntemleri, alınacak kararlarla ilgili olarak zaman sınırlaması, kaynak ihtiyacı veya yönetimsel sorumluluk seviyesi gibi kriterlerden birini veya birkaçını esas alarak gerçekleştirilir. Bu kriterler genellikle birbiriyle ilişkilidir. Örneğin stratejik kararlar genellikle önemli kaynaklar gerektiren uzun dönemli konuları işaret ederler ve firmada üst seviyelerde alınırlar. Gerçekte kararların sınırları zaman sınırlaması, kaynak ihtiyaçları ve yönetimsel sorumluluk boyutlarında sürekli olarak daha iyi değerlendirilebilmelerine rağmen tanımlama kolaylığı yönünden bu kararlar genellikle farklı kategorilere ayrıştırılırlar. Stratejik planlama, ağ ve operasyonel seviyeleri içerecek tarzda üç bölümden oluşan karar hiyerarşisi tanımlanabilir. Tablo 5'de hiyerarşinin her bir seviyesindeki karar kategorileri görülmektedir.

TABLO 5: Lojistik Karar Kategorileri

Stratejik Planlama Seviyesi
Ağ Seviyesi Fiziki Tesis Ağı İletişim ve Bilgi Ağı
Operasyonel Seviye Talep Tahmini Envanter Yönetimi Üretim Tedarik ve İkmal Yönetimi Taşımacılık Ambalajlama Malzeme Elleçleme Depolama Sipariş İşleme

Kaynak: Andre, Campell, 2007, s. 8

5.1.1 Stratejik Planlama Seviyesi Kararlar

Stratejik planlama seviyesi üst seviye lojistik kararları içerir. Bu tür kararlar lojistiğin ötesinde fonksiyonel faaliyet alanlarını kapsar. Bu seviyede önemli lojistik kararlar performans hedefleri, dikey entegrasyonun derecesi ve dış kaynak kullanımıyla ilgilidir. Temel stratejik kararlardan biri müşteri hizmetlerinin ve ilgili ölçütlerin tanımlanmasıdır. Bu işlem lojistik için en önemli ve alâkalı müşteri hizmetleri bileşenlerinin belirlenmesini ve tam olarak neyin, nasıl ölçüleceğinin tanımlanmasını içerir. Bu karar firma misyonu, stratejileri, müşteri beklentileri, rekabet ortamı, finansal kaynakların uygunluk derecesi ile fiziksel bilgi ve iletişim yönünden mevcut lojistik sistem bilgilerine ihtiyaç duyar. Finansal kaynakların uygunluğu ve mevcut lojistik sistem hakkındaki bilgiler, alınacak olan her türlü lojistik kararlarla ilişkilidir. Müşteri hizmetlerinin tanımlanmasıyla ilgili bir diğer karar müşteri hizmetleri hedeflerinin belirlenmesidir.

Diğer temel stratejik seviye kararları tedarik zinciri içerisindeki dikey entegrasyonun derecesi ve dış kaynak kullanımıyla ilgilidir. Dikey entegrasyonla ilgili kararlar entegrasyonun yapısı gereği müşterilere veya tedarikçilere doğru entegrasyonun yönünü ve faaliyetler, bölümler veya bileşenleri yönüyle entegrasyonun kapsamını içerir. Dış kaynak kullanımıyla ilgili kararlar taşımacılık, dağıtım, depolama, sipariş işlemi gibi faaliyetlerin hangilerinin lojistik firmalar kanalıyla sağlanacağı ve dış kaynak kullanım antlaşmalarının kapsamının nelerden oluşacağı belirlenmesini içerir. Bu kararlar yukarıda tanımlanan müşteri hizmet hedefleri, finansal kaynakların uygunluğu, iş gücü, malzeme ve üretim ile dağıtım yeteneği de dahil olmak üzere teçhizat imkanları ve müşteri hizmetlerinin tanımlanabilmesi için ihtiyaç duyulan ilave bilgilere dayanır.

Firmanın bütün ekonomik hedeflerinin ve stratejilerinin, sunulan ürün ve hizmet çeşitliliğinin, bölgesel, milli, çok uluslu ve global olmak üzere coğrafi üretim, pazarlama ve dağıtımın, pazarlama ile bilgi yönetim hedeflerinin ve elektronik ticareti kapsayan stratejilerin belirlenmesi gibi stratejik seviyede lojistiği etkileyen çeşitli kararlar mevcuttur.

5.1.2 Ağ Seviyesi Kararlar

Ağ seviyesi lojistik kararlar fiziki tesis ağı, iletişim ve bilgi ağı olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Bunlar genellikle uzun dönemli ve önemli ölçüde harcamalar gerektiren yapısal kararlardır. Her bir karar alternatifinin maliyeti karara bir girdi olarak kullanıldığından maliyetin kendisi açık olarak yer almaz. Fiziki tesis ağı ile iletişim ve bilgi ağında kararlar ileri ve tersine yönlü olmak üzere gerçekleştirilir.

Fiziki tesis ağı ile ilgili önemli kararlardan biri fiziki tesis ağı stratejisinin belirlenmesidir. Bu karar bütün firmayı veya hiyerarşinin derecesi, kademelerin sayısı, merkezleşmenin veya ademi merkezi yönetimin derecesi gibi ağın yapısını açık olarak belirlemekle birlikte müşteri hizmet hedefleriyle ilgili daha önceki kararlara, stratejik planlama seviyesindeki dikey entegrasyon ve dış kaynak kullanım derecesine, mevcut ve potansiyel tedarikçiler, müşteriler ve pazarlar hakkında ilave bilgileri esas alır.²⁵

²⁵ Diane Riopel Andre, Langevin James F. Campbell, **The Network Of Logistics Decision**, Springer, 2007, ss. 10-14

Fiziki tesis ağ tasarımı, ağ stratejisi tanımlandıktan sonra belirlenmelidir. Tesis ağı ile ilgili birkaç önemli kararı şu şekilde sıralayabiliriz: Depolar, terminaller ve dağıtım merkezleri gibi tesislerin türü ve sayısı, her bir tesisin büyüklüğü ve konumu, her bir tesisten sağlanan faaliyet ve hizmetler, yeni veya mevcut tesislerin kullanılıp kullanılmayacağı. İlave kararlar tesisler arası bağlantılara açıklık getirir, bu kararların hepsi bir birine bağımlı olduklarından münferit olarak alınamazlar. Bu kararlar alınırken, ağ stratejisi, müşteri hizmetleri, dikey entegrasyon, mevcut lojistik sistem, rekabet ortamı, kaynakların uygunluğu ve kısıtlamaları gibi dış kaynak kullanım kararlarına ilave olarak iş gücü ve destek hizmetlerinin yetenek ve kapasiteleri, taşıma olanakları, devlet teşvikleri, toplumsal tutum ve yaklaşım, çevresel ve bölgesel düzenlemeler, faydalar ve vergiler gibi çeşitli ilave bilgilere ihtiyaç duyulur.

İletişim ve bilgi ağındaki kararlar tedarik zinciri boyunca iletişim ve bilgi paylaşımı için etkin bir sistem oluşturulmasını ve muhafazasını belirler. Fiziki tesis ağının tasarımına benzer şekilde, iletişim ve bilgi ağı tasarımı ağ organizasyonu ve yapısını belirlemek üzere iletişim ve bilgi ağı stratejisine dayanır. İletişim ve bilgi ağı strateji kararları bilgi yönetimi ve işlemlerinde merkezileşmenin derecesini, uygulamalardaki gelişimin konumunu, sistem entegrasyonunun derecesini, kurumsal kaynak planlamasını ve elektronik ticareti kapsar. Diğer önemli iletişim ve bilgi ağı strateji kararları donanım, yazılım, işletim sistemi, gelişim ortamı, tedarikçiler için standardizasyonun derecesiyle ilgilidir. Bu iletişim ve bilgi ağı strateji kararları müşteri hizmet hedefleri, dikey entegrasyon ve dış kaynak kullanımının derecesi ve fiziki tesis ağ stratejisiyle birlikte firmanın mevcut iletişim ve bilgi sistemleri hakkında ilave bilgiler, mevcut ve potansiyel tedarikçiler ve müşterilerle ilgili önceki kararlara bağımlıdır.

Bilgi ve iletişim ağ tasarımı ağ mimarisi ve kapasitesi hakkında kararlara ihtiyaç duyar. Diğer konular kullanılacak olan bilgi teknolojilerinin olanakları, donanım, yazılım ve tedarikçi seçim kararlarıdır. Bu kararlar önceki iletişim ve bilgi ağı stratejisi, ağ tasarım kararlarıyla birlikte telekomunikasyon düzenlemelerini içeren ilave bilgilerin çeşitliliğine dayanır.

5.1.3 Operasyonel Seviye Kararları

Operasyonel seviye kararları, ağ seviyesi ve stratejik planlama seviyesi kararlarından daha kısa dönemli ve daha dar kapsamlıdır. Bu kararlar, talep tahmini, envanter yönetimi, üretim, tedarik ve ikmal yönetimi, taşımacılık, ambalajlama, malzeme elleçleme, depolama ve sipariş işleminden oluşan temel lojistik faaliyetlere karşılık olarak dokuz gruba ayrılabilir. Önemli olan husus bu kararların neler olduğunun belirlenmesi ve aralarındaki ilişkilerin tespit edilmesidir.

5.1.3.1 Talep Tahmini: Kısa ve uzun dönemli talep tahminleri pek çok lojistik planlama işlemi için temel teşkil eden önemli faaliyetlerdir. Temel tahmin kararları; gelecekteki taleplerin büyüklüğü, zamanlaması ve konumlarıdır. Mevcut ürünler ve pazarlar için bunlar kantitatif modeller yardımıyla alınan sıradan kararlar olabilirler. Yeni ürünler, pazarlar ve uzun zaman dönemleri için daha kalitatif yöntemler uygun olabilir. Bu kararlar öncelikle istatistiki satış, talep yansımaları, mevcut ve gelecekteki çevresel ve ekonomik perspektif ve pazarlama strateji bilgileri ışığında alınır.

5.1.3.2 Envanter Yönetimi: Pek çok envanter kararı diğer lojistik kararlara bağımlı olmaları ve onları etkilemelerinden dolayı envanter yönetimi lojistikte merkezi bir öneme sahiptir. Merkezileşmenin derecesi, itme veya çekme gibi envanter yönetim stratejisi müşteri hizmet hedefleri, iletişim ve bilgi ağı ile sağlanan uygun verilerin kullanılabilirliğine ilaveten ürünlerin ve taleplerin temel yapısına bağılıdır. Envanter kalemlerinin bağıl önemi kalemlerin yapısına ilaveten kalem değerleri ve istatistiki satış verilerini kendi başlarına etkileyebilen tedarikçilerle ilgili önceki kararlara bağılıdır. Ekonomik sipariş miktarı, kanban ve benzeri kalitatif yöntemler gibi envanter kontrol yöntemleri sırasıyla kalemlerin bağıl önemine ilaveten yapılarına ve talep yapısına bağılıdır. Hedeflenen envanter seviyesi; hedeflenen müşteri hizmet seviyesi, gelecekteki taleplerin büyüklüğü, tedarikçi seçimi, üretim süreç ve işleminin özellikleri ile stokların bütünlenmesindeki gecikmelerden elde edilir. Sonuç olarak; emniyet stoğu kararları hedeflenen envanter seviyesi, envanter kalemlerinin değeri ve bütünlemelerdeki gecikmelerle ilgili alınan önceki kararlara bağılıdır.²⁶

²⁶ Andre, Campell, s. 16

5.1.3.3 Üretim: Bir kaç üretim kararı lojistikte önemli rol oynar. Ürün rotalama, işin nerede tamamlanacağını belirler ve bu ürünlerin özelliklerine, üretim teçhizat ve personeline bağlıdır. Üretim tesislerinin yerleşimi ve düzeni daha önce belirlenmiş olan müşteri hizmet hedeflerine, her bir tesisten gerçekleştirilen faaliyetlere ve sağlanan hizmetlere, ürün rotalamaya, üretim teçhizatlarına ve personel özelliklerine bağlıdır. Ana üretim çizelgesi her bir ürün için bir üretim planı olup ve genellikle bir araya getirilmiş toplam bir üst seviye üretim planından elde edilir. Bu çizelge mevcut envanter seviyesi ile üretim ve envanter için uygun kapasiteye dayanır. Ana üretim çizelgesi ürün rotalama ve tesis düzenine bağlı olan detaylı üretim çizelgelemesini yönlendirir.

5.1.3.4 Tedarik ve İkmal Yönetimi: Tedarik ve ikmal yönetimindeki temel lojistik kararlar ham maddelerin, parçaların, bileşenlerin, ürünlerin, ikmal maddelerinin, teçhizat ve benzeri ihtiyaçların temininin nasıl gerçekleştirileceğini içerir. Tedarik edilecek her bir ürün veya bileşen için satın alma veya alt kontrat (taşeronluk) gibi onun en iyi nasıl temin edileceğinin tedarik yöntemi kararı vardır. Bu karar müşteri hizmet hedeflerine, fiziki tesis ağ tasarımına, maliyetlere, finansman, personel, tesis ve teçhizat gibi kaynakların uygunluğuna, pazardaki ürünlere, karşılaşılabilecek riskin yapısına ve büyüklüğüne bağlıdır. Sınırlar dahilindeki seçenekler arasından tedarik edilecek her bir ürün, bileşen ve ham maddenin nitelikleri belirlenmelidir. Satın alınarak veya alt kontratla tedarik edilen bütün mal ve hizmetler için tedarikçiler belirlenmeli ve bir yakınlık tesis edilmelidir. Bu, fiziki tesis ağ tasarımına, envanter yönetim stratejisine, tedarik edilen malların niteliklerine, tedarikçilerin performans ve yetenekleriyle ilgili edinilen bilgi miktarına, ürünlerin özelliklerine, satın alma politikalarına ve taşıma seçeneklerine bağlıdır. Daha detaylı seviyede sipariş aralıkları ve miktarları mutlaka belirlenmelidir. Bunlar kendi aralarında ilişkili ve ana üretim çizelgesine, seçilen tedarikçilere ve iskonto olanaklarına bağlıdır. Sonuç olarak, tedarik edilecek olan malzemelerin tatminkarlığından emin olabilmek için bir dizi kalite kontrol kararlarına gereksinim vardır. Bu kararlar tedarikçilere ve ürün özelliklerine bağlıdır.

5.1.3.5 Taşımacılık: İçeri ve dışarı yönlü hareketleri kapsayan sekiz temel taşımacılık kararı vardır. Taşıma modu seçim kararı müşteri hizmet hedefleri, mevcut tesis ağı, taşımacılık bağlantıları ve ana üretim çizelgesiyle ilgili daha önceki kararlara dayanır. Uygun taşıma modları, ürün özellikleri, standartlar ve

düzenlemelerle ilgili ilave bilgilere de ihtiyaç duyulur. Uygun taşıma modu belirlendiğinde kamu veya özel taşıma yetenekleri gibi taşıma türleri ve taşıyıcıların kendileri belirlenmelidir. Taşıyıcı türü kararı taşıma modları, üretim çizelgelemesi, satışlar hakkında istatistiki veriler, yetenekleri, performansları ve maliyetleri gibi taşıyıcılar hakkındaki bilgiler, ürün özellikleri, standartlar ve düzenlemelerle ilgili daha önce alınmış olan kararlara bağlıdır. Taşıyıcı seçim kararı, taşıyıcıların performans ve yetenekleri hakkındaki detaylı bilgilere ilave olarak taşıyıcı türü kararına dayanır. Birleşmenin derecesi ölçek ekonomisinden istifade ve toplam maliyeti optimize etmek amacıyla belirlenir. Bu işlem daha önceki fiziki tesis ağı, sipariş aralıkları ve miktarları, taşıyıcı türleri, ürün özellikleri, müşterilerin talep ve konumlarıyla ilgili kararlara bağlıdır.

Taşıma filosu oluşturma kararı filoyu oluşturacak farklı modlardaki araçların miktarını belirler. Bu karar birleştirmenin derecesi, taşıyıcıların türleri, talep tahminleriyle ilgili önceki kararlara, ürünlerin özelliklerine ve uygun taşıma filosu seçenekleriyle ilgili geniş çaplı verilere dayanır. Müşterilerin araçlara atanması, araç rotalama ve çizelgeleme ile araç yükleme planları birbirleriyle yakinen ilişkilidir. Bu kararlar her bir aracın ne zaman nereye gideceğini ve ne taşıyacağını belirler. Bu işlemler daha önce tanımlanmış olan fiziki tesis ağına, taşıma filosu oluşumuna, ürün ambalajlanmasına, ürün özelliklerine, kabul ve gönderme rıhtımlarına ulaşım imkanlarına, müşterilerin konum ve talepleri ile zamana bağlıdır. Yükleme planları güvenli taşımacılığa ve bütün ürünlerin randımanlı bir şekilde elleçlenmesine olanak sağlamalıdır.

5.1.3.6 Ürün Ambalajlama: Ürün ambalajlaması lojistik faaliyetler içerisinde taşımacılık ve envanter yönetimi gibi faaliyetlerden daha az önem verilen bir faaliyet sahasıdır. Ancak, ambalajlama lojistiğın ekonomik ve çevresel yönlerini büyük oranda etkilemektedir. Ambalajlama ile sağlanan koruma seviyesi, taşıma modları, malzeme elleçleme teçhizatının türü ve hedeflenen envanter seviyesi ile ilgili daha önce alınan kararlara bağımlıdır. Koruma seviyesinin belirlenmesinde aynı zamanda ürünün değeri, hava ve diğer ürünlerle rekabet edebilirlik gibi çevresel koşullar, ilgili standart ve düzenlemeler, ürün özellikleri ve depolama süresiyle ilgili bilgilere ihtiyaç duyulur. Aynı zamanda tüketiciler ve lojistik hizmet sağlayıcılar için ürün hakkında ambalajlamayla sağlanacak olan bilgilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bilgiler ürün özelliklerine, müşteri ihtiyaçları ile tehlikeli ve toksit

malzemelerle ilgili uygulanabilir düzenlemelere dayanır. Ambalajlamayla sağlanan bilgilerin iletilmesinde kullanılan ambalaj üzerine yapıştırılan etiketler, yazılar ve radyo frekans etiketleri gibi iletişim vasıtaları sağlanacak olan bilgilere ve iletişim seçeneklerine bağlıdır. Ambalajlama türü ve ambalaj tasarımı, ihtiyaç duyulan koruma seviyesi ve sağlanacak olan bilgi, ürün özellikleriyle ilgili ilave bilgiler, ambalaj malzemesi seçenekleri, müşteri istekleri, ambalajlama malzemelerinin yeniden kullanımı ve geri dönüşüm olanakları esas alınarak belirlenmelidir.

5.1.3.7 Malzeme Elleçleme: Malzeme elleçleme araçların yüklenmesi ve boşaltılmasına ilaveten tesislerin içerisine malzemelerin taşınmasıyla ilgilidir. Temel kararlardan biri birim yüklerin boyutlarının belirlenmesidir. Bu karar daha önceki ambalajlama tasarımı, üretim çizelgelemesi, sipariş aralık ve miktarları, envanter yönetim stratejisi, elleçlenecek olan malzeme özellikleri hakkındaki ilave bilgiler, üretim teçhizat ve personelinin nitelikleri ile müşteri ihtiyaçları konularında alınan kararlara ilişkilidir. Malzeme elleçleme teçhizat türünün belirlenmesi birim yüke, sipariş alma işlemlerine, üretim tesislerinin ve depoların yerleşimine ve malzeme elleçleme teçhizatının uygunluğuna bağlıdır. Elleçleme teçhizatının türü, üretim teçhizat ve personelinin nitelikleri ve uygun malzeme elleçleme teçhizat bilgileriyle birlikte, malzeme elleçleme teçhizat filosunun oluşturulmasına yardımcı olur. Malzeme elleçleme filosunun kontrolü, envanter yönetim stratejisine, üretim çizelgelemesine, malzeme elleçleme filosunun oluşturulmasına ve sipariş alma işlemlerine bağlıdır.

5.1.3.8 Depolama: Depolama işlemi ve fonksiyonları müşteri hizmet hedefleri, talebin yapısı ve ürün özelliklerine bağlıdır. Bu faaliyetin yerine getirilmesinde üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılardan yararlanma olanakları değerlendirilmelidir. Depo yerleşimi ve tasarımında deponun görev ve fonksiyonlarına, envanter yönetim stratejisine, hedeflenen envanter seviyesine, ambalaj tasarımına, malzeme elleçleme teçhizat türlerine ve çalışanların güvenliğini temin edecek uygulanabilir düzenlemeleri kapsayan ilave bilgilere ihtiyaç duyulur. Stokların bulunacağı konumlarla ilgili kararlar, her bir malzemenin deponun neresinde bulunacağını ve hangi depolama politikasına uygun olarak muhafaza edileceğini belirler. Bu kararlar daha önceki müşteri hizmet hedefleri, envanter malzemelerinin bağlı önem dereceleri, depo tasarımı ve yerleşimi ile depolanacak malzeme özellikleriyle ilgili alınan kararlara bağlıdır. Depoların malzeme kabul ve

gönderme sahalarının tasarımı özel ilgi gerektirir ve yararlanılacak taşıma modlarına, malzeme elleçleme filosunun terkinine, birim yüklere, depolama görev ve fonksiyonları ile ambalaj tasarımına bağlıdır. Yükleme ve boşaltma sahalarının belirlenmesinde rıhtımlarda elleçlenecek olan ürün özellikleriyle ilgili ilave bilgilerden, yükleme ve boşaltma sürelerinden ve çalışanların emniyetiyle ilgili kanunlardan da istifade edilir. Son olarak, depolama işlemleri için emniyet sistemleri belirlenmelidir. Bu belirleme işlemi depoların görev ve fonksiyonları, depo tasarım ve yerleşimi, kabul ve gönderme rıhtımlarının tasarımı ile ürün özelliklerine bağlıdır.

5.1.3.9 Sipariş İşleme: Sipariş işleme kararları; sipariş bilgilerinin alınması ve bölümler arası iletilmesini içerdiğinden iletişim ve bilgi sistemleriyle bağlantılıdır. Siparişlerin girilmesi ve iletilmesi işlemleri, iletişim ve bilgi ağı stratejisi, ağ tasarımı, müşteri talepleriyle ilgili ilave bilgiler, ürün yelpazesi ve konuyla ilgili personelin yeteneklerine bağlıdır. Sipariş alma işlemleri daha önce iletişim ve bilgi ağı stratejisi, stokların yerleri, birim yükler, malzeme elleçleme teçhizatı, ambalaj tasarımı, müşteri talepleriyle ilgili ilave bilgilere ve ürün yelpazesi konularında alınmış olan kararlara bağlıdır. Sipariş işlemini müteakiben alınan kararlar o siparişin başarıyla işlenmesini temin etmek üzere siparişin belirlenmesinden sonraki faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler ise fiziki tesis ağ tasarımına, iletişim ve bilgi ağı tasarımına ve müşteri taleplerine bağlıdır.

5.2 Karar Sıralaması Ve İlişkileri

Önceki kısımda Stratejik Planlama, Ağ ve Operasyonel seviyelerde 48 adet temel lojistik karar tanımlanmıştır. Her bir kararın alınabilmesi için öncel kararlarla birlikte ilave bilgilere ihtiyaç duyulduğu açıklanmıştır. Şekil 16'da öncelik ilişkilerini işaret eden oklarla birlikte 48 adet karar görülmektedir. Şekilde ki sayılar Tablo 6'da sıralanan karar numaralarını göstermektedir. Tablo 5'de görülen 12 kategoriyi tanımlamak amacıyla karar grupları kesikli çizgilerle çerçevelenmişlerdir. Bu şekil çeşitli kararları birbiriyle irtibatlandıran yönleri, her bir kararın yukarı yöndeki diğer kararlar tarafından nasıl etkilendiğini ve aşağı yöndeki çeşitli kararları ise nasıl etkilediğini gösteren, 98 adet ok içermektedir. Şekil 16 lojistik kararlar arasındaki karmaşık ilişkileri açıkça betimlemekte, aynı zamanda malzeme elleçleme, ürün ambalajlama, depolama ve sipariş işleme kategorilerinden 31, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42 ve 47 inci kararlardan oluşan 9 adet kararı içeren 8 adet karar çevrimi olduğunu

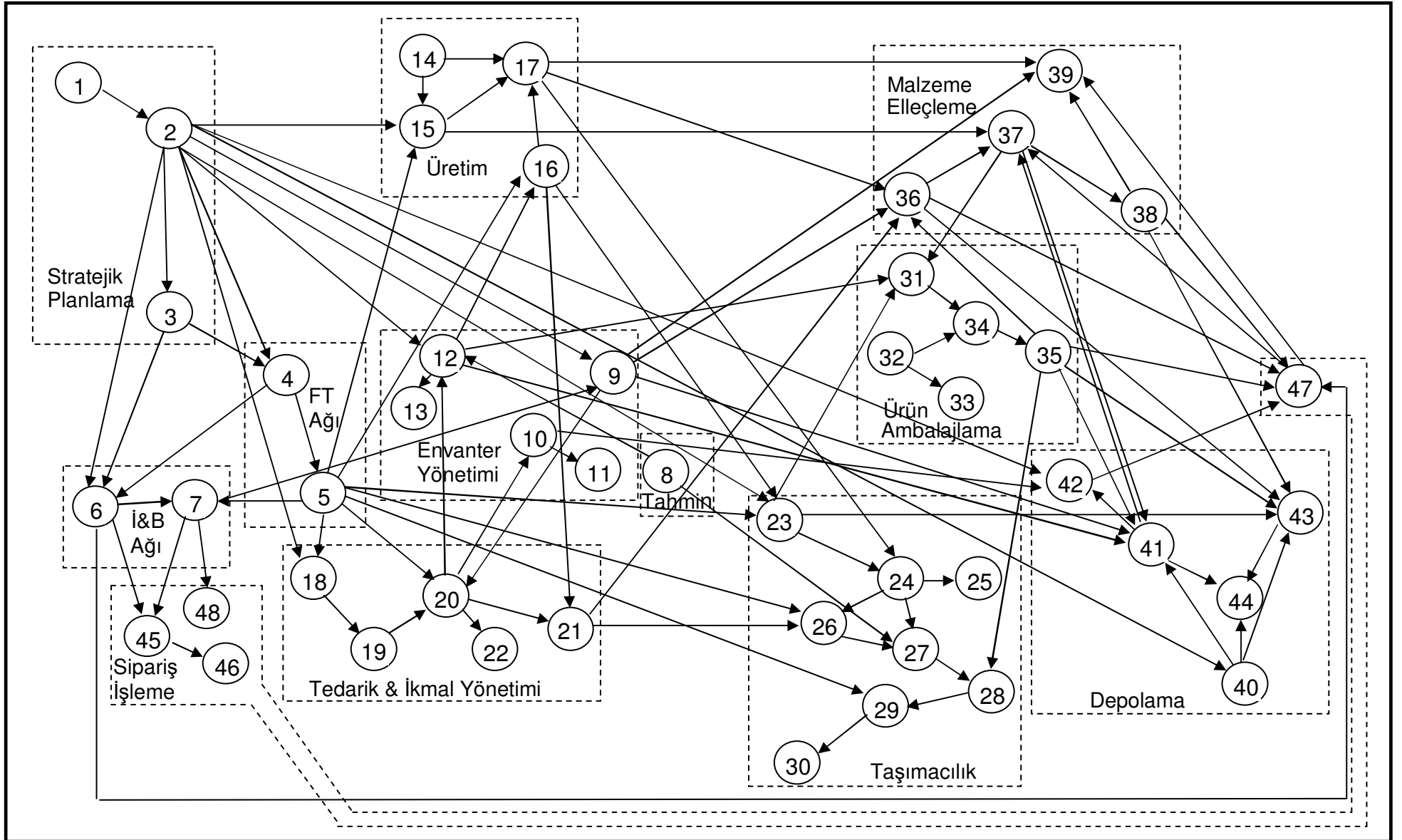
göstermektedir. Karar çevrimleri Şekil 17’de görülmektedir. Karar çevrimleri birbirine bağılılığı ve aynı zamanda karar verme ihtiyacını işaret etmektedir.

Tablo 7’de kararlar arasındaki bağlantılarla ilgili bazı bilgiler özetlenmiştir. Tablonun ilk iki sütunu karar kategorisini ve kararın sayısını göstermektedir. Üç ve dördüncü sütunlar, sırasıyla müteakip karar sayısını ve öncel karar sayısını göstermektedirler. Beşinci ve altıncı sütunlar, aşağı ve yukarı yöndeki toplam karar sayısını göstermektedir. Yedinci ve sekizinci sütunlar ise sırasıyla her bir karardan aşağı ve yukarı yönlü en uzun çevrimsiz yolun uzunluğunu göstermektedirler. Çevrimlerdeki, yukarı ve aşağı yönlü karar sayıları aynı olan dokuz farklı kararın sayıları koyu yazılmıştır. Tablo 7’de 5 ve 7 inci sütunlardaki büyük değerlerden anlaşıldığı üzere stratejik planlama seviye kararları (1-3 üncü kararlar) ve ağ tasarımı kararları (4-7 inci kararlar) operasyonel seviye kararlarının alınmasında son derece etkilidirler. En etkili karar, 43 adet aşağı yönlü karar ve 20 karardan (1-2-3-4-5-7-9-20-12-23-31-34-35-41-42-47-37-38-43-44) oluşan aşağı yönlü en uzun yola sahip, 1 numaralı müşteri hizmetlerinin tanımlanması kararıdır. Talep tahmini (8), ürün rotalama (14), ürünler ile sağlanacak bilgiler (32) ve bilgi vasıtaları (33) kararları, karar 1’den aşağı yönlü olmayan lojistik kararlardır. 1, 8, 14, ve 32 inci kararlar öncel kararı, 11, 13, 22, 25, 30, 33, 39, 44, 46 ve 48 inci kararlar ise ardıl kararı olmayan lojistik kararlardır. Genel olarak, aşağı yönlü karar sayıları fazla olan kararlar daha büyük etkiye, yukarı yönlü karar sayıları fazla olan kararlar ise kendilerini etkileyen daha fazla karara sahiptir.

Yukarı ve aşağı yönlü karar sayıları ile yukarı ve aşağı yönlü en uzun yol bilgilerinden kararların bağıl etkilerini değerlendirmekte, yakın etkiler ile uzak, geçişli etkileri birbirlerinden ayırt etmekte yararlanır. Kendilerinden sonra pek çok ardıl karara sahip olan (Dışarı sayı değeri büyük) kararlar, etkilerini daha çabuk ve geniş çaplı hissettirme eğilimindedirler. Öncel karar sayıları (İçeri sayı değeri büyük) fazla olan kararlar, pek çok farklı karardan sağlanan doğrudan girdilerin entegrasyonuna ihtiyaç duyarlar. Yol uzunluk bilgileri lojistik sistemlerde reaksiyon ve çeviklik konularını aydınlatır. Aşağı yönlü maksimum yolu uzun olan bir kararın değiştirilmesi, sonraki sıralı kararlar zinciri boyunca etkili bir şekilde yolunu çalıştırmak için geniş zamana ihtiyaç duyulabilir.²⁷

²⁷ Andre, Campell, s. 17

ŞEKİL 16: Kararlar Arası Öncelik İlişkileri

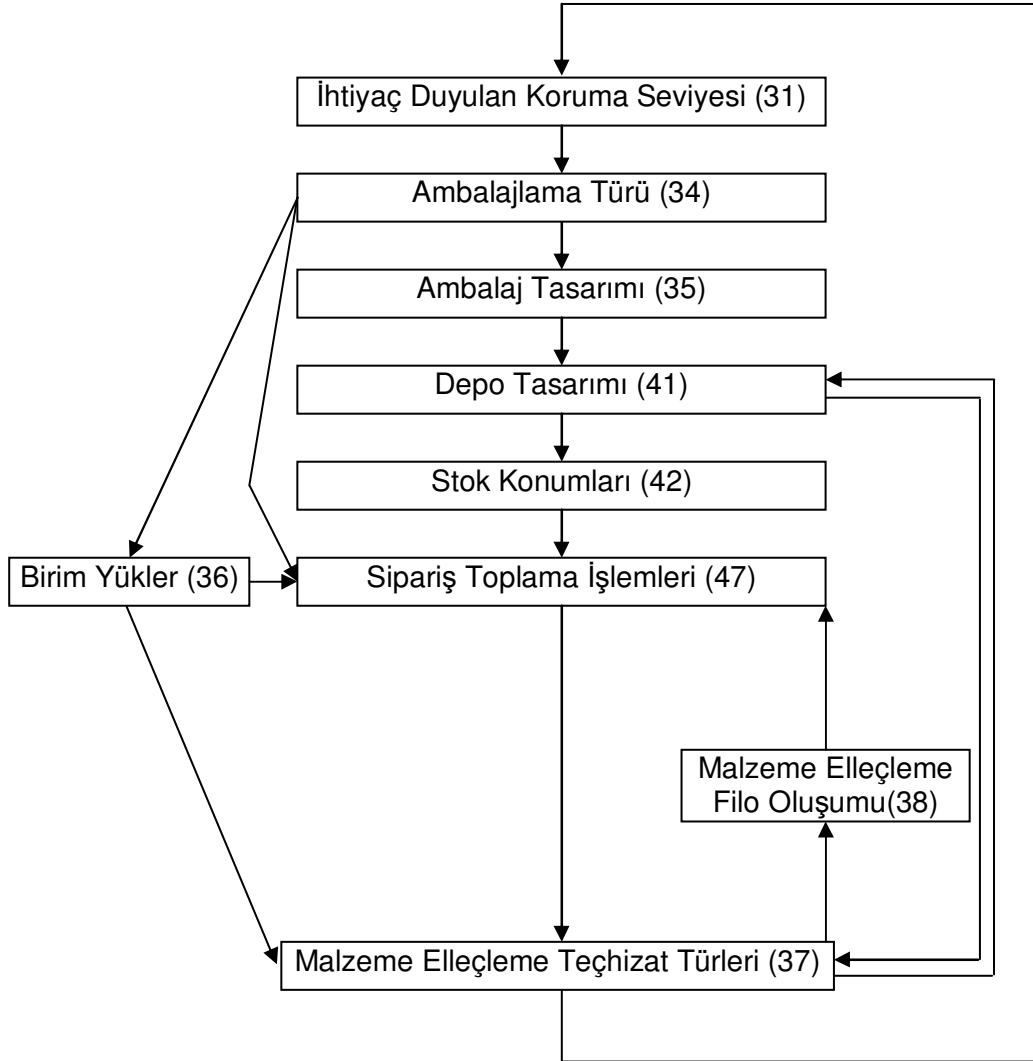


TABLO 6: Lojistik Kararlar

<p>Stratejik Planlama Seviyesi</p> <ol style="list-style-type: none">1. Müşteri hizmetlerinin tanımlanması2. Müşteri hizmet hedefleri3. Dikey entegrasyon ve dış kaynak kullanım seviyesi <p>Fiziki Tesis (FT) Ağı</p> <ol style="list-style-type: none">4. Fiziki tesis ağ stratejisi5. Fiziki tesis ağ tasarımı <p>İletişim ve Bilgi (H&B) Ağı</p> <ol style="list-style-type: none">6. İletişim ve bilgi ağ stratejisi <p>Envanter Yönetimi</p> <ol style="list-style-type: none">7. İletişim ve bilgi ağ tasarımı <p>Talep Tahmini</p> <ol style="list-style-type: none">8. Talep büyüklüğü, zamanı ve yerinin tahmini9. Envanter yönetim stratejisi10. Envanterin bağıl önemi11. Kontrol yöntemleri12. Hedeflenen envanter seviyesi13. Emniyet stoğu <p>Üretim</p> <ol style="list-style-type: none">14. Ürün rotalama15. Tesis tasarımı16. Ana üretim çizelgelemesi17. Üretim çizelgelemesi <p>Tedarik ve İkmal Yönetimi</p> <ol style="list-style-type: none">18. Tedarik türü19. Tedarik edilecek malların özellikleri20. Tedarikçiler21. Sipariş aralıkları ve miktarları22. Kalite kontrol	<p>Taşımacılık</p> <ol style="list-style-type: none">23. Taşıma modu24. Taşıyıcı türleri25. Taşıyıcılar26. Birleştirme derecesi27. Taşıma filo oluşumu28. Müşterilerin araçlara atanması29. Araç rotalama ve çizelgeleme30. Araç yükleme planları <p>Ürün Ambalajlama</p> <ol style="list-style-type: none">31. İhtiyaç duyulan koruma seviyesi32. Ürün ile sağlanacak bilgiler33. Bilgi vasıtaları34. Ambalajlama türü35. Ambalaj tasarımı <p>Malzeme Elleçleme</p> <ol style="list-style-type: none">36. Birim yükler37. Malzeme elleçleme teçhizat türleri38. Malzeme elleçleme filo oluşumu39. Malzeme elleçleme filo kontrolü <p>Depolama</p> <ol style="list-style-type: none">40. Depolama misyon ve fonksiyonları41. Depo tasarımı42. Stok konumları43. Kabul ve gönderme ritim tasarımı44. Emniyet sistemleri <p>Sipariş İşleme</p> <ol style="list-style-type: none">45. Sipariş giriş işlemleri46. Sipariş gönderme vasıtaları47. Sipariş toplama işlemleri48. Sipariş sonrası işlemler
--	--

Kaynak: Andre, Campell, 2007, s. 19

ŞEKİL 17: Kararlar Arası Öncelik İlişkileri



Kaynak: Andre, Campell, 2007, s. 20

TABLO 7: Karar Özeti

Kategori	Karar	Dışarı Sayısı	İçeri Sayısı	Aşağı Yönlü Sayı	Yukarı Yönlü Sayı	Aşağı Yönlü Maksimum Yol	Yukarı Yönlü Maksimum Yol
Stratejik Planlama	1	1	0	43	0	20	0
	2	10	1	42	1	19	1
	3	2	1	40	2	18	2
Fiziki Tesis Ağı	4	2	2	39	3	17	3
	5	8	1	37	4	16	4
İletişim ve Bilgi Ağı	6	3	3	34	4	16	4
	7	3	2	33	6	15	5
Tahmin	8	2	0	25	0	13	0
Envanter Yönetimi	9	4	2	29	7	14	6
	10	2	1	16	11	9	8
	11	0	1	0	12	0	9
	12	4	3	24	12	12	8
	13	0	1	0	13	0	9
Üretim	14	2	0	21	0	11	0
	15	2	3	20	6	10	5
	16	3	2	22	13	11	9
	17	3	3	19	16	9	10
Tedarik ve İkmal Yönetimi	18	1	2	30	5	15	5
	19	1	1	29	6	14	6
	20	4	3	28	10	13	7
	21	2	2	17	14	9	10
	22	0	1	0	11	0	8
Taşımacılık	23	3	3	19	14	10	10
	24	3	2	6	18	5	11
	25	0	1	0	19	0	12
	26	1	3	4	20	4	12
	27	1	3	3	21	3	13
	28	1	2	2	34	2	17
	29	1	2	1	35	1	18
	30	0	1	0	36	0	19
Ürün Ambalajlama	31	1	3	14	30	9	14
	32	2	0	16	0	9	0
	33	0	1	0	1	0	1
	34	1	2	14	30	8	15
	35	5	1	14	30	7	16
Malzeme Elleçleme	36	3	4	14	30	8	15
	37	3	4	14	30	7	17
	38	3	1	14	30	2	18
	39	0	4	0	31	0	19
Depolama	40	3	1	15	2	10	2
	41	3	5	14	30	9	17
	42	1	3	14	30	8	18
	43	1	5	1	31	1	19
	44	0	3	0	32	0	20
Sipariş İşleme	45	1	2	1	7	1	6
	46	0	1	0	8	0	7
	47	2	5	14	30	7	18
	48	0	1	0	7	0	6

Kaynak: Andre, Campell, 2007s. 18

5.3 Karar Destek Sistem Yapısı

Karar Destek Sistemlerinin üç ana bileşeni veritabanı ve parametre girişi, analitik araçlar ve sunum yöntemleridir.

5.3.1 Veritabanı ve Parametre Girişi

Bütün analiz yöntemlerinde olduğu gibi karar destek sistemlerine girdi olarak kullanılan veriler analizin hassasiyeti yönünden kritik öneme sahiptir. Son zamanlara kadar uygun bilgilerin elde edilmesi oldukça karmaşık ve çeşitli güçlükler içermekteydi. Kurumsal kaynak planlaması (ERP), bar kod uygulamaları, satış noktaları, elektronik ticaret gibi bilgi teknolojilerinin geniş çaplı kullanımı firmalara büyük hacimli veritabanı olanağı sağlamıştır. Bu veritabanları günümüzde, uygun araçlarla birlikte veri analizini kolaylaştıran genellikle büyük veri ambarları veya küçük veri depolarının içerisine yerleştirilmişlerdir. Ağ ve ağ ulaşım araçlarının hızlı bir şekilde çoğalması coğrafi olarak farklı konumlarda bulunan veritabanlarına hızlı bir şekilde erişimi olanaklı hale getirmiştir.

Gerçekleştirilecek olan analizin türüne bağlı olarak karar destek sistemleri firmaların çeşitli bölümlerinden bilgilerin toplanmasına ihtiyaç duyar. Örneğin lojistik ağ tasarımı, firmanın çeşitli bölümlerinden sağlanacak statik ve dinamik bilgiler gerektirir. Statik veriler tesis üretim oranlarını, tesis konumlarını, depolar ve müşteriler hakkında bilgileri, depolama ve taşıma maliyetlerini içerir. Dinamik veriler ise tahminleri, siparişleri ve mevcut dağıtımlar hakkındaki bilgileri kapsar. Bu tür bilgiler genellikle tek bir veritabanında veya firmanın bir bölümünde bulunmazlar.

Verilerin ve oluşturulacak modelin yeterliliğini ve kalitesini değerlendirmek için mevcut veriler ve model sisteme girilerek gerçek durumu destekleyip destekleyemeyeceği test edilebilir. Örneğin; araç rotalama karar destek sistemi ele alınırsa, böyle bir sistemin amacı kamyonların istenilen zamanda dağıtılacak olan malları yerlerine ulaştırmalarına ve müşteri iadelerini almalarına olanak sağlayacak olan güzergahların belirlenmesidir. Model, mevcut rotaların sisteme girilerek tecrübe edilmiş olan taşıma süreleri ile sistemden edinilecek zaman bilgilerinin mukayesesiyle değerlendirilebilir. Benzer bir şekilde model vasıtasıyla öngörülen maliyetler gerçek finans ve muhasebe kayıtlarıyla karşılaştırılabilir. Model ve veri

doğrulaması olarak bilinen bu işlem, model ve verilerin yeteri kadar doğru ve eksiksiz olduklarından emin olmak için gereklidir. Alınacak olan kararlar ile geleceğe yönelik olarak ne kadarlık bir sürenin planlanacağı ihtiyaç duyulan verilerin detay seviyesine tesir eder. Stratejik planlama için yıllık, kısa dönemli planlamalar için günlük veya haftalık verilerin derlenmesine ihtiyaç vardır.

Karar destek sistemleri genellikle lojistik ağ tasarımıyla birlikte stratejik seviyede kullanılmaktadır. Karar destek sistemleri ihtiyaç duyulan depo sayısının belirlenmesi, depoların büyüklükleri ve her bir depoya müşteri atanmasıyla ilgili kararların alınmasına destek sağlar. Karar destek sistemleri konum belirlenmesi ve müşteri atanmasıyla ilgili çeşitli maliyetlerin belirlenebilmesi için dağıtım sistemiyle ilgili bilgilerden istifade eder. Bu tür problemler için gerekli olan veriler; üreticileri, depoları, müşterileri ve bunlar arasındaki taşımaları kapsar. Bu işlem uzun dönemli bir planlama işlemi olduğundan yıllık talep verileri ve maliyetlerden yararlanılmaktadır. Bu tür bir karar destek sisteminden başarılı bir şekilde yararlanabilmeleri için kullanıcıların ürünleri gruplara ayırmaları ve envanter politikasını belirlemeleri gerekmektedir. Bu depo ebatlarının ve dağıtım sıklığının hesaplanmasına olanak sağlar. Gerekli olan bazı giriş verileri Tablo 8'de görülmektedir. Bu tür veriler firmanın veri tabanında kullanıma hazır olmayabilir. Veriler ulaşılabilir olsalar dahi özellikle karar destek sistemleri coğrafi sunumlar ve analizler içeriyorsa, ulaşılabilir veriler ihtiyaç duyulan biçimde olmayabilirler.²⁸

²⁸ David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi, **Designing And Managing The Supply Chain**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2000, s. 249

TABLO 8: Lojistik Ağ Tasarımı İçin Giriş Verileri

Bileşen	Veri
Üretici	Konum Üretim kapasitesi ve maliyet Depolara taşıma maliyeti
Depo	Konum Sabit maliyetler Değişken maliyetler Envanter devri Perakendecilere taşıma maliyeti
Perakendeci	Konum Yıllık ürün talebi
Ürün	Hacim Ağırlık Bulundurma maliyeti

Kaynak: Simchi-Levi, Kaminsky, 2000, s. 255

5.3.2 Analitik Araçlar

Çeşitli çözümleri değerlendirmek üzere oluşturulmasına ihtiyaç duyulan bir diğer karar destek bileşeni ölçümlerdir. Toplam maliyetleri azaltmak bir amaç olabilir fakat bazı durumlarda müşteri hizmet seviyesini geliştirmek daha uygun olabilir. Karar destek sistem arayüzleri genellikle bu parametrelerin düzenlenmesine ve kullanıcılar tarafından ihtiyaç duyulan ayarlamaları işaret etmeye olanak sağlar. Veriler toplandığında analiz edilmeli ve sunulmalıdır. Karar destek sistemlerine bağlı olarak ve belirli kararlar alınırken verilerin analiz edilmesinde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Karar verenlerce, karar destek sistem tavsiyelerinin doğruluğunu ve geçerliliğini değerlendirmek için karar destek sistemlerinin verileri nasıl analiz ettiklerinin anlaşılması önemlidir. Ancak en uygun analizin hangisi olduğu karar verenlerin ilgi alanında olan bir konu değildir. Yaygın olan karar destek araç ve yöntemlerini şu başlıklar altında açıklayabiliriz:

5.3.2.1 Sorgulamalar: Büyük miktarlardaki veriler manuel olarak analiz yapılmasını güçleştirir. Karar verenlerin “Marmara bölgesinde ne kadar müşteriye hizmet sağlamaktayız?” şeklinde, veriler hakkında belirli sorgulamalarıyla karar verme süreci sadeleştirilir.

5.3.2.2 İstatistiki Analiz: Bazen sorgulama işlemi yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda verilerdeki eğilim ve kalıpları belirlemek maksadıyla istatistiksel yöntemler kullanılır. Depolardaki ortalama envanter miktarı, güzergahların ortalama mesafeleri ve duraklama sayıları, müşteri taleplerindeki çeşitlilikler gibi istatistik veriler karar verilirken karar verecek olan şahıslara büyük fayda sağlarlar.

5.3.2.3 Veri Madenciliği: Son dönemlerde kolektif veri tabanlarının hacmi ve kapsamı arttığından verilerde saklı kalan kalıpları, eğilimleri ve ilişkileri açığa çıkartmak için yeni araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlara örnek olarak veri madenciliği, erkeklerin Cuma günleri öğleden sonra bira satın alma eğilimlerini ortaya koyarak önemli bir pazarlama ilkesini gün ışığına çıkartmıştır.

5.3.2.4 Çevrimiçi Analitik İşlem (ÇAI) Araçları: Çevrimiçi analitik işlem araçları, veri ambarlarında depolanan kolektif verilerden yararlanmada sezgisel bir yöntem sağlar. ÇAI araçları yaygın iş alanlarındaki verileri bir araya getirir ve kullanıcıların aşağı, yukarı ve çapraz seviyelerde ilerleyerek hiyerarşi ve iş alanlarına ulaşmalarına olanak sağlar. ÇAI araçları aynı zamanda bu verilerin analiz edilmesinde kullanılmak üzere gelişmiş istatistik yöntemler ile bunları sunum olanağı sağlar. Genellikle bu yöntem ve olanaklar kullanımı veritabanı araçlarından daha kolay, elektronik çizelgelere göre daha fazla gelişmiş büyük miktarlardaki verilerin analizinde kullanılan jenerik araçlardır.

5.3.2.5 Hesap Makineleri: Basit karar destek araçları üretim maliyetleri ve toplam maliyetler gibi belirli alanlardaki bildik, alışılmış hesaplamaların yapılmasını kolaylaştırır. Özellikle değişikliklerin öngörülebildiği ve kolayca değerlendirilebildiği bazı ürün çeşitleri, tahmin ve envanter yönetimi konularında basit hesaplamalardan daha fazlasına ihtiyaç duyulmaz.²⁹

²⁹ Simchi-Levi, Kaminsky, s. 257

5.3.2.6 Simülasyon: Bütün iş süreçleri rassal bileşenlere sahiptir ve bu rassal öğeler problemlerin analizini güçleştirir. Bu gibi durumlarda karar verilirken simülasyon etkin olarak kullanılan bir yöntemdir. Simülasyon yöntemi kullanılırken, bilgisayarda sürecin bir modeli oluşturulur, problemin her bir rassal ögesi bir olasılık dağılımı ile temsil edilir, model çalıştırıldığında bilgisayar süreci işleterek simülasyonu gerçekleştirir. Her defasında bir rassal olay gerçekleşir ve bilgisayar sonucun ne olduğu konusunda rassal karar verebilmek için tanımlanmış olan olasılık dağılımlarından istifade eder. Model çalıştırıldığında kullanım oranı, işin tamamlanma süresi gibi istatistiki veriler derlenir ve analiz edilir. Oluşturulan rassal bir model olduğundan modelin her çalıştırılışında elde edilen sonuçlar farklı olur. Modelin ortalama çıktıları ve bu çıktıların çeşitliliğini belirlemek için istatistiksel yöntemlerden yararlanır. Simüle edilen aynı müşteri talepleri kullanılarak farklı dağıtım sistemlerinin mukayesesinde olduğu gibi girdi parametrelerinin değiştirilmesiyle farklı model ve kararlar karşılaştırılabilir. Simülasyon, analitik olarak analizi güç olan çok karmaşık sistemlerin anlaşılmasında kullanılan faydalı bir yöntemdir.

5.3.2.7 Yapay Zeka: Karar destek sistemlerinin tasarımında yapay zeka araçlarından yararlanılmaktadır. Karar alınmasına yardımcı olması yönünden özellikle bir müşterinin en kısa sürede nasıl ikmal edileceğinin belirlenmesi veya müşteri telefonda beklerken dağıtım süresinin iletilmesi gibi özellikle gerçek zamanlı kararların alınmasında yapay zeka araçlarından yararlanır. Pek çok lojistik karar destek sisteminin farklı lojistik faaliyetlerin planlanması ve icrasında zeka araçlarından yararlandığı görülmektedir. Bu sistemler birbiriyle ilişkili aşağıdaki konularla betimlenebilir.

- Yazılım işlemcisi gibi her bir zeka aracına tahsis edilen faaliyetler
- Farklı araçlar arasındaki etkileşimin seviyesi ve yapısı
- Her bir araçta bulunan bilgi seviyesi

Bir örnek ile açıklayacak olursak; gerçek zamanlı bir lojistik planlama aracı şu öğelerden oluşur: Her bir tesise yerleştirilmiş ve bu tesisler için bilgi toplayan, planlama ve çizelgeleme yapan zeka araçları. Bu durumda tesisler üretim atölyeleri ve dağıtım merkezlerinden oluşmaktadır. Her bir aracı diğer araçlarla karşılıklı etkileşmekte ve böylece farklı atölyelerdeki kapasite fazlası dengelenebilmekte, kayıp ve eksik olan parçalar bulunabilmekte, üretim ve dağıtım koordine

edilebilmektedir. Merkezi bir planlama aracı durum bilgilerini toplamak ve merkezi planlama kararlarıyla bağıntılamak için diğer tesislere yerleştirilmiş olan araçlarla haberleşir. Araçlarca alınan kararların tür ve seviyeleri ile kendi aralarındaki iletişimin seviye ve frekansı belirli uygulamalara bağlıdır.

Uzman sistemlerde yapay zeka kapsamında değerlendirilebilir. Bu sistemler veritabanındaki bir uzmanın bilgisini alır ve problem çözümünde kullanılır. Uzman sistemler genellikle kurallar kümesi olarak ifade edilen kapsamlı veritabanlarına bağlı olarak çalışırlar. Bir problemin çözümü bilgi tabanındaki kuralların uygulanmasını ve nasıl elde edildiği açıklanabilen bir sonucun elde edilmesini içerir. Karar destek sistemi bağlamında bu tür uzman sistemler, karar verenlerin anlayabilecekleri kadar zamanlarının olmadığı ve uzmanı olmadıkları konularda alternatif çözüm önerileri sağlarlar. Lojistiğin faaliyet alanlarında yaygın olarak kullanılmamalarına rağmen bu sistemler uzman muhakeme özelliklerinden dolayı önemli roller üstlenirler.³⁰

5.3.2.8 Matematiksel Model ve Algoritmalar: Pek çok karar destek sistemi karar verme sürecine destek sağlamları yönünden matematiksel yöntemlerden yararlanırlar. Genellikle yöneylem tekniklerinden olan matematiksel yöntemler verilere uygulanarak problemlerin olası çözümleri bulunur. Bu matematiksel yöntemler yeni depolar için en iyi konumları, bir taşıyıcının izleyeceği en uygun güzergahı, bir perakende deposu için en etkin envanter politikasını belirleyebilirler. Bu algoritmalar iki gruba ayrılabilir:

- Kesin Algoritmalar: Belirli bir probleme yönelik olarak bu algoritmalar matematiksel en iyi olurlu çözümü bulurlar. Bu tür algoritmaların çalıştırılması problemin detaylarına bağlı olarak uzun zaman alır. Çoğu zaman optimal veya en iyi çözümün bulunması imkansız, diğer zamanlarda ise çözümün bulunması mümkündür ancak harcanılacak olan çabaya değmez. Böyle olmasının nedeni; bu algoritmalara girilen verilerin yaklaşık veya toplam veriler olmasıdır.

³⁰ Stock, Lambert, S.174

- Sezgisel Algoritmalar: Bu algoritmalar problemlere iyi çözümler sağlarlar ancak edinilen çözümler optimal değildirler. Sezgisel algoritmalar optimal algoritmalara kıyasla daha hızlı çalışırlar. Matematiksel yöntemler kullanan karar destek sistemlerinin çoğu sezgisel yöntemlerden yararlanırlar. İyi bir sezgisel algoritma hızlı bir şekilde optimal değere çok yakın bir sonuç elde eder. Sezgisel algoritma oluşturulması genellikle çözümün hızı ile doğruluk hassasiyeti arasında bir tercih yapılmasını gerektirir. Sezgisel algoritmaların çözüme ilave olarak, elde edilen sezgisel çözümün optimal çözümden ne kadar farklı olduğunu tahmin edebilmesi oldukça faydalıdır.

Uygulamada kullanılan analitik araçlar genellikle yukarıda tanımlanan araçların bir karışımıdır. Yaklaşık bütün karar destek sistemleri araçların bir birleşimini sağlamakta ve çoğu elektronik çizelgeler gibi jenerik araçlar kullanarak ileri seviyede analize olanak sağlarlar. Karar destek sistemlerinin çoğu çözümlenmekte olan problemin kendisine özgü bazı özel bilgilerine sahip analitik araçlardan istifade ederler. Bu problemler genellikle karmaşık olduğundan, karar destek sistemleri olurlu çözümü bulabilmek için kendi problem bilgilerini kullanırlar. Bunlar maliyetleri minimize eden ve hizmet seviye gerekliliklerini karşılayan çözümlerdir. Belirli bir karar destek sistemi için uygun analitik araçlar kullanımını gerektiren pek çok faktör vardır. Bu faktörleri şu şekilde açıklayabiliriz;

- İncelenen problemin türü,
- Optimal çözümün zaruri olmadığı durumlarda çözüm için gereken doğruluk hassasiyeti
 - Bazı araçların çok karmaşık problemler için uygun olmamaları sebebiyle problemin karmaşıklığı
 - Miktarı belirlenen çıktı kriterlerinin sayısı ve türü
 - Karar destek sisteminin gerek duyulan hızı. Hizmet süresinin belirlenmesi ve araç rotalama gibi operasyonel sistemler için hız gerekli olabilmektedir.
- Karar verecek olan kişinin amaç ve hedef miktarı. Örneğin araç rotalama karar destek sistemi en az araç sayısı ve katedilen en kısa toplam mesafeyi içeren bir çözümün bulunmasına ihtiyaç duyulabilir.

TABLO 9: Uygulamalar ve Analitik Araçlar

Problem Sahası	Kullanılan Araç
Pazarlama	Sorgulamalar, İstatistik ve Veri Madenciliği
Rotalama	Sezgisel Yöntemler ve Kesin Algoritmalar
Üretim Çizelgelemesi	Simülasyon ve Sezgisel Önceliklendirme Kuralları
Lojistik Ağ tasarımı	Simülasyon, Sezgisel Yöntemler ve Kesin Algoritmalar
Mod Seçimi	Sezgisel Yöntemler ve Kesin Algoritmalar

Kaynak: Simchi-Levi, Kaminsky, 2000, s. 259

5.3.3 Sunum Yöntemleri

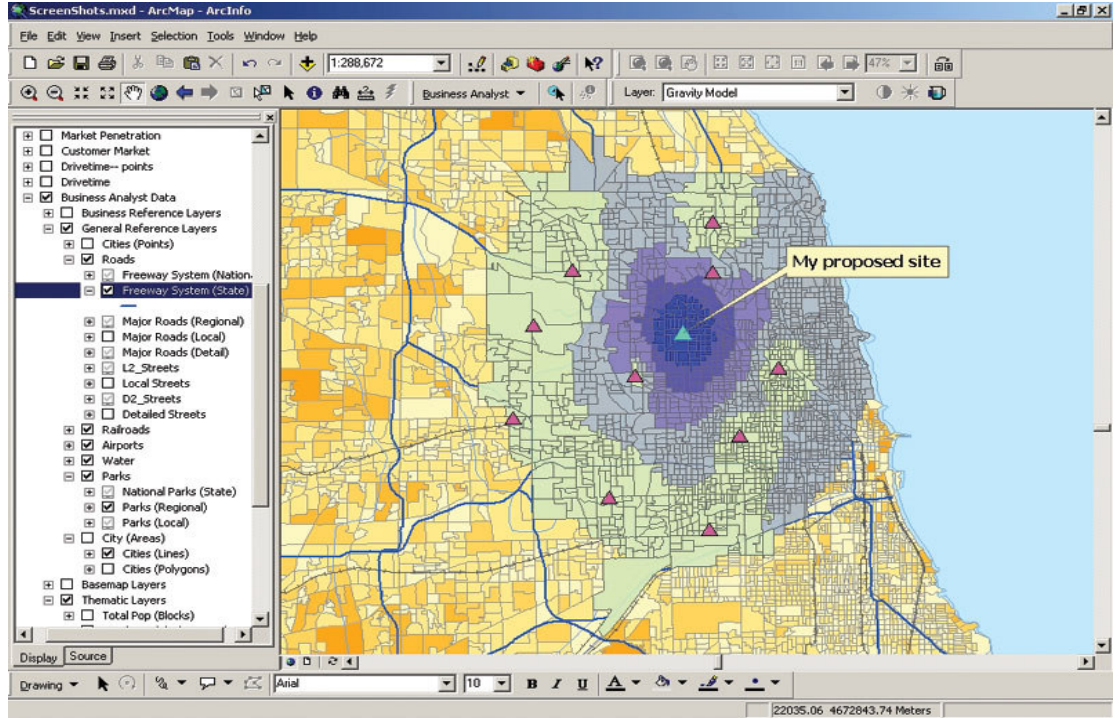
Bu araçlar karar verecek olan kişiye verileri göstermek amacıyla kullanılırlar. Bu araçlar raporlar, tablolar, elektronik tablolar, animasyonlar, grafik formatları, coğrafi bilgi sistemleri olmak üzere çeşitli biçimlerde olabilirler. Simülasyon modelinin çıktılarını sunmak amacıyla kullanılan animasyonlar, kullanıcıların simülasyon modelinin geçerliliğini doğrulamalarına ve sonuçlarını daha iyi kavramalarına olanak sağlarlar. Grafik formatları ise çözümlenmekte olan problemin yapısına bağlıdır. Örneğin; tesis yerleşim tasarımı karar destek sistemi önerilen kat planını yeni bir tesis için sunabilir. Lojistik yönetimde, karar destek sistem çıktılarından çoğu özelliklerinden dolayı coğrafi konum ve bilgilerle entegredir. Örneğin, lojistik ağ tasarımı, satış bölge analizleri ve taşıyıcı rotalama yazılımlarının hepsi coğrafi bilgilerle ilişkili çıktılar içerirler. Son yıllarda coğrafi bilgi sistemleri pek çok lojistik yönetim karar destek sistemi için seçeneklerin sunum yöntemi olarak yaygınlaşmıştır.

5.3.3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS): Coğrafi bilgi sistemi, depolama, geri kazanım, yönetim, analiz, coğrafi referans bilgilerinin sunumu için çok geniş imkanlar sağlayan entegre bir elektronik ortamda haritalama ve uzamsal veri tabanı yönetim sistemidir. Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla haritalama ve konusal haritalama, veri tabanı yönetimi, etkileşimli veri sorgulaması, uzamsal veri

sağlama, coğrafi veri işleme, uzamsal veri analizi, coğrafi kodlama, coğrafi veri alış verişi, ara belleğe alma ve poligon krokisi oluşturulabilmektedir.

Coğrafi sunum ve analize ilave olarak coğrafi bilgi sistemleri veri tabanlarını, sorgulamaları ve raporlama araçlarını ilişkilendirebilme yeteneklerinden dolayı kullanım kolaylığı sağlarlar. Coğrafi bilgi sistemleri otomatik mesafe ve taşıma süresi hesabı yapabilme özellikleriyle lojistik modelleme konusunda ilave imkanlar sağlarlar. Coğrafi bilgi sistemleri kullanımında asıl önemli olan husus coğrafi verilerin uygunluğu ve kalitesidir. Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanları olarak pazar analizlerini, nüfus sayımı ve demografik veri analizlerini, emlak işlemlerini, jeoloji uygulamalarını ve ormancılık faaliyetlerini söyleyebiliriz. Son dönemlerde bu sistemlerden lojistik yöneticilerinin ilgi sahasında olan taşımacılık ve telekomünikasyon ağı analizi, alan seçimi, rotalama ve lojistik yönetimi konularında yararlanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistem arayüz ekranları tedarikçiler, depolar, müşteriler ve lojistik ağı boyunca malzeme akışı hakkındaki bilgileri kullanıcılara sunarlar. Şekil 18'de lojistik yönetimde kullanılmakta olan bir coğrafi bilgi sistem arayüz ekranı görülmektedir. Ekranda tedarikçiler, müşteriler, depoların yerleri, ve lojistik ağı boyunca malzeme akışı görülebilmektedir.

ŞEKİL 18: Lojistik Yönetimi Coğrafi Bilgi Sistem Arayüzü



Kaynak: <http://gis.cancer.gov/nci/research.html> (21 Nisan 2008)

Lojistik modelleme alanında coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmasının bir takım özel nedenleri vardır. Taşıma sürelerinin hesaplanması ve coğrafi kodlama işlemleri zaman gerektiren işlemlerdir. Coğrafi kodlama, adres bilgilerinin coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi işlemidir. Bu dönüştürme işleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için veri tabanlarına ihtiyaç duyulur. Lojistik faaliyetlerin çoğunda taşıma süre ve maliyetlerinin belirlenebilmesi için iki nokta arasındaki mesafenin bilinmesine ihtiyaç vardır. Söz konusu mesafeler birkaç yöntemle belirlenebilir. Bunlardan biri, iki koordinat arasındaki doğrusal mesafenin bu noktalar arasındaki kavisli tahminen belirleyen bir katsayı ile çarpılması yöntemidir. Taşıma mesafelerinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer yöntem gerçek yol şebekesinden yararlanılarak en uygun yol güzergahının seçimi ve mesafenin belirlenmesi yöntemidir. Bu yöntem yol şebekesi hakkında doğru ve detaylı bilgiler gerektirmektedir. Orta ölçekli bir problem için dâhi yol şebekesinin detaylı olarak belirlenmesi oldukça zaman gerektiren bir işlemdir. Bu iki yöntemin mukayesesi Tablo 10'da görülmektedir. Her iki yöntemde de taşıma süresinin hesaplanabilmesi için taşıma hızı hakkında bazı kabullerin yapılmasına ihtiyaç duyulur. Modelde noktalar arası taşıma süresinin girilmesi için kullanıcıya seçenek sunulması mümkündür ancak bu kapsamlı problemler için pratik bir uygulama değildir.

TABLO 10: Yol ve Tahmini Mesafe

Kriter	Tahmini Mesafe	Yol Mesafesi
Veri	Ucuz	Pahalı
Karmaşıklık	Düşük	Yüksek
Doğruluk	Orta	Yüksek
Hız	Yüksek	Düşük

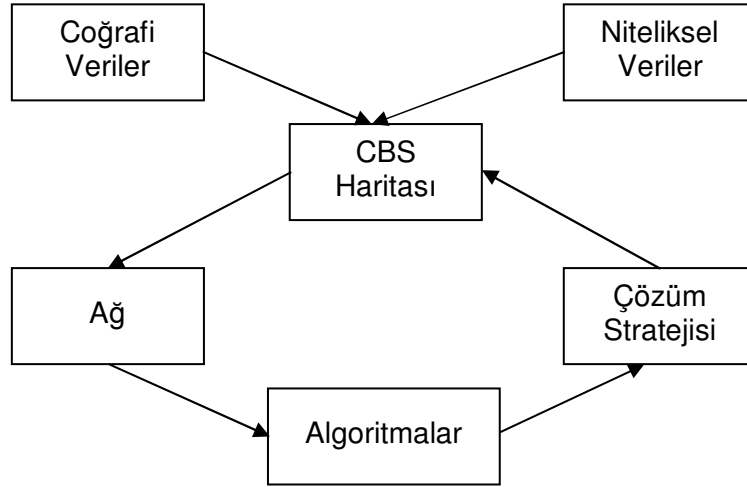
Kaynak: Simchi-Levi, Kaminsky, 2000, s. 263

Coğrafi bilgi sistemleri lojistik ağ tasarımı, rotalama, mod seçimi ve diğer lojistik faaliyetlerde kullanılmaktadır. Bütün bu uygulamalardaki düşünce coğrafi bilgi sistemlerini matematiksel model ve algoritmalarla entegre etmektir. Böyle bir sistem şematik olarak Şekil 19'da görülmektedir. Bu sistemlerde coğrafi veriler coğrafi bilgi sistemleri vasıtasıyla sağlanırken, talep miktarları, maliyetler, üretim ve depolama kapasiteleri gibi niteliksel bilgiler standart veri tabanından alınır. Bu veriler sistemin

kalbi durumunda olan coğrafi bilgi sistemleri yazılım ünitesine gönderilir. Bu yazılım ünitesi lojistik sistemin bileşenleri arasında çeşitli ilişkileri temsil eden sembolik bir ağ oluşturur. Bu ağ daha sonra sistemdeki kısıtları sağlayan ve çeşitli amaçları minimize eden çözümler ve stratejiler oluşturmak üzere kesin ve sezgisel algoritmalar tarafından kullanılır. Bu çözümler kullanıcılar tarafından en uygun olanın uygulanabilmesi için izlenebilir, analiz edilebilir ve değiştirilebilirler. Coğrafi bilgi sistemleri ile matematiksel model ve algoritmaların entegre edilmelerinin sağladığı faydaları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kullanıcılara lojistik sistemi doğru bir şekilde temsil ettiklerinin teyit edilmesi yönünde verileri ve modeli tahayyül edebilme olanağı sağlanır.
- Sistem tarafından önerilen çözümler ve stratejiler göz önünde canlandırılabilir.
- Duyarlılık analizleri yapılabilir.

ŞEKİL 19 : Algoritmalar ve CBS'nin Entegrasyonu



Kaynak: Simchi-Levi, Kaminsky, 2000, s. 264

5.4 Lojistik Faaliyetlerde Karar Destek Sistemlerinin Kullanım Alanları

Önceki bölümlerde açıklandığı üzere lojistik yönetimi çok çeşitli kararların alınmasını gerektirmektedir. Stratejik seviyeden operasyonel seviyeye doğru alınan kararlarda, karar destek sistemlerinden nasıl yararlandığı aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1 Talep Planlaması

Talep tahminlerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi bütün lojistik sistemin verimliliği yönünden büyük önem arz etmektedir. Bu sebepten ötürü talep tahmini kolektif yöntem ve standartların uygulandığı önemli bir karar destek sistem sahası haline gelmiş, buna ilaveten diğer klasik istatistik yöntemleri bu işlemlere gerekli desteği sağlayabilmek üzere geliştirilmişlerdir.

5.4.2 Lojistik Ağ Tasarımı

Ağ tasarımı depo ve fabrikaların yerlerinin belirlenmesini ve müşterilerin bu depolara atanmasını içerir. Girilen veriler bu tesisler için aday sahalardan, taşıma maliyetlerinden, toplam talep tahminlerinden ve diğer verilerden oluşur. Sezgisel veya optimal algoritmalarla ağ tasarımı önerilerinin belirlenmesinde yararlanır. Bütün kriterlerin sayısal verilere dönüştürülememesinden dolayı karar verenler nihayetinde kendi tecrübe ve öngörülerinden yararlanmalıdırlar.

5.4.3 Envanter Dağılımı

Firmalar lojistik ağ yapılarını değiştirmek istemeseler dahi hangi zamanlarda, hangi depolarda, ne kadar miktarda envanter malzemesi bulundurmaları gerektiği konusunda kararlar almak durumundadırlar. Bu envanter dağılım kararları alınırken her dönemde, her bir konumda bulundurulacak envanter seviyesini belirleyebilmek için taşıma maliyetleri, talep tahminleri ve mevcut envanter miktarlarından yararlanır. Karar destek sistemleri bu konularda çözüm politikaları geliştirirken optimal veya sezgisel algoritmalarla yararlanırlar.

5.4.4 Satış Ve Pazarlama Bölge Ataması

Satış bölgeleri, satışlar maksimize edilirken müşterileri ve satış temsilcilerini birlikte memnun edecek şekilde atanmalıdırlar. Satış bölge atamasında kullanılan bir karar destek sistemi müşteri konumları ve talep tahminlerinden girdi olarak yararlanır ve karar veren kişi tarafından belirlenmiş olan taşıma mesafeleri, satış potansiyeli gibi bir dizi amaçlara uygun olarak satış bölgelerini tasarlar.

5.4.5 Dağıtım Kaynak Planlaması (DKP)

Bu modeller, bir grup depo ve perakendeci için uygun güzergah ve envanter politikalarını belirlerler. Her bir perakende satış bölgesi için depo ve perakendecilerin konumları, envanter ve taşıma maliyetleri ile talep tahminleri belirlendiğinde, karar destek sistemleri en düşük maliyetlerle yüksek müşteri hizmet seviyesini sağlayacak politikaları belirlerken analitik yöntemler kullanırlar.

5.4.6 Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP)

MİP sistemleri belirli bir ürünün üretimine başlanılacağı zaman planlama için malzemelerin ürün ağaçlarından ve bileşenlerin hizmet sürelerinden yararlanırlar. Bu karar destek sistemleri karmaşık matematiksel yaklaşımlar kullanmamalarına rağmen endüstride yaygın kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu karar destek sistemleri karar verecek olan şahısların, neden bir problemin olası çözümü olarak sadece karar destek sistemlerinin çıktılarını kullanmaları gerektiğine güzel bir örnektir. MİP sistemleri üretim kapasitelerini göz önünde bulundurmadıklarından dolayı genellikle mümkün olmayan çizelgeler önermektedirler. Yapılan önerilerin çok pahalı olmaksızın olurlu bir çizelge haline getirilmesi için planda değişiklikler yapılması, karar verecek olan şahısların ilgi ve uzmanlıklarının dışında bir durumdur.

5.4.7 Envanter Yönetimi

Bir tesisin envanterinde çok farklı malzemeler bulundurduğu zaman bu envanterin yönetimi son derece güçtür. Envanter yönetim karar destek sistemi, düşük maliyet ve yüksek müşteri tatmini gibi hedeflerin sağlanmasında karar vericilere yardımcı olacak politikalar geliştirirken öngörülen talep miktarları, hizmet süreleri, taşıma ve elde bulundurma maliyet bilgilerinden yararlanır.

5.4.8 Üretim Sahası Belirlenmesi / Tesis Dağılımı

Çoğu üretici, her birinde belirli bir malzemenin veya belirli bir ürünün bileşenlerinin üretildiği tesislerden oluşan bir üretim tesis ağına sahiptir. Girdi olarak üretim ve taşıma maliyetleri, hizmet süreleri ve talep tahmin bilgilerinden yararlanan bir tesis dağılımı karar destek sistemi, hangi tesislerde hangi ürün ve bileşenlerin

üretileceği konusunda öneriler geliştirir. Bu karar destek sistemlerinde genellikle bir takım yapay zeka ve matematiksel esaslı yöntemler müşterek olarak kullanılır.

5.4.9 Filo Planlaması

Filo planlaması, sadece firmanın kendi sahip olduğu araçların sevkiyle ilgili kararları değil aynı zamanda kullanılması düşünülen belirli güzergâhlarda ki ticari taşıma vasıtalarının belirlenmesiyle ilgili kararları da içerir. Oluşturulacak olan filodaki araçların türü ve miktarının çeşitlilik arz etmesi, hızları ve güvenilirliklerinin araçtan araca farklılıklar göstermesi sebebiyle taşıma modu seçiminin genellikle zor bir işlem olmasına ilave olarak, filodaki araç bilgilerinin sıklıkla güncelleştirilmesine ihtiyaç vardır. Filo planlamasının önemli bir alt karar aşaması filo rotalamasıdır. Filo rotalamasında statik ve dinamik olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır. Statik yöntemde, günlük rotalar sabah planlanmakta, haftalık rotalar ise haftanın ilk günü belirlenmektedir. Belirlenen bu rotalar hafta veya gün içerisinde tekrar değiştirilmemektedir. Dinamik yöntemde ise rotalar planlama dönemi içerisinde güncelleştirilmektedir. Karar destek sistemleri bütün güzergâhlarda ki işlem maliyetlerini minimize etmeyi amaçlarken, güzergâh üzerindeki bütün noktaların önceden bilinmemesi sebebiyle, dinamik yöntem uygulanan sistemler, statik yöntem uygulananlara nazaran daha karmaşıktırlar.

5.4.10 Hizmet Süresinin Belirlenmesi

Üretim işlemlerinin çoğunda satış temsilcileri siparişleri genellikle telefon vasıtasıyla almakta ve bu sebeple kolaylıkla dağıtım hizmet sürelerini belirleyebilmektedirler. Geçmişte satış temsilcileri genellikle hizmet sürelerinin karşılanabilmesi için ileri tarihler vermekteydiler. Hizmet süresi belirleyen karar destek sistemleri, bir siparişin ne zaman karşılanacağını tam olarak belirleyebilme yetenekleriyle siparişlerin daha kısa sürede karşılanmalarına olanak sağlamaktadır. Bu, güncel üretim çizelgelerinin, üretim ve dağıtım sürelerinin hesaplamalara dahil edilmeleriyle sağlanmaktadır.

5.4.11 Üretim Çizelgelemesi

Üretim çizelgeleme karar destek sistemi, bir grup ürünün imali, bu ürünlerin üretim süreçleri hakkındaki bilgileri ve teslim tarihlerini dikkate alarak üretim çizelgeleri önerir. Üretim çizelgeleme karar destek sistemi, çizelgeler oluştururken yapay zeka, simülasyon ve matematiksel yöntemlerden istifade eder. Yapay zeka tabanlı üretim çizelgeleri daha önce uzman personel tarafından hazırlanmış çizelgeleme kurallarından yararlanırlar. Optimizasyon tabanlı çizelgeleme sistemleri amaç fonksiyonlarını maksimize veya minimize eden çizelgeler oluşturabilmek için algoritmalarından istifade ederler. Simülasyon tabanlı çizelgeleme sistemleri, kullanıcıya basit bir takım çizelgeleme kurallarını seçebilme ve onları simülasyon sisteminde test edebilme olanağı sağlarlar.

5.4.12 İşgücü Çizelgelemesi

İşgücü çizelgeleme karar destek sistemi, işgücü maliyet bilgilerini ve maksimum çalışma saatleri gibi çalışma kurallarını göz önünde bulundurarak, en düşük maliyetle her zaman uygun olan gerekli işçi sayısını temin edebilen pek çok olurlu işgücü çizelgesi önerir. Bu sistemler optimum çizelgeleri oluşturabilmek için karmaşık sendika kurallarını ve iş kanunu maddelerini dikkate almak durumundadırlar.

Lojistik yönetim sistemi için bir karar destek sistemi oluşturulurken veya seçilirken dikkat edilmesi gereken hususları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Karar verecek olan kişi tarafından planlama periyodunu içerecek şekilde çözümlenecek olan problem bütün yönleriyle tanımlanmalıdır.
- Karar destek sisteminin ihtiyaç duyacağı bütün girdiler belirlenmelidir.
- Kullanıcı arayüz yetenekleri ihtiyaçları karşılayabilecek kadar detaylandırılmalı, kullanımı sade ve anlaşılır olmalıdır.
- Modelin doğruluğunu ve hassasiyetini içeren analiz ihtiyaçları, performans kriterlerini sayısallaştırabilme yeteneği, optimizasyon, sezgisel yöntemler, simülasyon, finansal hesaplama gereksinimleri, ihtiyaç duyulan hesaplama hızı gibi istenilen analitik yetenekler sağlanmalıdır.

- Sayısallaştırılmayan kriterler başta olmak üzere kullanıcının en uygun olanını seçebileceği çeşitli çözümler üretebilme yeteneğine sahip olmalıdır.
- Çeşitli yöntem ve vasıtalarla sunum ihtiyaçları karşılanabilmelidir.
- Mevcut sisteme entegre edilebilmeli ve uyumlu çalışabilmelidir.
- Yazılım ve donanım ihtiyaçları karşılanabilir olmalıdır.
- Temel model, kişiselleştirmeler ve uzun dönemli sistem iyileştirmeleri dahil olmak üzere toplam maliyet.
- Tedarikçinin tek kaynaktan alım yapılabilecek yeteneğe sahip olabilmesi veya rotalama karar destek sisteminin aynı zamanda yükleme planlarını yapabilecek yeteneğe sahip olması gibi bütüncü sistemler yeterli olmalıdır.³¹

³¹ Simchi-Levi, Kaminsky, s. 271

ALTINCI BÖLÜM

DİNAMİK PROGRAMLAMA

Dinamik programlama, ilk olarak 1957 yılında Richard Bellman tarafından ortaya konmuş bir optimizasyon yöntemidir. Optimizasyon seçilen pek çok optimallik ölçüleri içinde en olumlu ve kararlı olan yolun bulunmasıdır. Optimallik ölçüleri performans indeksleri olarak adlandırılır. Optimizasyon için minimize veya maksimize edilecek performans indekslerine ihtiyaç duyulur. Bellman dinamik programlama yöntemini şu şekilde tanımlamaktadır: “Bir optimal politika kararı, başlangıç durumu ve ilk karar ne olursa olsun daha sonra verilecek olan kararlar ilk verilen kararların sonucunda ulaşılan durum göz önüne alınarak verilmelidir.”³²

Bir problemin çözümüne genellikle, uygun bir matematiksel modelinin oluşturulmasıyla başlanılır. Modelin kurulması aşamasında amaç fonksiyonu ve kısıt koşulların seçilmesi, değişkenlerin sayı ve özellikleri ve yapılacak varsayımlar büyük ölçüde model kurucunun bilgi ve deneyimlerine bağlı olmaktadır. Bu bağımlılık modelin çözümü aşamasında da geçerlidir. Problem modelinin çözümlenmesine başlanmadan önce genellikle problemin yeniden düzenlenmesine ve uygulanacak çözüm yöntemine uyarlanması veya bir takım değişken dönüşümü işlemlerinin yapılmasına gerek duyulmaktadır.

Dinamik programlama yönteminde çözümlenmesi planlanan problemler bir bütün olarak çözümlenmek yerine, daha az sayıda değişkenler içeren küçük problemlere ayrıştırılarak çözümlenir. Bu şekilde çok aşamalı bir karar süreci, tek aşamalı problemler dizisine dönüştürülebilir. Bir başka deyişle optimize edilmesi istenen bir problem, aşamalı olarak optimize edilecek küçük ve tek değişkenli problemlere dönüştürülür. Dinamik programlama, çözümü güç olabilecek büyük bir problemi daha küçük alt problemlere ayrıştırarak, çözümde kolaylık sağlayan bir optimizasyon tekniği olarak tanımlanabilir.³³ Bir problemin dinamik programlama yöntemiyle çözümlenebilmesi için söz konusu problemin, biri diğeri ile bağlantılı alt problemlere ayrıştırılabilme özelliğine sahip olması gerekir. Böyle bir problem için

³²Ali Özdemir, **Envanter Sorunlarının Çözümünde Dinamik Programlama Modelinin Uygulanması**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2000.

³³Şenay Lezki, **Dinamik Programlama İle Stok Planlaması Ve İleri Doğru Tablosal Çözüm Yolu Kullanılarak Bir Uygulama Denemesi**, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2002.

geliştirilecek karar modeli, bütüne bağlı (alt) karar modelleri biçiminde ele alınabilir. Her bir alt problem ayrı ayrı incelenir ve problemin tamamı optimal olacak şekilde çözümlenir. Dinamik programlama, matematiksel programlama problemlerini daha basit, birbirinden bağımsız alt problemlere ayrıştırdıktan sonra aşama aşama bu alt problemlere çözümler getiren ve sonuçta orijinal problem için optimal bir sonuç ortaya koyan bir yaklaşımdır. Dinamik programlama yöntemi, birbiri ile ilişkili kararlar serisinin çözümünde kullanılan bir sayısal yöntemdir.

Koşulların zaman süreci içinde değiştiği ve bu koşulların verilecek kararlar üzerinde önemli etkilerinin olduğu biliniyorsa, dinamik programlama modellerine ihtiyaç duyulur. Dinamik programlamada, mevcut sistem birbiri ardından işlem gören parçalara ayrılmakta ve ardışık iki işlem arasında fonksiyonel bir bağıntı kurulması yoluna gidilmektedir.³⁴ Bu yöntem daha çok birbirleriyle ilişkili bir dizi kararlar almayı gerektirdiğinden işlemler yineleme denklemleri kullanılarak yapılmaktadır. Yineleme denklemleri ile optimizasyonda, optimizasyon bir önceki kararın içerdiği bilgilerden yararlanarak adım adım gerçekleştirilir. Her adımda bulunan çözüm kendi başına problemin çözümü olmayıp, optimal çözümün bir parçasını belirleyen bilgiyi içermektedir.³⁵ Her alt problemde verilen karar bir sonraki aşamada verilecek olan kararı etkileyeceğinden, her alt problemde verilen kararın sadece o alt probleme olan etkileri değil aynı zamanda sonraki bütün alt problemlere olan etkileri de göz önüne alınmalıdır. Alt problemler birbirleriyle bağlantılı olduklarından bir sonraki alt problem için gereken bilgi bir önceki alt problemde elde edilen bilgi olacaktır.³⁶

Dinamik programlamanın çözüm yöntemi olarak kullanıldığı işletme problemleri arasında şu problemleri sayabiliriz; sermaye bütçeleme problemi, fiyat stratejisi belirleme problemi, kargo yükleme problemi, dağıtım problemi, pazarlama ve yatırım problemi, üretim planlama problemi, envanter problemi.³⁷ Dinamik programlamanın en fazla uygulandığı işletme sorunlarını da aşağıdaki biçimde sıralayabiliriz.³⁸

³⁴ İlhami Karayalçın, **Yöneylem Harekat Araştırması**, 3. Baskı, Mentеше Kitapevi, İstanbul, 1993, s.243

³⁵ Osman Hallaç, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 5. Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2001, s. 157

³⁶ İbrahim Doğan, **Yöneylem Araştırması Teknikleri Ve İşletme Uygulamaları**, 2. Baskı, Bilim Teknik Yayın Evi, İstanbul, 1995, ss. 511-512

³⁷ Kemal Sezen, **Dinamik Programlama**, 1. Baskı, Ekin Kitapevi, Bursa, 1998, s. 3

³⁸ Hülya Tütek, Şevkinaz Gümüšoğlu, **Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım**, 1. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 1994, s. 334

- Yeniden sipariş kurallarının belirlenmesinde zaman ve nicelik değişkenlerinin saptanması,
- Değişen istem koşullarında üretim programlaması ve işgücü düzenlemesi,
- Pahalı araç ve gerecin etkin bir biçimde kullanılmasını sağlamak üzere yedek parça düzeyinin belirlenmesi,
- Yeni alanlara kaynak dağıtımı yapan sermaye bütçelemesi,
- Ürünleri halka geniş ölçüde tanıtabilmek için reklam araçlarının seçimi,
- Değerli bir kaynağın bulunmasında sistematik aramanın yapılması,
- Karmaşık makinelerin bakım onarımının programlanması,
- Eskiye donanım ve makinelerin yenilenmesi için uzun dönem stratejilerinin saptanması,
- Çeşitli malzemeler için kesme kalıplarının belirlenmesi,
- Endüstride kullanılan robot gruplarının plan sırasını, görev ve denetiminin optimal performansını sağlayan yörüngelerin belirlenmesi³⁹

6.1 Dinamik Programlama Kavramları

Dinamik programlama matematiksel programlama problemlerini daha basit, birbirinden bağımsız alt problemlere ayırdıktan sonra aşama aşama bu alt problemlere çözümler getiren ve sonuçta orijinal problem için optimal bir sonuç ortaya çıkartan bir yaklaşımdır.

Dinamik programlama yöntemi birkaç kavram üzerine kuruludur. Bu kavramların bazıları diğer modellerle aynı, bazıları ise yalnızca dinamik programlama yöntemine aittir. Dinamik programlamada en önemli olgu “değişken” olgusudur. Sistem içinde değişkenlerin belirlenmesi yanında bunların karmaşıklığının en aza indirilmesi ve basitleştirilmesi de gerekmektedir. Karmaşık değişkenler modelin çözümünü güçleştirmektedir. Sistem hakkında karar verilmesi gerekmekte, sistemin her aşamasında karar alınmakta, sonraki aşamalarda bu kararlar kullanılarak farklı kararlar alınmakta ve amaca ulaşılmaya çalışılmaktadır. Alınacak olumlu kararların sonucunda bir takım ödül ve kazançlar ortaya çıkmakta ve bunlar sonraki kararların olumlu sonuçlar doğurmasına neden olmaktadır.

³⁹ Özdemir, s. 43

Verilen kararları karşılaştırarak içlerinden maksimum seviyede faydalı olanı seçmek en iyi yöntemdir. Eğer değişmeyen n kısmın değeri hesaplanabilirse, $n+1$ değişmeyen kısmında hesabı yapılabilir. Ardışık karar problemi sonuç çıkarma kavramlarına ait değerlerin zeka yoluyla sağlanmasıyla çözümlenmektedir. Bu çözüm dinamik programlama yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Dinamik programlama yönteminde sürekli olarak kullanılan sembol ve terimleri açıklamak, problemleri daha kolay formüle etmek ve çözmek için yararlı olacaktır.

6.1.1 Aşama

Büyük bir problem çözümlenmek üzere daha küçük alt problemlere ayrıştırıldığında her alt problem çözümlenmesi gereken bir karar problemi olarak düşünülürse, karar verilmesi gereken her nokta aşama olarak tanımlanır. Bu bağlamda her alt problem bir aşamaya karşılık gelmektedir.⁴⁰ Dinamik programlama bir durumdan başka bir duruma geçişte, seri hareketlerin içine alındığı süreçle ilgili bir sistemdir. Aşama bir sürecin içindeki tek bir adımdır ve aynı özellikli durumlardan komşu durumlara geçişi ifade eder.

Aşama zaman faktörü olabileceği gibi daha farklı faktörlerde olabilir. Örneğin maliyet minimizasyonunu amaçlayan yıllık stok planlama modelinde, stok miktarları aylık olarak belirlenirse her ay bir aşama olur. Bir gemiye her yükün farklı bir gelir sağladığı n çeşit yükün yüklenmesi probleminde, kârı maksimize etmek amacıyla hangi yükten ne kadar yüklenmesi gerektiği bulunmaya çalışılırken, her çeşit yük bir aşamaya karşılık gelir.⁴¹

Aşamalar birbirleriyle bağlantılı kararlar serisi oluşturmaktadırlar. Bu nedenle her aşamada alınan karar yalnız bir sonraki aşamayı değil problemin sonuna kadar bütün aşamaları etkilemektedir.⁴²

⁴⁰ Thomas M. Cook, Robert A. Russell, **Introduction To Management Science**, 2. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 1981, s. 294

⁴¹ Hamdy A. Taha, **Yöneylem Araştırması**, 6. Baskı, Çeviren: Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, İstanbul, 2000, s. 409

⁴² Aykut Top, **Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması**, 1. Baskı, Melisa Matbacılık, İstanbul, 1994, s. 207

6.1.2 Durum

Herhangi bir aşamadaki durum, daha önceki aşamalarda verilen kararların sonucu olarak tanımlanabilir. Bir aşamada verilen karar, bu aşamadaki değişkenler kümesini yeni bir değişkenler kümesine çevirmektedir. Yeni değişkenler kümesine uygun olarak durumda değişecektir. Durum, optimal bir karar vermek için herhangi bir aşamada ihtiyaç duyulan bilgi olarak da düşünülebilir.⁴³

Durum kavramını, her bir aşamada sistemin veya değişkenlerin alabileceği değer, başka bir ifadeyle bir aşama ve onu izleyen aşamalara dağıtılan kaynaklar şeklinde tanımlamak da mümkündür. Her hangi bir aşamadaki sürecin koşulu olarak da tanımlanan durum kavramı ile incelenen konunun içerdiği tüm bilgiler ve sınırlamalar anlatılır. Sistemin verilen bir durumuna bağlı olarak ortaya çıkan ilgili aşamadaki eylem seçeneklerine durum değişkenleri adı verilir. Durum kavramı mutlak bir kavram olmayıp, analizin özelliğine bağlıdır. Her hangi bir stok problemi için stok düzeyi, üretim problemi için üretim düzeyi, her hangi bir aşamanın durumunu gösterebilir.⁴⁴

6.1.3 Durum Değeri

Durum değeri, sistem mevcut durumdan başlayıp özel bir politika izlediğinde ortaya çıkan getirilerin toplam bir fonksiyonudur. Optimal politika uygulandığında durum değeri optimal değerdir.⁴⁵

6.1.4 Hareket

Karar değişkeni olarak da ifade edilebilen hareketler, dinamik programlama modelinin her bir aşamasındaki olası kararları belirtmektedir. Her bir durumdan başka durumlara yapılması gereken bir çok olanaklı hareket vardır. Dinamik programlama problemi çözümü istenilen amaca göre en iyi hareket dizisinin seçimini içermektedir.

⁴³ Wayne L. Winston, **Operation Research Applications And Algorithms**, 3. Baskı, Thomson Publishing, USA, 1994, s. 1010

⁴⁴ Sezen, s. 8

⁴⁵ Özdemir, s. 45

6.1.5 Karar

Dinamik programlama her hangi bir problem için mümkün olan koşullar içinde ne yapılacağına karar vermeyi sağlar. Karar, problemdeki bir aşamayı tamamlamak için ilgili alternatifler arasından bir seçim yapılması işlemidir. Belirli bir durum ve aşamada verilen bir karar, sürecin hem durumunu hem de aşamasını değiştirir. Dolayısıyla her karar, geçerli bir durumdan bir sonraki aşamaya bağlı olan duruma geçişi etkilemektedir. Çok aşamalı bir karar süreci aşamalara ayrıldıktan sonra her aşama için bir dönüşüm fonksiyonu oluşturulur. Her aşamada karar verme süreci, o aşamanın seçeneklerinden birinin seçilmesiyle sonuçlanır. Buna aşama kararı denir. Ayrıca her hangi bir aşamadaki karar optimal ise bu karar, problemin optimal çözümünün bir parçası olarak kullanılabilir.

6.1.6 Getiri

Her karar amaç fonksiyonuna katkı sağlayan bir getiri ile sonuçlanır. Getiri bir sürecin her bir aşamasında meydana getirilen bir sistemdir. Getiri genellikle kazanç, maliyet, mamul üretimi ya da kaynak tüketimi olabilmektedir.

6.1.7 Ardışık En İyileme

Dinamik programlama yönteminde problem aşamalara ayrıştırıldıktan sonra her aşamada belirli bir optimizasyon amacına bağlı olarak kararlar verilmektedir. Bir aşamada verilen karar tek başına tüm problemin optimum çözümünü temsil etmez. Problemin tamamına ait optimum çözümü elde etmek için aşama sonuçları birleştirilmektedir. Aşamalar arasındaki bağlantıyı iç içe fonksiyonlar sağlamaktadır. Bu fonksiyonların kullanılması sonucu her bir aşamada bir önceki aşama sonuçları birleşerek en iyi çözümü veren ardışık kararlar dizisi elde edilmiş olur.⁴⁶

⁴⁶ Sezen, s. 8

6.1.8 Dönüşüm Fonksiyonları

Her aşamanın bulunabilecek durumlarında verilebilecek karara göre bu aşamayı izleyen veya daha önceki aşamanın hangi durumuna gelineceğini belirleyen ilişkilere dönüşüm fonksiyonları denilmektedir. Dönüşüm fonksiyonları çözüm yolunun ileriye veya geriye doğru en iyileme olmasına göre farklılık gösterir.

6.1.9 Optimal Politika

Çok aşamalı bir karar sürecinin her karara bağlı, maliyet ve kâr cinsinden bir sonucu vardır. Bu sonuç sürecin aşama ve durumuyla birlikte değişir. Karar sürecinin tüm aşamalarını kapsayan belirli seçenekler dizisi politika, karar vericinin amacını gerçekleştirecek optimum seçenekler dizisi de optimum politika olarak adlandırılır. Optimal politika sürecin her bir aşaması için verilen kararların bir sırasındır. Çözüm sıra önceliğine göre bir aşamadan diğerine gidilerek elde edilir ve son aşamaya erişildikten sonra her parametre için değerler belirlenerek işlem tamamlanır. Böylece en uygun politika oluşturulmuş olur.

6.2 Dinamik Programlama Problemlerinin Özellikleri

Büyük ve çok sayıda karar değişkeni olan sorunları ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için geliştirilmiş olan dinamik programlama yönteminin temel özellikleri aşağıda açıklanmıştır.⁴⁷

- Problemler, belirli seçenekleri veya karar politikalarını içeren bir dizi sıralı aşamalara bölünebilir. Aşamalar mekan yönünden farklı yer ve yolları, zaman boyutunda ise farklı noktaları gösterebilir. Tüm dinamik programlama problemleri sıralı karar aşamalarına ayrılarak, karar problemlerinin bir aşamaya karşılık geldiği birbiriyle ilişkili kararlar dizisinin oluşturulmasını gerektirmektedir.
- Her bir aşama o aşamanın başlangıcıyla ilgili bir araya gelmiş bir çok duruma sahiptir. Durumlar problemin belirtilen aşamasında sistemin içinde bulunduğu olası koşullardır. Durumların sayısı sonlu veya sonsuz olabilmektedir.

⁴⁷ Frederick S. Hiller, Gerald J. Lieberman, **Introduction To Operations Research**, McGraw-Hill, USA, 1986, s. 336

- Karar politikasının sonucunda her bir aşamada bir araya gelmiş durumların birinden, gelecek aşamadaki bir duruma ulaşılır. Bir diğer ifadeyle her bir aşamadaki mevcut durum ile politika kararı, bir sonraki aşamanın başlangıcına ilişkin bir duruma dönüşür.
- Çözüm yönteminde optimal bir politikanın bulunması her bir aşamada optimal politika kararlarının verildiği tüm problemler için modellenilebilir.
- Bir optimal politika kararının verildiği mevcut durumda, müteakip aşamalarda alınacak kararlar daha önceki aşamalarda alınan kararlardan bağımsızdır. Bu bağımsızlık durumu, dinamik programlama için optimalite prensibi olarak bilinmektedir.
- Çözüm yöntemine son aşama için optimal politikanın bulunması ile başlanır. Son aşama için optimal politika, o aşamada ki her bir olası durum için optimal politika kararını içermektedir.
- Aşama $n+1$ için optimal politika belli ise aşama n için optimal politikayı belirten tekrarlı yapıya ulaşılabilir. Aşama n 'de ve s durumunda başlanması halinde optimal politika kararının verilmesi X_n 'in değerinin bulunmasını gerektirmektedir. Dinamik programlama karar probleminin fonksiyonel eşitlik şeklindeki modeli şu şekilde gösterilir.

$$f_n^*(s_n) = \max_{x_n} [f_n(s_n, x_n)] \text{ veya } f_n^*(s_n) = \min_{x_n} [f_n(s_n, x_n)]$$

- Problemin çözümünde, yineleme ilişkisi kullanılarak çözüm işlemleri sondan başa veya baştan sona doğru aşama aşama sürdürülür. Her aşamada, her bir durum için optimal politika bulunarak, ilk veya son aşamadaki optimal politika elde edilinceye kadar işlemlere devam edilir. Problem çözümlenirken aşamalarda geriye veya ileriye doğru gidilebilirse de, özellikle aşamaların zaman boyutundaki noktalara denk olduğu problemlerde, işlemler sondan başa doğru yapılır ve değerlendirilen bir aşamaya yeniden dönülmez.

Dinamik programlama yönteminin özelliklerini özetle şu şekilde ifade edebiliriz:

- Çok aşamalı problem alt parçalara, adımlara veya tek tek aşamalara bölünür. Buna “ayrıştırma” veya “dekompozisyon” denir.

- Aşamalarda her seferinde bir kez olmak üzere (veya yineleme ile), belirli bir optimizasyon amacına bağlı olarak kararlar verilir.
- Problemin tümüne ait çözümü elde etmek için aşama sonuçları birleştirilir. Birleştirme sonucunda politika olarak adlandırılan ardışık kararlar dizisi elde edilir.⁴⁸

6.3 Dinamik Programlamanın Avantaj Ve Dezavantajları

Dinamik programlama, sırayla verilen kararlarla ilgili bir tekniktir ve alınan her bir karar bir sonraki kararı etkileyecek sonucu ortaya çıkartmaktadır. Dolayısıyla en son aşamada, önceden ortaya konulan optimal değerler hesaba katıldığından her aşama aynı yöntemle optimumlaştırılmalı ve sonraki kararlar önceden verilen kararlar zincirinin üzerindeki etkisini göz önünde bulundurmalıdır. Bu düşünüş felsefesi ile dinamik programlamanın diğer yönelem araştırmaları yöntemlerine göre bir takım üstünlükleri ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıda dinamik programlamanın avantaj ve dezavantajları olarak açıklanmıştır.

6.3.1 Dinamik Programlamanın Avantajları

- Zor ve karmaşık problemler, dinamik programlama yaklaşımı ile birbirleriyle ilişkili alt problemlere ayrılarak daha kolay bir şekilde çözümlenebilmektedirler. Dinamik programlamanın bu avantajı özellikle üretim düzeltme ve planlama gibi ardışık kararlar içeren problemler için çok önemlidir.
- Dinamik programlama diğer matematiksel programlama problemlerine uygulanabilen esnek yapısıyla, bir teknikten ziyade bir optimizasyon yaklaşımıdır. Amaç fonksiyonundaki her bir değişken, bir aşamada belirlenebilmektedir. Tamsayılı programlama problemleri ve doğrusal olmayan tamsayılı programlama problemleri dinamik programlama yaklaşımıyla çözülebilmektedir.
- Dinamik programlama deterministik ve stokastik süreçlere uygulanabilmektedir.
- Dinamik programlamanın hesaplama yöntemi duyarlılık analizi yapmaya elverişlidir.

⁴⁸ Hallaç, s. 162

- Dinamik programlama problemlerin çözümünde olası tüm seçeneklerin dikkate alınması yerine, çok daha az hesaplama yapma kolaylığı sağlamaktadır. Örneğin; 2 değişkenli ve her bir değişken için 10 farklı seçenek içeren bir problemin tam sayımı $10^2 = 100$ işlem gerektirmekte, 4 değişken olması halinde $10^4 = 10.000$ işlem gerektirmektedir. Değişken sayısı arttığında tam sayım çok büyük bir artış göstermektedir. Buna karşılık dinamik programlama, benzer problemlerin çözümünde çok daha az işlem gerektirmenin yanı sıra değişken sayısının 2'den 4'e çıktığı durumlarda aşama sayısı da 2'den 4'e çıkmaktadır. Dinamik programlama problemlerinde amaç fonksiyonundaki değişken sayısı kadar aşama sayısı vardır.

- Dinamik programlamanın hesaplama açısından yararlı olmasının nedeni her aşamada durum örnek uzayının sabit olmasıdır. Verilen bir giriş durumu ile başlayan karar değişkenlerinin sayısı çok fazla olduğunda, dinamik programlama hesaplama açısından çok avantajlıdır. Her aşamadaki durum sayısı azaldıkça dinamik programlamanın hesaplama avantajı azalır. Herhangi bir aşamada verilen kararlar sonraki aşamaları etkiliyorsa sayısal anlamda kolay hesaplamalar olabilir.

- Kimya süreçleri gibi ardışık tipteki problemlerin çözümü yalnızca dinamik programlama yöntemiyle yapılabilmektedir.

- Kararları bölümlere göre ayırabilme varsayımı sayesinde tüm olası yolları tek tek hesaplamadan bazı yollar elimine edilerek optimallik analizi yapılmaktadır.

6.3.2 Dinamik Programlamanın Dezavantajları

- Dinamik programlama diğer matematiksel programlama tekniklerinden daha zor anlaşılır kavramlara sahiptir. Problemin kavranıp uygun bir formül yardımıyla çözülebilmesi için kesinlikle bir uzmana ihtiyaç duyulmaktadır.

- Simpleks yöntemi gibi genel bir algoritması yoktur. Bu yüzden dinamik programlama için yazılmış paket programlar çok az sayıda olmasına karşın, bu paket programlar çoğu durumda yetersiz kalmakta veya büyük sorunlar içermektedir.

- Dinamik programlamanın önemli bir dezavantajı boyutsallık sorunudur. Durum değişkeni ve karar değişkeninin alacağı değerlerin çok sayıda olması, her bir aşama için oluşturulacak çizelgelerin boyutunu önemli ölçüde artırmaktadır.

- Etkin bir hesaplama algoritmasının eksikliği, dinamik programlamayı gerçek dinamik kararları almada pratik olmaktan çok kavramsal olmaya dönüştürür.

Dinamik programlama modelinin dezavantajları son yıllarda bilgi işlem teknolojisindeki gelişmeler sayesinde azalmaktadır. Yönetim ve enformatik biliminin bir arada kullanılması ile çok amaçlı işletme sorunları daha kolay çözülebilmektedir. Dinamik programlama formülasyonu ile yöneticiler probleme ilişkin veri, bilgi ve çıktı analizini daha doğru yapabilmektedirler. Dolayısıyla iyi belirlenmiş bir dinamik programlama formülü karar vericilerin doğru karar vermelerinde en önemli unsurlardan birini oluşturmaktadır.⁴⁹

6.4 Optimallik İlkesi Ve Dinamik Programlama Formülasyonu

Dinamik programlama yöneylem araştırmasının optimumlaştırma yöntemleri arasında doğrusal programlamadan bir aşama daha ileride olan tek işlem yerine birden çok işlemi sıra ile elde edebilen özel planlama ve programlama yöntemidir. Dinamik programlamanın çözüm yöntemi, problemin bütünü alt problemlere bölmek ve her alt problemin optimal çözümünün bulunması yoluyla problemi çözmektir. Aşamaları oluşturan her alt problem karar sürecinin bir parçasıdır. Her aşamada optimal bir seçim yapılarak en iyi politika belirlenir. Optimallik ilkesine göre optimal politika ya da karar öyle bir özellik taşımalıdır ki bir duruma nasıl erişildiği göz önüne alınmaksızın sonraki kararlar o durumun terk edilmesinden sonra optimal bir politikayı oluşturmalıdır.⁵⁰

Optimallik ilkesi dinamik programlamanın esasını oluşturur. Bu ilkeye göre birbiri ardına gelen iki aşama arasında optimal değeri verebilecek biçimde ilişki kurulabilmektedir. Bellman optimallik ilkesi ile sıradan optimizasyon problemlerine önemli katkıda bulunmuştur. Problem bir çok eşitlik ve olasılıklarla ifade edilebilen matematiksel modellere dayanmaktadır. Optimallik ilkesi ilk olarak çok amaçlı problemlerin çözümünde dinamik programlamaya dayanılarak başarıyla uygulanmıştır. Dinamik programlama tekniklerini ortaya koyan Bellman'ın ifadesiyle:

⁴⁹ Ali Özdemir, **Yönetmel Karar Verme Sürecinde Dinamik Amaç Programlama Yaklaşımı Ve Bir Uygulama**, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi, İzmir, 2004, s. 18

⁵⁰ Tütek, Gümüšoğlu s. 349

“Optimum bir politika o şekilde olmalıdır ki; ilk durum ve ilk karar ne olursa olsun, ondan sonra verilecek kararlar, ilk karardan doğan sonuçlara rağmen optimum bir politika oluşturmalıdır. Bir başka ifadeyle izlenecek çözüm yolu, önceki kararlar ne olursa olsun aşamalarda yine optimum politikayı verir. Örneğin birinci ve ikinci aşamada yanlış kararlar verilmiş olsa da üçüncü, dördüncü ve takip eden aşamalarda doğru kararlar verilebilir.

Dinamik programlama, her aşamadaki sonuç ve erişilmesi amaçlanan optimal sonuç arasında yinelenen ilişkiler kuran bir çözüm yaklaşımıdır. Dinamik programlamada her problem için yinelenen ilişkileri yazmak gereklidir. Bu tür bir denklem bir kez yazılınca, dinamik programlama hesaplamalarını gerçekleştirmek daha kolay olmaktadır. Her karar probleminde problemin özelliğine göre özgün bir model kurulsa dahi tüm dinamik programlama problemlerinde aşağıdaki genel formülasyona benzer formülasyonlar kullanılır.

N = Aşama sayısı

n = Mevcut aşama ($n = 1, 2, 3, \dots, N$)

$n - 1$ = Bir önceki aşama

s_n = n inci aşamada sistemin durumu (yinelenen ilişkileri kapsayan mevcut aşamada sistemin durumu)

s_{n-1} = $n-1$ inci aşamada sistemin durumu

x_n = n inci aşama için karar değişkeni

x_n^* = s_n durumunda bulunan x_n 'lerin optimal değer

$r_n(s_n, x_n)$ = s_n durumundaki x_n kararı benimsendiğinde n inci aşamada gerçekleşen kazanım

$f_n(s_n)$ = n inci aşamada ki s_n durumundan başlayıp işlemlerin sonuna kadar, her alternatif için gerçekleşen toplam kazanım

$f_n^*(s_n)$ = En iyi toplam kazanım (n inci aşamadaki s_n durumundaki en iyi $f_n(s_n)$ değeri)

$f_{n-1}^*(s_{n-1})$ = n-1 inci aşamada elde edilen en iyi toplam kazanım

Bu verilere göre yinelenen ilişkileri ele alan dönüşüm fonksiyonu, amaç minimizasyon ve çözüm ileriye doğru en iyileme olduğunda

$$f_n^*(s_n) = \min_{x_n} [r_n(s_n, x_n) + f_{n-1}^*(s_{n-1})]$$

maksimizasyon ve çözüm ileriye doğru en iyileme olduğunda

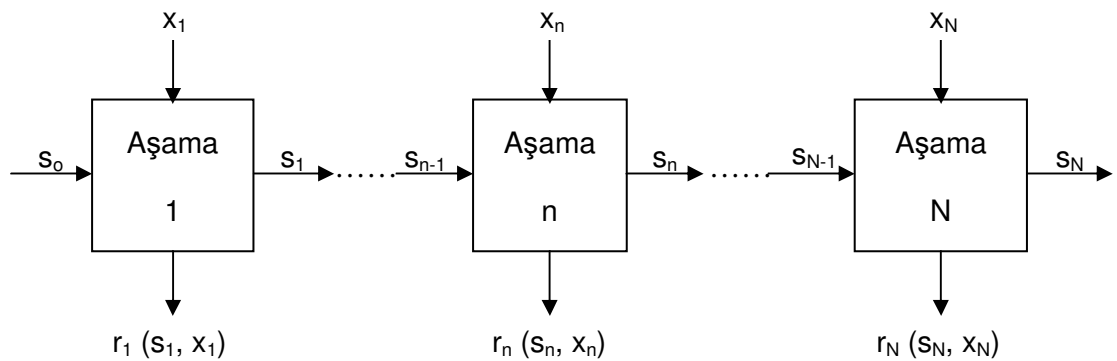
$$f_n^*(s_n) = \max_{x_n} [r_n(s_n, x_n) + f_{n-1}^*(s_{n-1})]$$

6.5 Dinamik Programlamanın Çözüm Yol Ve Yöntemleri

6.5.1 İleriye Doğru Çözüm Yöntemi

Bu çözüm yönteminde n-1 inci aşama ile ilgili bilgiler, n inci aşamanın karar girdilerini oluştururlar. Buna bağlı olarak çözüme 1 inci aşamadan başlanılarak 2, 3,..., n-1, n ve N inci aşamaya doğru gidileceğinden dönüşüm fonksiyonları da buna uygun olarak formüle edilecektir.⁵²

ŞEKİL 20: N Aşamalı Bir Problemin İleriye Doğru Çözüm Süreci



Kaynak: Anderson, Sweeney, Williams, 2000, s. 827

⁵¹ Efraim Turban, Jack R. Meredith, **Fundamentals Of Management Science**, 4. Baskı, Business Publications, Texas, 1988, s.528

⁵² Sezen, s.19

Başlangıç aşamasında sistemin durumu s_0 olarak gösterilmektedir. Birinci aşama içerisinde, birinci aşamanın çıktısını belirleyen bir dönüşüm fonksiyonu yardımıyla işlem gerçekleştirilerek x_1 karar değişkeni ile gösterilen çıktıya ulaşılır. x_1 kararının verilmesiyle elde edilen getiri ise $r_1(s_1, x_1)$ ile gösterilir. Süreç bu şekilde son aşamaya kadar sürdürülür. İleriye doğru çözüm yolunun kullanıldığı durumlarda, farklı aşamalar için oluşturulan dönüşüm fonksiyonları özet olarak aşağıda görülmektedir.

Birinci aşama için

$$f_1(s_1) = \min (\max) [r_1 (s_1, x_1)]$$

İkinci aşama için

$$f_2(s_2) = \min (\max) [r_2 (s_2, x_2)] + f_1(s_1)$$

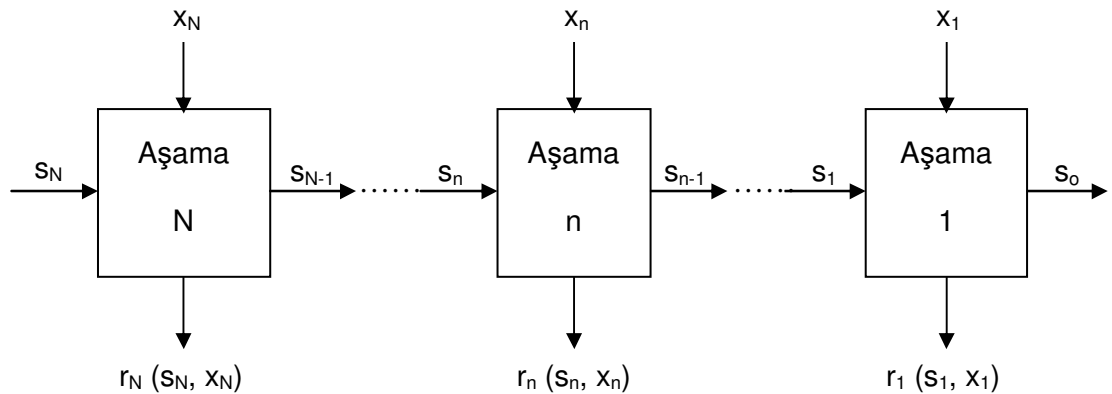
N inci aşama için

$$f_N(s_N) = \min (\max) [r_N (s_N, x_N)] + f_{N-1} (s_{N-1})$$

6.5.2 Geriye Doğru Çözüm Yöntemi

Bu çözüm yönteminde de çözüme 1 inci aşamadan başlanılarak 2, 3, ..., n-1, n ve N inci aşama için işlemler gerçekleştirilir, ancak işlem sırası akışın aksi yöndedir. Geriye doğru çözüm yolu da ileriye doğru çözüm yoluna benzer şekilde şematik olarak aşağıdaki biçimde gösterilebilir.

ŞEKİL 21: N Aşamalı Bir Problemin Geriye Doğru Çözüm Süreci



Çözümüne başlanacak son aşamada sistemin durumu s_1 olarak gösterilirken, bu aşamada gerçekleştirilen dönüşüm fonksiyonu yardımıyla ilk aşamanın çıktısı yani karar değişkeni olan x_1 elde edilir. X_1 kararının verilmesiyle elde edilecek olan getiri de $r_1(s_1, x_1)$ biçiminde gösterilmektedir. Süreç bu şekilde ilk aşamadan son aşamaya kadar sürdürülür. İleriye doğru çözüm yolunda gösterildiği gibi geriye doğru çözüm yolunun kullanıldığı durumlarda da farklı aşamalar için oluşturulacak dönüşüm fonksiyonları özet olarak aşağıda görülmektedir.

Çözümüne başlanacak ilk aşama için

$$f_1(s_1) = \min(\max) [r_1(s_1, x_1)]$$

İkinci aşama için

$$f_2(s_2) = \min(\max) [r_2(s_2, x_2)] + f_1(s_1)$$

N inci aşama için

$$f_N(s_N) = \min(\max) [r_N(s_N, x_N)] + f_{N-1}(s_{N-1})$$

Dinamik programlama problemlerinin çözümünde ister tablosal isterse analitik çözüm şekli kullanılsın, aşamalar ileriye veya geriye doğru çözümlenebilir. Her iki yöntem de aynı sonucu vermektedir. Çözümde baştan sona doğru veya sondan başa doğru gidileceğini problemin yapısı ve problemi çözen kişinin probleme yaklaşımı belirlemektedir.

6.5.3 Tablosal Çözüm Yolu

Tablosal çözüm yolu optimal politikanın belirlenmesi amacıyla yönelik olarak, çözümün aşama aşama tablolar halinde gösterilmesi olarak tanımlanabilir. Karar probleminin çözüm süreci ile ilgili aşamalarda tüm durumlar göz önüne alınarak karar seçenekleri belirlenir. Her aşamada dönüşüm fonksiyonları yardımı ile hesaplanan ilgili seçenekler arasından en iyileri belirlenerek tabloya yerleştirilir. Seçenekler arasından seçim yapılırken, seçilen seçeneğin uygun çözüm sağlayıp sağlamadığı da çözüm sırasında göz önünde bulundurulmalıdır. Uygun çözüm

sağlamayan seçenekler hesaplamalara dahil edilmez. Dolayısıyla, bu çözüm yolu ile elde edilen çözümler de uygun çözümler olmaktadır. Bu nedenle tablosal çözüm yolunun, yalnızca uygun seçenekleri göz önüne alarak çözüm yapılmasına olanak sağladığı söylenebilir.

Tablosal çözüm yolunda her bir tablodaki satırlar, uygun durum değerlerini gösterirken sütunlar da mümkün karar seçeneklerini gösterecek biçimde düzenlenir. Tüm dinamik programlama problemlerinde her aşama için aşağıdakine benzer bir tablo elde edilir.

s_n	x_n	$r_n(s_n, x_n)$	$f_n^*(s_n)$	x_n^*

n = Mevcut aşama ($n = 1, 2, 3, \dots, N$)

s_n = n inci aşama için mevcut durum

x_n = n inci aşama için karar değişkeni

x_n^* = s_n durumunda x_n 'in en iyi değeri

$r_n(s_n, x_n)$ = s_n durumundaki x_n kararı benimsendiğinde n aşamasında gerçekleşen kazanım

$$f_n^*(s_n) = \min_{x_n} [r_n(s_n, x_n)]$$

veya

$$f_n^*(s_n) = \max_{x_n} [r_n(s_n, x_n)] \text{ biçiminde belirtilmektedir.}^{53}$$

Her aşama için benzer bir tablo düzenlenir. Çözümün ileriye veya geriye doğru en iyileme olmasına göre bir önceki aşamadaki tablo verileri bir sonraki aşamanın tablo çözümünde de kullanılacaktır. Son aşamaya ilişkin tablo çözümlendiğinde problemin tamamının çözümü de elde edilmiş olacaktır.

⁵³ Doğan, s. 528

6.5.4 Analitik Çözüm Yolu

Analitik çözüm yolu, problem için her aşamada oluşturulan dönüşüm fonksiyonlarının türevleri alınarak, her aşamada çözüm için en iyi değerin bulunmaya çalışıldığı çözüm yoludur. Dönüşüm fonksiyonu her aşamada tek bir değişkene bağlı olarak en iyilenmeye çalışılmaktadır. Dinamik programlama ile bir problemin çözümünde tablosal çözümün kullanılabilmesi için problemle ilgili parametrelerin sayısal değerlerinin ve kısıtların açık olarak verilmesi gerekmektedir. Bunların verilmediği durumlarda çözüm yolu olarak analitik çözüm yolu kullanılmaktadır.⁵⁴

6.6 Dinamik Programlama Türleri

6.6.1 Deterministik Dinamik Programlama

Mevcut aşamada mevcut politika ve durumlarla, gelecek durum ve kararların kesin olarak belirlenebildiği süreçler deterministik süreçler olarak adlandırılmaktadır.⁵⁵ Herhangi bir karar probleminde, karar modeli kesin (belirli) bilgilere dayanılarak kuruluyorsa karar süreci deterministik olarak tanımlanır. Bir başka ifadeyle deterministik bir karar modelinde modeldeki katsayılar, kısıtlar ve çözüm değerleri önceden kesin bir şekilde bilinebilmektedir. Deterministik süreçler, bir kararın seçme konusu yapılması durumunda bu karardan doğacak sonuçların önceden bilineceği gerçeğine dayanmaktadır. Doğasının gereği olarak biri ötekisini izleyen süreçler için herhangi bir aşamada durumun değişmesi önceki aşamadaki aksiyon ve durum ile saptanmaktadır. Bunun sonucu olarak, birbirini izleyen deterministik süreçler için kararlar ya bireysel olarak ya da tümüne göre alınabilmektedir. Hiç kuşku yok ki dinamik programlamanın temel özelliğini kararların tek tek ele alınması oluşturmaktadır. Ancak birbirini izleyen süreçler içerisinde birbirini izlemeyen süreçlerin varlığı da böyle zıt durumu olanaklı kılabilir.⁵⁶

⁵⁴ Sezen, s. 17

⁵⁵ Hiller, Lieberman, s.433

⁵⁶ Özdemir, Yönetmelik Karar Verme, s. 25

Dinamik programlama yaklaşımında, bir sonraki aşamadaki durum tamamen irdelenmekte olan aşamadaki eylem kararı tarafından belirlenirse problem deterministik olarak tanımlanır. Çok aşamalı karar süreçlerinin çoğunda her karar gider ya da yararlarla ilişkilidir. Söz konusu gider ya da yararlar, sürecin aşama ve durumuna göre değişebilmektedir. Bu tür süreçlerin analizindeki temel amaç en büyük toplam getiriye sağlayan optimal politikanın belirlenmesidir.

Deterministik karar sürecinde, her işlemin sonucu kesin olarak bilinmektedir. Her bir alt karar aşamasının optimizasyonu, yöntemine uygun olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bir dizi kararların alındığı problemler zaman içinde açıkça belirlenmektedir. Deterministik programlama problemlerinin içinde üretim planlaması, stok kontrol, yenileme ve yatırım kararlarının alınması problemleri incelenmektedir. Burada dinamik programlama yaklaşımı içindeki bir aşama zaman birimi olarak hafta, ay veya yıl ile belirtilebilmektedir. Diğer bir yaklaşıma göre, direkt olarak zamanla belirtmek yerine karar sürecinin sırası önemli olabilmektedir. İkinci yaklaşımın içinde, üretim süreci ve optimal yol problemi sayılabilmektedir.

Dinamik programlama problemleri içinde deterministik problemler oldukça önemlidir. Bu tür problemlerde gelecek aşamada verilecek karar, bugün verilen optimal karar ve durum ile tam olarak belirlenebilmektedir. Deterministik dinamik programlama Şekil 22'de görülmektedir.

ŞEKİL 22: Deterministik Dinamik Programlama İçin Temel Yapı



Kaynak: Özdemir, Yönetmel Karar Verme, 2004, s. 28

Şekilden de görüleceği gibi n aşamasındaki işlem s_n durumunda oluşmaktadır. X_n kararının verilmesi, n aşamasının ileriye doğru amaç fonksiyonuna

yaptığı katkı olan $r_n(s_n, x_n)$ ' i verir. Bu x_n kararının sürece olan katkısıdır. X_n kararının verilmesi süreci $(n+1)$ aşamasındaki s_{n+1} durumuna götürecektir. Böylece en iyi kararı vermek için oluşan katkı fonksiyonu bir önceki durumdan hesaplanan $r_{n+1}^*(s_{n+1})$ olacaktır. X_n için en iyi değeri $r_n^*(s_n) = r_n(s_n, x_n^*)$ i verir. Sonra s_n 'in mümkün her değeri için x_n^* ve $r_n^*(s_n)$ değerleri bulunur. Böylece çözüm, prosedürü bir aşama ileriye götürmeye hazır olmuş olur.

Belirli dinamik programlama problemlerini sınıflandırmanın bir yolu amaç fonksiyonunun biçimine göre sınıflandırmadır. Örneğin amaç her bir dönemde toplamları en küçükleme (maliyetler için) veya en büyükleme (kâr için) olabilir. Diğer bir sınıflama ise durum kümelerinin özelliğine göre sınıflandırmadır. s_n durum değişkenleri sürekli, kesikli veya durum vektörü (birden fazla değişken) biçiminde oluşabilir.

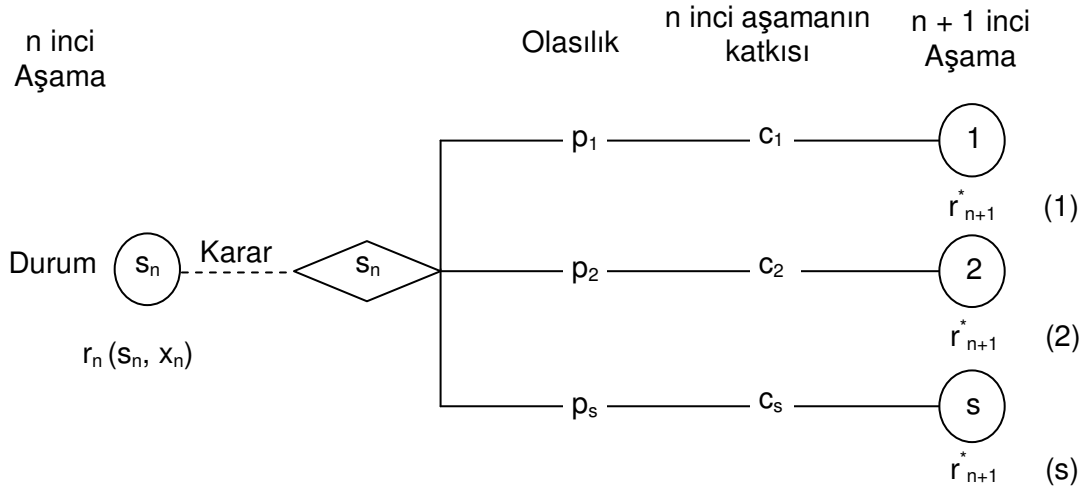
6.6.2 Stokastik Dinamik Programlama

İçinde pek çok büyüklükleri bulunduran bir sistemi oluşturan olaylar, zaman içinde tahmin edilemeyen biçimde değişmekte ve olayı oluşturan büyüklüklerin olasılık içinde bulunan değerlerine, hiçbir statik dağılım kanununa bağlı bulunmamaktadır. Bir ya da birden çok büyüklüğün zaman fonksiyonuna göre tesadüfi bir özellik nedeniyle değişmesi durumunda, elde edilen modele "stokastik süreç" adı verilmektedir. Stokastik süreçleri deterministik süreçlerden ayıran en belirgin özellik, bu süreçlerden herhangi bir aşamada verilen karardan ötürü değişen ve ortaya çıkacak durumun daha önceden saptanamamasıdır. Ancak değişen durum belki de yapılan harekete ve ilk duruma bağlı olarak ortaya konan bir olasılık fonksiyonu yolu ile belirginleştirilebilmektedir. Stokastik dinamik programlamada her aşamadaki durumlar ve getiriler olasılıklıdır.⁵⁷

⁵⁷ Taha, s. 561

Stokastik dinamik programlamanın deterministik dinamik programlamadan en temel farkı, bir sonraki aşamadaki durumun mevcut aşamadaki durum ve politika kararı ile tam olarak belirlenememesidir. Bir sonraki durumda ne olacağına ilişkin bir olasılık dağılımı mevcuttur. Bununla beraber, bu olasılık dağılımı mevcut aşamadaki durum ve politika kararı ile tam olarak belirlenebilmektedir. Şekil 23 olasılıklı dinamik programlamaya ilişkin yapıyı sade bir şekilde tanımlamaktadır.⁵⁸

ŞEKİL 23: Stokastik Dinamik Programlama İçin Temel Yapı



Şekilde s, n+1 aşamadaki mümkün olan durumların sayısı olarak gösterilmiştir ve bu durumlar sağ tarafta 1, 2,, s ile işaretlenmiştir. Sistem s_n durumu ve n aşamasındaki x_n kararı verildiğinde p_i ($i=1, 2, \dots, s$) olasılığıyla i durumuna gider. Eğer sistem i durumuna giderse, c_i , amaç fonksiyonu için n aşamasındaki katkıdır. Yukarıdaki şekil tüm durum ve kararları içerecek şekilde genişletilirse, şekle bazen karar ağacı da denir. Eğer karar ağacı çok büyük değilse, çeşitli oluşabilecek olasılıkları özetlemek için faydalı bir yol sağlanmış olur. Olasılık yapıdan dolayı, $r_n(s_n, x_n)$ ile $r_{n+1}^*(s_{n+1})$ arasındaki bağıntı deterministik dinamik programlamadakinden daha karmaşıktır. Bağıntının en açık şekli tüm amaç fonksiyonuna dayalı olacaktır. Amacın beklenen toplamının en küçükleme olduğunu varsayalım. Bu durumda $r_n(s_n, x_n)$, s_n durumu ve x_n kararı verildiğinde n aşamasındaki beklenen değeri verecektir. Buna ilişkin eşitliklerde aşağıdaki gibi olacaktır.

⁵⁸ Hiller, Lieberman, s. 453

$$r_n (s_n, x_n) = \sum_{i=1}^X p_i [c_i + r_{n+1}^* (i)]$$

$$r_{n+1}^* (i) = \min_{x_{n+1}} r_{n+1} (i, x_{n+1})$$

Burada en küçükleme x_{n+1} değerlerinden oluşacaktır.

Stokastik süreçlerde, $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ rassal değişkenler ise, n aşamalı bir süreçte durumsal olasılık, $P_s (x_n = s_n | x_{n+1} = s_{n+1})$ n aşamadaki s_n durumu verildiğinde s_{n+1} durumuna hareket edebilme olasılığıdır. Bu p_s olasılığı olarak ifade

edilmektedir. Bu olasılık, $0 \leq p_s \leq 1$ ve $\sum_{i=1}^X p_s = 1$ özelliklerine sahiptir.

Kabul edilmemiş durumlar için optimal hareketlerin hesaplanması gerekebileceğinden, kimi bilim adamları dinamik programlamanın deterministik sistemler için kullanılmasının gereğinden çok hesaplamalara yol açabileceğini ileri sürmektedir. Buna karşılık stokastik sistem içinde politikanın saptanmasından sonra da olsa hangi durumun kabul edileceği daha önceden bilinmemekte; kimi problemlerde, herhangi bir aşamada kabul edilen bir durumun sıfırdan farklı bir olasılığı olabilmektedir. Hiç kuşkusuz böyle durumlarda olanaklı her durum için uygun görülen işlemi bilme gereksinimi vardır. Bu tür sistemler için politikayı saptamada iki olanaklı alternatif yaklaşım vardır. Bunlar ya türlü politikaları benzetim (simülasyon) yolu ile ya da türlü politikaların etkilerini analitik olarak hesaplama yolu ile saptamaktır. Sonuncu yaklaşım Yöneylem Araştırması biliminde "Stokastik Programlama" adı ile anılmaktadır ve stokastik optimumlaştırma problemini özdeş deterministik optimumlaştırma problemi haline dönüştürmektedir.

Araştırma konusu yapılan sürecin deterministik bir özelliği olmaması halinde, kararın sonucu durum vektörünün olasılık dağılımına bağlı olarak bulunmaktadır. Böylece, verilen değerler arasında olasılık içinde bir seçim yapma olanağı ortaya çıkmaktadır. Stokastik dinamik programlamada mevcut aşamadaki değer ile bir önceki aşamadaki toplam değer birlikte hesaba katılmakta ve mevcut durumun maliyetleri ile gelecekteki aşamanın durumlarının rassal olduğu varsayımı optimalite prensibine uygulanmaktadır.

6.7 Envanter Problemi Ve Dinamik Programlama

Envanter, hareketsiz duran her çeşit malzemeyi ifade edip, fiziksel mevcudiyeti gösterir. Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğündeki bir sistemde stok bulundurmaya pek gerek yoktur. Zira ham maddeler sipariş alındıktan sonra tedarik edilir ve mamul bittiğinde müşteriye derhal teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, mamul çeşidi arttıkça, tedarik, talep ve imalata ilişkin belirsizlik ve aralarındaki ilişkinin karmaşıklığı stok bulundurmaya zorunlu kılar.⁵⁹

Envanterleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Malzemenin akış süreci içindeki beklediği yerin konumuna göre, ham madde ve yarı mamul stokları, üretim içi stokları ve mamul stokları olarak üç çeşit envanter elemanı tanımlanabilir. Envanterlerin hizmet ettikleri ana amaç göz önüne alınarak da bir sınıflandırma, talep dalgalanmalarını karşılamak amacı ile oluşturulan stoklar, beklenmedik aşırı talebi karşılamak amacına hizmet eden stoklar, sipariş ve elde bulundurma maliyetleri toplamını minimum yapan ekonomik sipariş miktarı stokları, üretim kaynağı ile tüketici arasında taşınan miktarı karşılamak amacı ile oluşturulan dağıtım stokları şeklinde yapılabilir.⁶⁰

Envanterler bu yapıları ile işletmede önemli bir ekonomik kaynak olup, yatırımların büyük bir bölümünü oluştururlar. Envantere bağlanan işletme sermayesinin toplam sermayeye oranının % 40-60 mertebelerine kadar yükselebileceği düşünüldüğünde, envanterin işletme maliyeti ve kârlılığı açısından performansı etkilemede taşıdığı önem dikkat çekicidir.

Envanter, üretim sürecinin performansını da etkileyen bir role sahiptir. Bu özelliği dolayısıyla envanter yönetiminde sağlanan performans, toplam yönetim performansının bir göstergesi olmalıdır. Envanter yönetiminde düşük envanter bir etkinlik göstergesidir. Düşük envanter seviyesini finansman, alım, üretim ve satış işlevleri arasında yapılacak eşgüdümlü çalışmalarla gerçekleştirmek gerekir. Envanter yönetimindeki başarı bu çalışmalarda sağlanacak uyuma bağlıdır. Bu gereklilik, envanter yönetiminin sağladığı anlam değerlendirildiğinde ortaya çıkmaktadır.

⁵⁹ Bülent Kobu , **Üretim Yönetimi**, Avcıol Basım Yayım, İstanbul, 1996

⁶⁰ Plossl G. **Production And Inventory Control**, Prentice Hall, 1997, s. 49

İyi bir envanter yönetimi müşteriye talep ettiği zamanda ve miktarda ürün sağlayabilme olanağı yaratır. Aksi takdirde işletme satış ve müşteri kaybetme riskiyle karşı karşıya kalır. Envanter yönetimi ayrıca, üretim sürecindeki üretim akış hızının denge ve sürekliliğini sağlayarak zaman ve maliyet açısından en ekonomik üretimin gerçekleştirilmesini kolaylaştırır.

Başarılı bir envanter bulundurma politikasının izlenmemesi, satılmayan aşırı stoklara para bağlanmasına, değeri düşen ve eskiyen stok kalemlerinin oluşmasına yol açarak işletmeye büyük ekonomik kayıplar verdirebilir. Bu nedenle envanter politikasının analizi işletmenin alım, satış ve üretim planlama politikalarının performansını belirleyici göstergeleri ortaya çıkarmada son derece etkilidir.

Envanter etkinlikleri zaman ve maliyet açısından da önemlidir. Stoklar direkt işçilik ve ham madde ile malzeme maliyetini oluşturan bir unsur olmanın yanı sıra pek çok indirekt maliyet unsurunun da oluşmasına yol açar. Malzeme sipariş maliyetleri dışında, stokların bulundurulmasından doğan depolama, bina, taşıma, sigorta, faiz, yoklama, kayıt, bozulma ve eskime gibi maliyetler bu nedenle oluşan maliyetlerdir. Bütün bu maliyet unsurları, envanter bulundurma politikasının üretimde düşük maliyet ilkesine aykırı yönleri oluşturur.

Bütün bu olumsuz etkilerine karşın işletmeler yinede belirli düzeyde envanter bulundurmaya zorunda kalabilirler. Bu amaçla, işletmeler satış planlarına uygun düzenlemeler yaparak güvenlik envanterlerini oluştururlar. Ham madde, yarı mamul ve nihai ürünün her biri için güvenlik envanteri söz konusu olabilir. Güvenlik envanter miktarı istatistiksel yöntemlerle belirlenir. Satış tahminlerine ve üretim akış hızına uygun olarak özellikle malzeme için ekonomik sipariş miktarı ve sipariş noktası belirlenerek, envanter yönetimi bilimsel uygulamalara dayandırılarak geliştirilebilir. Önemli olan husus, doğru ürünü doğru süre ve miktarda stoklamaktır. Başarılı bir envanter bulundurma politikası ile işletmeler, aşırı kapasite kullanımı ve envanter maliyetine karşın önemli yararlar sağlayacaklardır.

Envanter yöneticisi ideal olarak bir sipariş noktası tespit etmelidir. Böylelikle malların getirilmesi zamanı ile envanter miktarından istemin, stok miktarını güven stoğu düzeyine indirme zamanı çakıştırılır. Programlanan sipariş hacmi ve süresi diğer sipariş dönemindeki istemi karşılayabilecek şekilde ayarlanmalıdır. İstemin,

envanter üzerindeki değişen etkisi ve bu ilişkiyi bulmada hazırlık süresi ile ilgili değişkenlik göz önünde bulundurulmalıdır.

Envanter yöneticisi, sadece en uygun tahmin yöntemini belirlemekle kalmamalı aynı zamanda tahminleme hızını da tespit etmelidir. Haftalık tahmin döneminin seçimi, sürekli olmayan istem yolunun izlenmesini gerektirir. En iyi bilinen tahmin yöntemi bile konuyu yeterli derecede izleyemez. Bununla birlikte, aynı istem için aylık tahminlerin envanter durumunun izlenmesinde en uygun yol olduğu söylenebilir. Sipariş hacmi büyüdükçe, her siparişe ilişkin üretim ve sipariş verme gibi zaman maliyet giderleri çok sayıdaki ünitelere anahtarlarla dağıtımları yapılarak eritilmesi sağlanır. Böyle bir faaliyet ile sipariş maliyet gideri azalırken, ortalama envanter düzeyi yükselir. Stoklama giderleri faiz, depo, eskime ve aşınma giderlerini kapsadığı ve ortalama envanter ile değerlerinde yükselme veya azalma gerçekteşmesinden ötürü bu durum stoklama giderlerinin yükselmesi anlamına gelmektedir. Envanter yöneticisi, stoklanması gerekli envanter hacmine karşılık, karşılanmamış istemin maliyet giderini dengeleyerek gerekli koruma derecesini değerlendirmelidir.

Envanter kontrolünde ne zaman, ne kadar miktarda sipariş verileceği soruları konunun temelini oluşturmaktadır. Envanter kontrolünde, sipariş ve satış miktarının dönemselsel ve zamana bağlı olmaları dinamik bir incelemenin olanaklı olduğunu ortaya koymaktadır. Envanterin, belirli malzemeleri gruplara ayırması ve dinamik özellik göstermesi nedeniyle, envanter kontrolü alanında dinamik programlama etkili bir yöntemdir. Dinamik programlama, çok sayıda karar değişkeninin bulunduğu envanter sorunlarını ardışık küçük sorunlara bölerek çözümlenmesinde kullanılabilir. Modelde zaman değişkeni açık olarak alınabildiğinden, n dönemde birbirini izleyen üretim ve envanter kararlarının alınabilmesi kolaylaşmaktadır. Çeşitli uygulama alanları bulunan dinamik programlamanın en çok yararlandığı alanlardan biri envanter problemleridir.

Envanter problemlerinin özelliği, dinamik programlama yönteminin kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu kolaylığın nedeni, problem çözümüne ilişkin olarak aşama, durum ve yineleme denkleminin oluşturulması ile ilgilidir. Dinamik programlamanın ayrılmaz bir parçası olan ardışık karar verme sürecinde model, karar vericiye içlerinden seçim yapabileceği çeşitli alternatifler sunar. Bu alternatifler

belli bir değişkeni minimum veya maksimum kılma amacına ulaşma esasına dayanmaktadır. Envanter probleminde ulaşılacak istenilen amaç, belirli bir planlama dönemi sonunda toplam maliyeti minimum kılacak envanter miktarının belirlenmesidir.⁶¹ Aylık envanter planlamasında her ay bir aşamaya karşılık gelirken, her ayın talebi ve verilecek sipariş miktarına bağlı olarak oluşacak ay sonu envanter miktarı durumu temsil etmektedir. Problem çözümüne ilişkin yineleme denklemlerinin hesaplanması sonucunda farklı durumlarda oluşan maliyetlere göre karar vericiye çeşitli alternatifler sunulmaktadır. Karar verici bu alternatifler arasından optimum olanı seçerek problemin çözümüne ulaşabilmektedir.

6.7.1 Envanter Planlamaya İlişkin Genel Maliyet Fonksiyonlu Dinamik Programlama Algoritması

Modelin varsayımları;

1. Dönem içerisinde elde bulundurmaya izin verilmektedir.
2. Üretime her başladığında (her sipariş öncesinde) bir hazırlık maliyeti oluşmaktadır.

Modelde kullanılacak semboller $n = 1, 2, 3, \dots, N$ olmak üzere n inci aşama için aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

j_n = üretim/sipariş miktar

D_n = n inci aşama için talep miktarı

i = n inci aşamanın başlangıç stok miktarı

i_n = n inci aşama sonundaki stok miktarı

E = Birim stok bulundurma maliyeti

⁶¹ CC. Reyers Aldasora, AR Ganguly, G. Lemus, A. Gupta, **A hybrid Model Based On Dynamic Programming Neural Networks And Surragate Value For Inventory Optimisation Applications**, Journal Of The Operation Research Society, Vol. 50, Nu. 1, 1999, ss. 85-94

Maliyet bileşenleri;

n inci dönemin toplam maliyeti $C_n(j_n, i_n)$, üretim maliyeti $C_n(j_n)$ ile stok bulundurma maliyeti $E(i_n)$ 'nin toplamından oluşur.

$$C_n(j_n, i_n) = C_n(j_n) + E(i_n)$$

Üretim maliyeti $C_n(j_n) = F + (B \times j_n)$ formülü yardımıyla bulunur. Formülde F hazırlık maliyetini, B ise birim sipariş/üretim maliyetini temsil etmektedir. Aşama sonu stok miktarı, aşama başlangıcındaki stok miktarı ile o aşamadaki üretim/sipariş miktarının toplamından talep miktarının çıkartılması ile bulunur.

$$i_n = i + j_n - D_n$$

Elde bulundurmaya izin verilmesi sebebiyle, stok modeli bütün aşamalar için üretim/sipariş ve elde bulundurma maliyetlerini minimum kılmanın yollarını arar. Amaç talebi zamanında karşılamak ve toplam maliyeti minimize etmek olduğundan, amaç fonksiyonu şu şekilde yazılır.

$$f_n(i) = \text{Min} [C_n(j_n) + E(i + j_n - D_n) + f_{n-1}(i + j_n - D_n)]$$

$f_n(i)$: Başlangıç stok miktarı i seviyesindeyken daha n dönemin kaldığı durumda minimum maliyet.

$j_n(i)$: $f_n(i)$ 'yi veren üretim düzeyi, bir başka ifadeyle i stok düzeyindeki optimum üretim miktarı.

YEDİNCİ BÖLÜM

ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK KADEMELİ ENVANTER PROBLEMİNİN DİNAMİK PROGRAMLAMA YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU

Modern bilgi teknolojileri vasıtasıyla, çeşitli işlem ve dağıtım safhalarından oluşan lojistik faaliyetlerin entegre kontrolünün mümkün olması sebebiyle son on yıllık dönemde çok kademeli envanter modelleri üzerine yapılan araştırmalar önem kazanmıştır. Pek çok endüstri dalında ve hizmet sağlayan firmalarda çok kademeli lojistik ağ yapısının teşkili yaygınlaşmaktadır. Çok kademeli envanter teorisi, sayısal analiz ve optimizasyon yöntemleri ile çeşitli kademelerden oluşan entegre lojistik sistemlerin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Çok kademeli envanter sistemi tasarımında en önemli konu; her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün miktarının belirlenmesidir.

Son dönemlerde lojistik maliyetler azaltılarak, müşteri memnuniyetinin artırılması ile rekabeti geliştirmek üzere malzeme akışının optimize edilmesi ve dağıtım sistemlerinin yönetimi konusunda gerçekleştirilen çalışmalarda gelişmeler yaşanmaktadır. Dağıtım sistemlerinin çoğu merkezi depo ve çoklu bölgesel depolar ile perakende mağazalarından oluşmaktadır. Lojistik faaliyetlerin planlanması ve icrasında müşteri memnuniyet seviyesini artırırken, envanter maliyetinin azaltılması amaçlandığında, çok ürünlü çok kademeli envanter sistemlerinin etkin-verimli bir şekilde yönetilmesi ve özellikle her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan malzeme miktarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Müşteri taleplerinin zamanında karşılanabilmesi için bütün kademelerde belirli seviyelerde ürün stoğu bulundurulması kaçınılmazdır.

Dinamik programlama yöntemi maliyet minimizasyonu ve her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün miktarı hesaplanırken işlem kolaylığı sağlamaktadır.

7.1 Problem Tanımlaması

Bu çalışmada merkezi ve bölgesel depolar ile perakende mağazalarını içeren jenerik olarak tasarlanmış çok kademeli (üç kademeli) bir ikmal sisteminin üç günlük bir zaman diliminde her gün için perakende mağazalarından belirli miktarlarda talep

edilen üç farklı çeşit ürünün envanter maliyetini minimize edecek şekilde her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün miktarları dinamik programlama yöntemiyle geriye doğru çözüm tekniği uygulanarak optimize edilmiştir. Tasarlanan çok kademeli ikmal sistemi Şekil 24'de görülmektedir.

Problemin çözümlenmesinde birtakım varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Taşıma maliyeti sipariş maliyeti içerisinde değerlendirilmiştir.
- İşlem sadeliği yönünden hazırlık (sabit) maliyeti hesaplamalara dahil edilmemiştir.
- Tedarikçilerden temin edilen ürün miktarında herhangi bir kısıt bulunmamaktadır.
- Talepler perakendeciler vasıtasıyla karşılanmakta diğer kademelerde müşteri talebi kabul edilmemektedir.
- Her kademede oluşan talepler mutlak surette karşılanmakta ve gecikme yaşanmamaktadır.
- Her kademe sadece kendisinin bir üst kademesinden ikmal edilmekte, çapraz ikmale veya kademe aşılmasına izin verilmemektedir.
- Kademelerde üç günlük dönem başında stokta ürün bulunmadığı, sadece üçüncü günün sonunda perakendecilerin elinde ilk günlük talebi karşılayacak miktarda ürün bulunduracakları kabul edilmiştir.
- Merkezi depo ve bölgesel depolarda ürün paylaşımı konusunda herhangi bir aksaklık yaşanmamaktadır.

Tasarlanan ikmal modelinde hedeflenen amaç; kısıt değerler aşılmadan ve taleplerin tamamı karşılanacak şekilde, üç günlük dönem içerisinde toplam maliyeti minimize eden her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün ve sipariş miktarını belirleyen en uygun envanter planının bulunmasıdır. Amaç fonksiyonu şu şekilde tanımlanmıştır.

$$f_n(i) = \text{Min} \sum_{m=1}^1 \sum_{b=1}^3 \sum_{p=1}^3 \sum_{\ddot{u}=a}^c [C_{mbp\ddot{u}n} (j_{mbp\ddot{u}n}) + E_{mbp\ddot{u}n} (i_{mbp\ddot{u}n} + j_{mbp\ddot{u}n} - D_{mbp\ddot{u}n}) + f_{n-1} (i_{mbp\ddot{u}n} + j_{mbp\ddot{u}n} - D_{mbp\ddot{u}n})]$$

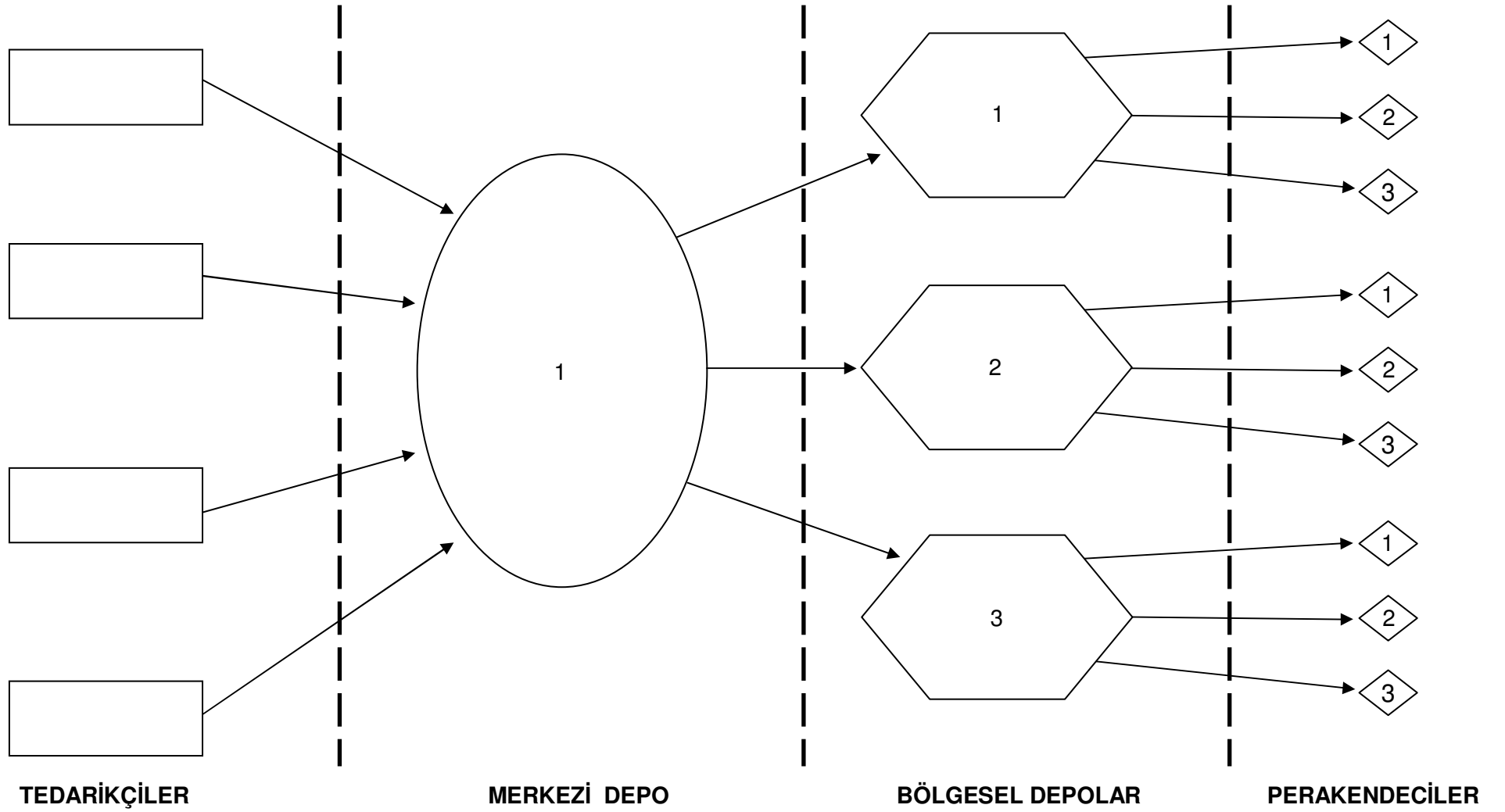
m = Merkezi Depo

b = Bölgesel Depo

p = Perakendeci

ü = Ürün (a, b, c)

ŞEKİL 24: Jenerik Çok Kademeli İkmal Sistemi



TABLO 11: Perakendecilerden Talep Edilen Ürün Miktarları

GÜNLER	BÖLGESEL DEPO 1									BÖLGESEL DEPO 2									BÖLGESEL DEPO 3								
	PERAKENDECİLER									PERAKENDECİLER									PERAKENDECİLER								
	1			2			3			1			2			3			1			2			3		
	ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	30	10	10	45	20	30	30	20	50	50	20	50	35	15	35	50	15	35	30	10	40	35	10	30	40	10	50
2	30	20	20	45	20	60	50	20	50	50	15	40	25	10	15	40	10	20	50	10	30	55	25	50	50	20	10
3	30	30	20	30	20	50	50	15	40	15	10	30	15	10	10	20	15	15	40	10	30	45	25	80	30	30	60

Çok ürünlü çok kademeli envanter sistemlerinin optimizasyonunda önemli özelliklerden birisi her kademedeki işlem parametrelerinin değişken olmasıdır. Perakendecilerden bulunulan ürün talep miktarları Tablo 11'de, sipariş maliyetleri Tablo 12'de, ürün bulundurma maliyetleri Tablo 13'de, sipariş ve stok kısıtları sırasıyla Tablo 14 ve Tablo 15'de verilmiştir.

TABLO 12: Sipariş Maliyetleri (YTL)

ÜRÜNLER	KADEMELER		
	PERAKENDECİ	BÖLGESEL DEPO	MERKEZİ DEPO
A	15	10	5
B	20	15	10
C	25	20	15

TABLO 13: Ürün Bulundurma Maliyetleri (YTL)

ÜRÜNLER	KADEMELER		
	PERAKENDECİ	BÖLGESEL DEPO	MERKEZİ DEPO
A	1	2	3
B	2	3	4
C	3	4	5

TABLO 14: Sipariş Kısıtları (Adet)

ÜRÜNLER	KADEMELER		
	PERAKENDECİ	BÖLGESEL DEPO	MERKEZİ DEPO
A	60	160	460
B	30	75	200
C	70	180	450

TABLO 15: Stok Kısıtları (Adet)

ÜRÜNLER	KADEMELER		
	PERAKENDECİ	BÖLGESEL DEPO	MERKEZİ DEPO
A	70	100	100
B	30	50	50
C	80	120	120

Tasarlanan model, geriye doğru dinamik programlama tekniği kullanılarak, tablosal yöntem ile optimize edilmiştir. Modelde her gün bir aşama, her günün başlangıcındaki stok miktarı durum değişkeni, sipariş miktarları karar değişkeni olarak kabul edilmiş, birinci kademe (Perakendeciler) için her ürünün üç günlük optimum envanter planı oluşturulmuş, daha sonra her ürünün optimum miktarlarının toplamı bir sonraki kademe için talep miktarı olarak belirlenmiş ve aynı esaslar dahilinde üçüncü kademede (Merkezi Depo) bulundurulması gereken ürün miktarı hesaplanarak çok ürünlü çok kademeli ikmal sisteminin üç günlük dönem için maliyeti minimize edecek envanter planı elde edilmiştir.

7.2 Modelin Çözülmesi

Modelin çözülmesinde ilk safhada, üç günlük dönemde perakendecilerden talep edilen ürün miktarları, maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir.

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 1

Ürün : A

$n = 1$ inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 60, i_1 = 30, D_1 = 30, j_1 \leq 60$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 30 = 30, i + j_1 = 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i + j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	60	30	900	30	0	60	930
10	50	30	750	30	0	50	780
20	40	30	600	30	0	40	630
30	30	30	450	30	0	30	480
40	20	30	300	30	0	20	330
50	10	30	150	30	0	10	180
60	0	30	0	30	0	0	30

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 30, j_2 \leq 60, D_2 = 30, j_2 \leq 60$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 30 \leq 60, 30 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i + j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	30	0	450	0	930	30	1380
0	40	10	600	10	780		1390
0	50	20	750	20	630		1400
0	60	30	900	30	480		1410
10	20	0	300	0	930	20	1230
10	30	10	450	10	780		1240
10	40	20	600	20	630		1250
10	50	30	750	30	480		1260
10	60	40	900	40	330		1270
20	10	0	150	0	930	10	1080
20	20	10	300	10	780		1090
20	30	20	450	20	630		1100
20	40	30	600	30	480		1110
20	50	40	750	40	330		1120
20	60	50	900	50	180		1130
30	0	0	0	0	930	0	930
30	10	10	150	10	780		940
30	20	20	300	20	630		950
30	30	30	450	30	480		960
30	40	40	600	40	330		970
30	50	50	750	50	180		980
30	60	60	900	60	30		990

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 30, D_3 = 30, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 30 \leq 30, 30 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	30	0	450	0	1380	30	1830
0	40	10	600	10	1230		1840
0	50	20	750	20	1080		1850
0	60	30	900	30	930		1860

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 1

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 30, i_1 = 10, D_1 = 30, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 30 = 10, i + j_1 = 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	30	10	600	20	0	30	620
20	20	10	400	20	0	20	420
30	10	10	200	20	0	30	220

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 20, 10 \leq i_2 \leq 30, D_2 = 20, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, 10 \leq i + j_2 - 20 \leq 30, 30 \leq i + j_2 \leq 50$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	30	10	600	20	620	30	1240
10	20	10	400	20	620	20	1040
10	30	20	600	40	420		1060
20	10	10	200	20	620	10	840
20	20	20	400	40	420		860
20	30	30	600	60	220		880

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 20, D_3 = 10, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 10 \leq 20, 10 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	10	0	200	0	1240	10	1440
0	20	10	400	20	1040		1460
0	30	20	600	40	840		1480

Bölgesel Depo : 1
 Perakendeci : 1
 Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $i \leq 30, i_1 = 10, D_1 = 20, j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 20 = 10, i + j_1 = 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	30	10	750	30	0	30	780
10	20	10	500	30	0	20	530
20	10	10	250	30	0	10	280
30	0	10	0	30	0	0	30

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 50, i_2 \leq 30, D_2 = 20, j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 20 \leq 30, 20 \leq i + j_2 \leq 50$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	20	0	500	0	780	20	1280
0	30	10	750	30	530		1310
0	40	20	1000	60	280		1340
0	50	30	1250	90	30		1370
10	10	0	250	0	780	10	1030
10	20	10	500	30	530		1060
10	30	20	750	60	280		1090
10	40	30	1000	90	30		1120
20	0	0	0	0	780	0	780
20	10	10	250	30	530		810
20	20	20	500	60	280		840
20	30	30	750	90	30		870

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
30	0	10	0	30	530	0	560
30	10	20	250	60	280		590
30	20	30	500	90	30		620
40	0	20	0	60	280	0	340
40	10	30	250	90	30		370
50	0	30	0	90	30	0	120

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 50, D_3 = 10, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 10 \leq 50, 10 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	10	0	250	0	1280	10	1530
0	20	10	500	30	1030		1560
0	30	20	750	60	780		1590
0	40	30	1000	90	560		1650
0	50	40	1250	120	340		1710
0	60	50	1500	150	120		1770

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 1

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	30	0	450	1830
	2	30	0	450	
	3	60	30	930	
B	1	10	0	200	1440
	2	30	10	620	
	3	30	10	620	
C	1	10	0	250	1530
	2	20	0	500	
	3	30	10	780	

Bölgesel Depo : 1
 Perakendeci : 2
 Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $15 \leq i \leq 30$, $i_1 = 45$, $D_1 = 30$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 30 = 45$, $i + j_1 = 75$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
15	60	45	900	45	0	60	945
20	55	45	825	45	0	55	870
25	50	45	750	45	0	50	795
30	45	45	675	45	0	45	720

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 15$, $15 \leq i_2 \leq 30$, $D_2 = 45$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $15 \leq i + j_2 - 45 \leq 30$, $60 \leq i + j_2 \leq 75$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	60	15	900	15	945	60	1860
5	55	15	825	15	945	55	1785
5	60	20	900	20	870		1790
10	50	15	750	15	945	50	1710
10	55	20	825	20	870		1715
10	60	25	900	25	795		1720
15	45	15	675	15	945	45	1635
15	50	20	750	20	870		1640
15	55	25	825	25	795		1645
15	60	30	900	30	720		1650

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 15, D_3 = 45, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 45 \leq 15, 45 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	45	0	675	0	1860	45	2535
0	50	5	750	5	1785		2540
0	55	10	825	10	1710		2545
0	60	15	900	15	1635		2550

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 2

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 20, i_1 = 20, D_1 = 20, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 20 = 20, i + j_1 = 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	30	20	600	40	0	30	640
20	20	20	400	40	0	20	440

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 10$, $10 \leq i_2 \leq 20$, $D_2 = 20$, $j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 20 \leq 20$, $30 \leq i + j_2 \leq 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	30	10	600	20	640	30	1260
10	20	10	400	20	640	20	1060
10	30	20	600	40	440		1080

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0$, $i_3 \leq 10$, $D_3 = 20$, $j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3$, $i + j_3 - 20 \leq 10$, $20 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	20	0	400	0	1260	20	1660
0	30	10	600	20	1060		1680

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 2

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 50$, $i_1 = 30$, $D_1 = 50$, $j_1 \leq 70$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 50 = 30$, $i + j_1 = 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
10	70	30	1750	90	0	70	1840
20	60	30	1500	90	0	60	1590
30	50	30	1250	90	0	50	1340
40	40	30	1000	90	0	40	1090
50	30	30	750	90	0	30	840

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 40$, $10 \leq i_2 \leq 50$, $D_2 = 60$, $j_2 \leq 70$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 60 \leq 50$, $70 \leq i + j_2 \leq 110$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	70	10	1750	30	1840	70	3620
10	60	10	1500	30	1840	60	3370
10	70	20	1750	60	1590		3400
20	50	10	1250	30	1840	50	3120
20	60	20	1500	60	1590		3150
20	70	30	1750	90	1340		3180
30	40	10	1000	30	1840	40	2870
30	50	20	1250	60	1590		2900
30	60	30	1500	90	1340		2930
30	70	40	1750	120	1090		2960
40	30	10	750	30	1840	30	2620
40	40	20	1000	60	1590		2650
40	50	30	1250	90	1340		2680
40	60	40	1500	120	1090		2710
40	70	50	1750	150	840		2740

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 40, D_3 = 30, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 30 \leq 40, 30 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	30	0	750	0	3620	30	4370
0	40	10	1000	30	3370		4400
0	50	20	1250	60	3120		4430
0	60	30	1500	90	2870		4460
0	70	40	1750	120	2620		4490

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 2

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	45	0	675	2535
	2	60	15	915	
	3	60	45	945	
B	1	20	0	400	1660
	2	30	10	620	
	3	30	20	640	
C	1	30	0	750	4370
	2	70	10	1780	
	3	70	30	1840	

Bölgesel Depo : 1
Perakendeci : 3
Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $20 \leq i \leq 40$, $i_1 = 30$, $D_1 = 50$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 50 = 30$, $i + j_1 = 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
20	60	30	900	30	0	60	930
30	50	30	750	30	0	50	780
40	40	30	600	30	0	40	630

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $10 \leq i \leq 30$, $20 \leq i_2 \leq 40$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $20 \leq i + j_2 - 50 \leq 40$, $70 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
10	60	20	900	20	930	60	1850
20	50	20	750	20	930	50	1700
20	60	30	900	30	780		1710
30	40	20	600	20	930	40	1550
30	50	30	750	30	780		1560
30	60	40	900	40	630		1570

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, 10 \leq i_3 \leq 30, D_3 = 30, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, 10 \leq i + j_3 - 30 \leq 30, 40 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	40	10	600	10	1850	40	2460
0	50	20	750	20	1700		2470
0	60	30	900	30	1550		2480

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 3

Ürün : B

$n = 1$ inci Aşama (3 üncü gün)

$5 \leq i \leq 20, i_1 = 20, D_1 = 15, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 15 = 20, i + j_1 = 35$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
5	30	20	600	40	0	30	640
10	25	20	500	40	0	25	540
15	20	20	400	40	0	20	440
20	15	20	300	40	0	15	340

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 10, 5 \leq i_2 \leq 20, D_2 = 20, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, 5 \leq i + j_2 - 20 \leq 20, 25 \leq i + j_2 \leq 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	25	5	500	10	640	25	1150
0	30	10	600	20	540		1160
5	20	5	400	10	640	20	1050
5	25	10	500	20	540		1060
5	30	15	600	30	440		1070
10	15	5	300	10	640	15	950
10	20	10	400	20	540		960
10	25	15	500	30	440		970
10	30	20	600	40	340		980

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 10, D_3 = 20, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 20 \leq 10, 20 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	20	0	400	0	1150	20	1550
0	25	5	500	10	1050		1560
0	30	10	600	20	950		1570

Bölgesel Depo : 1
Perakendeci : 3
Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $20 \leq i \leq 40$, $i_1 = 50$, $D_1 = 40$, $j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 40 = 50$, $i + j_1 = 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
20	70	50	1750	150	0	70	1900
30	60	50	1500	150	0	60	1650
40	50	50	1250	150	0	50	1400

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 20$, $20 \leq i_2 \leq 40$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $20 \leq i + j_2 - 50 \leq 40$, $70 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	70	20	1750	60	1900	70	3710
10	60	20	1500	60	1900	60	3460
10	70	30	1750	90	1650		3490
20	50	20	1250	60	1900	50	3210
20	60	30	1500	90	1650		3240
20	70	40	1750	120	1400		3270

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 20, D_3 = 50, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 20, 50 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	1250	0	3710	50	4960
0	60	10	1500	30	3460		4990
0	70	20	1750	60	3210		5020

Bölgesel Depo : 1

Perakendeci : 3

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	40	10	610	2460
	2	60	20	920	
	3	60	30	930	
B	1	20	0	400	1550
	2	25	5	510	
	3	30	20	640	
C	1	50	0	1250	4960
	2	70	20	1810	
	3	70	50	1900	

Bölgesel Depo : 2
 Perakendeci : 1
 Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $5 \leq i \leq 20$, $i_1 = 50$, $D_1 = 15$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 15 = 50$, $i + j_1 = 65$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
5	60	50	900	50	0	60	950
10	55	50	825	50	0	55	875
15	50	50	750	50	0	50	800
20	45	50	675	50	0	45	725

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 10$, $5 \leq i_2 \leq 20$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $5 \leq i + j_2 - 50 \leq 20$, $55 \leq i + j_2 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	55	5	825	5	950	55	1780
0	60	10	900	10	875		1785
5	50	5	750	5	950	50	1705
5	55	10	825	10	875		1710
5	60	15	900	15	800		1715
10	45	5	675	5	950	45	1630
10	50	10	750	10	875		1635
10	55	15	825	15	800		1640
10	60	20	900	20	725		1645

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 10, D_3 = 50, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 10, 50 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	750	0	1780	50	2530
0	55	5	825	5	1705		2535
0	60	10	900	10	1630		2540

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 1

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 25, i_1 = 20, D_1 = 10, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 10 = 20, i + j_1 = 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i + j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	30	20	600	40	0	30	640
5	25	20	500	40	0	25	540
10	20	20	400	40	0	20	440
15	15	20	300	40	0	15	340
20	10	20	200	40	0	10	240
25	5	20	100	40	0	5	140

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 10, i_2 \leq 25, D_2 = 15, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 15 \leq 25, 15 \leq i + j_2 \leq 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	15	0	300	0	640	15	940
0	20	5	400	10	540		950
0	25	10	500	20	440		960
0	30	15	600	30	340		970
5	10	0	200	0	640	10	840
5	15	5	300	10	540		850
5	20	10	400	20	440		860
5	25	15	500	30	340		870
5	30	20	600	40	240		880
10	5	0	100	0	640	5	740
10	10	5	200	10	540		750
10	15	10	300	20	440		760
10	20	15	400	30	340		770
10	25	20	500	40	240		780
10	30	25	600	50	140		790

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 10, D_3 = 20, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 20 \leq 10, 20 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	20	0	400	0	940	20	1340
0	25	5	500	10	840		1350
0	30	10	600	20	740		1360

Bölgesel Depo : 2
Perakendeci : 1
Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $10 \leq i \leq 50$, $i_1 = 50$, $D_1 = 30$, $j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 30 = 50$, $i + j_1 = 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	70	50	1750	150	0	70	1900
20	60	50	1500	150	0	60	1650
30	50	50	1250	150	0	50	1400
40	40	50	1000	150	0	40	1150
50	30	50	750	150	0	30	900

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 20$, $10 \leq i_2 \leq 25$, $D_2 = 40$, $j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 40 \leq 50$, $50 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	50	10	1250	30	1900	50	3180
0	60	20	1500	60	1650		3210
0	70	30	1750	90	1400		3240
10	40	10	1000	30	1900	40	2930
10	50	20	1250	60	1650		2960
10	60	30	1500	90	1400		2990
10	70	40	1750	120	1150		3020
20	30	10	750	30	1900	30	2680
20	40	20	1000	60	1650		2710
20	50	30	1250	90	1400		2740
20	60	40	1500	120	1150		2770
20	70	50	1750	150	900		2800

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 20, D_3 = 50, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 20, 50 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	1250	0	3180	50	4430
0	60	10	1500	30	2930		4460
0	70	20	1750	60	2680		4490

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 1

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	50	0	750	2530
	2	55	5	830	
	3	60	50	950	
B	1	20	0	400	1340
	2	15	0	300	
	3	30	20	640	
C	1	50	0	1250	4430
	2	50	10	1280	
	3	70	50	1900	

Bölgesel Depo : 2
 Perakendeci : 2
 Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $i \leq 50$, $i_1 = 35$, $D_1 = 15$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 15 = 35$, $i + j_1 = 50$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
0	50	35	750	35	0	50	785
5	45	35	675	35	0	45	710
10	40	35	600	35	0	40	635
15	35	35	525	35	0	35	560
20	30	35	450	35	0	30	485
25	25	35	375	35	0	25	410
30	20	35	300	35	0	20	335
35	15	35	225	35	0	15	260
40	10	35	150	35	0	10	185
45	5	35	75	35	0	5	110
50	0	35	0	35	0	0	35

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 25$, $i_2 \leq 50$, $D_2 = 25$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $i + j_2 - 25 \leq 50$, $25 \leq i + j_2 \leq 75$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
0	25	0	375	0	785	25	1160
0	30	5	450	5	710		1165
0	35	10	525	10	635		1170
0	40	15	600	15	560		1175
0	45	20	675	20	485		1180
0	50	25	750	25	410		1185

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	55	30	825	30	335		1190
0	60	35	900	35	260		1195
5	20	0	300	0	785	20	1085
5	25	5	375	5	710		1090
5	30	10	450	10	635		1095
5	35	15	525	15	560		1100
5	40	20	600	20	485		1105
5	45	25	675	25	410		1110
5	50	30	750	30	335		1115
5	55	35	825	35	260		1120
5	60	40	900	40	185		1125
10	15	0	225	0	785	15	1010
10	20	5	300	5	710		1015
10	25	10	375	10	635		1020
10	30	15	450	15	560		1025
10	35	20	525	20	485		1030
10	40	25	600	25	410		1035
10	45	30	675	30	335		1040
10	50	35	750	35	260		1045
10	55	40	825	40	185		1050
10	60	45	900	45	110		1055
15	10	0	150	0	785	10	935
15	15	5	225	5	710		940
15	20	10	300	10	635		945
15	25	15	375	15	560		950
15	30	20	450	20	485		955
15	35	25	525	25	410		960
15	40	30	600	30	335		965
15	45	35	675	35	260		970
15	50	40	750	40	185		975
15	55	45	825	45	110		980
15	60	50	900	50	35		985
20	5	0	75	0	785	5	860
20	10	5	150	5	710		865
20	15	10	225	10	635		870
20	20	15	300	15	560		875
20	25	20	375	20	485		880
20	30	25	450	25	410		885
20	35	30	525	30	335		890
20	40	35	600	35	260		895
20	45	40	675	40	185		900

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
20	50	45	750	45	110		905
20	55	50	825	50	35		910
25	0	0	0	0	785	0	785
25	5	5	75	5	710		790
25	10	10	150	10	635		795
25	15	15	225	15	560		800
25	20	20	300	20	485		805
25	25	25	375	25	410		810
25	30	30	450	30	335		815
25	35	35	525	35	260		820
25	40	40	600	40	185		825
25	45	45	675	45	110		830
25	50	50	750	50	35		835

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 25, D_3 = 35, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 35 \leq 25, 35 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	35	0	525	0	1160	35	1685
0	40	5	600	5	1085		1690
0	45	10	675	10	1010		1695
0	50	15	750	15	935		1700
0	55	20	825	20	860		1705
0	60	25	900	25	785		1710

Bölgesel Depo : 2
Perakendeci : 2
Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $i \leq 25$, $i_1 = 15$, $D_1 = 10$, $j_1 \leq 30$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 10 = 15$, $i + j_1 = 25$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
0	25	15	500	30	0	25	530
5	20	15	400	30	0	20	430
10	15	15	300	30	0	15	330
15	10	15	200	30	0	10	230
20	5	15	100	30	0	5	130
25	0	15	0	30	0	0	30

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 15$, $i_2 \leq 25$, $D_2 = 10$, $j_2 \leq 30$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $i + j_2 - 10 \leq 25$, $10 \leq i + j_2 \leq 35$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
0	10	0	200	0	530	10	730
0	15	5	300	10	430		740
0	20	10	400	20	330		750
0	25	15	500	30	230		760
0	30	20	600	40	130		770
5	5	0	100	0	530	5	630
5	10	5	200	10	430		640
5	15	10	300	20	330		650
5	20	15	400	30	230		660

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
5	25	20	500	40	130		670
5	30	25	600	50	30		680
10	0	0	0	0	530	0	530
10	5	5	100	10	430		540
10	10	10	200	20	330		550
10	15	15	300	30	230		560
10	20	20	400	40	130		570
10	25	25	500	50	30		580
15	0	5	0	10	430	0	440
15	5	10	100	20	330		450
15	10	15	200	30	230		460
15	15	20	300	40	130		470
15	20	25	400	50	30		480

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 15, D_3 = 15, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 15 \leq 15, 15 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	15	0	300	0	730	15	1030
0	20	5	400	10	630		1040
0	25	10	500	20	530		1050
0	30	15	600	30	440		1070

Bölgesel Depo : 2
 Perakendeci : 2
 Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $i \leq 45$, $i_1 = 35$, $D_1 = 10$, $j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 10 = 35$, $i + j_1 = 45$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	45	35	1125	105	0	45	1230
5	40	35	1000	105	0	40	1105
10	35	35	875	105	0	35	980
15	30	35	750	105	0	30	855
20	25	35	625	105	0	25	730
25	20	35	500	105	0	20	605
30	15	35	375	105	0	15	480
35	10	35	250	105	0	10	355
40	5	35	125	105	0	5	230
45	0	35	0	105	0	0	105

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 35$, $i_2 \leq 45$, $D_2 = 15$, $j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $i + j_2 - 15 \leq 45$, $15 \leq i + j_2 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	15	0	375	0	1230	15	1605
0	20	5	500	15	1105		1620
0	25	10	625	30	980		1635
0	30	15	750	45	855		1650
0	35	20	875	60	730		1665
0	40	25	1000	75	605		1680
0	45	30	1125	90	480		1695

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	50	35	1250	105	355		1710
0	55	40	1375	120	230		1725
0	60	45	1500	135	105		1740
5	10	0	250	0	1230	10	1480
5	15	5	375	15	1105		1495
5	20	10	500	30	980		1510
5	25	15	625	45	855		1525
5	30	20	750	60	730		1540
5	35	25	875	75	605		1555
5	40	30	1000	90	480		1570
5	45	35	1125	105	355		1585
5	50	40	1250	120	230		1600
5	55	45	1375	135	105		1615
10	5	0	125	0	1230	5	1355
10	10	5	250	15	1105		1370
10	15	10	375	30	980		1385
10	20	15	500	45	855		1400
10	25	20	625	60	730		1415
10	30	25	750	75	605		1430
10	35	30	875	90	480		1445
10	40	35	1000	105	355		1460
10	45	40	1125	120	230		1475
10	50	45	1250	135	105		1490
15	0	0	0	0	1230	0	1230
15	5	5	125	15	1105		1245
15	10	10	250	30	980		1260
15	15	15	375	45	855		1275
15	20	20	500	60	730		1290
15	25	25	625	75	605		1305
15	30	30	750	90	480		1320
15	35	35	875	105	355		1335
15	40	40	1000	120	230		1350
15	45	45	1125	135	105		1365
20	0	5	0	15	1105	0	1120
20	5	10	125	30	980		1135
20	10	15	250	45	855		1150
20	15	20	375	60	730		1165
20	20	25	500	75	605		1180
20	25	30	625	90	480		1195
20	30	35	750	105	355		1210
20	35	40	875	120	230		1225

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
20	40	45	1000	135	105		1240
25	0	10	0	30	980	0	1010
25	5	15	125	45	855		1025
25	10	20	250	60	730		1040
25	15	25	375	75	605		1055
25	20	30	500	90	480		1070
25	25	35	625	105	355		1085
25	30	40	750	120	230		1100
25	35	45	875	135	105		1115
30	0	15	0	45	855	0	900
30	5	20	125	60	730		915
30	10	25	250	75	605		930
30	15	30	375	90	480		945
30	20	35	500	105	355		960
30	25	40	625	120	230		975
30	30	45	750	135	105		990
35	0	20	0	60	730	0	790
35	5	25	125	75	605		805
35	10	30	250	90	480		820
35	15	35	375	105	355		835
35	20	40	500	120	230		850
35	25	45	625	135	105		865

$n = 3$ üçüncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 35, D_3 = 35, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 35 \leq 35, 35 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	35	0	875	0	1605	35	2480
0	40	5	1000	15	1480		2495
0	45	10	1125	30	1355		2510
0	50	15	1250	45	1230		2525
0	55	20	1375	60	1120		2555
0	60	25	1500	75	1010		2585

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	65	30	1625	90	900		2615
0	70	35	1750	105	790		2645

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 2

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	35	0	525	1685
	2	25	0	375	
	3	50	35	785	
B	1	15	0	300	1030
	2	10	0	200	
	3	25	15	530	
C	1	35	0	875	2480
	2	15	0	375	
	3	45	35	1230	

Bölgesel Depo : 2
Perakendeci : 3
Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $10 \leq i \leq 30$, $i_1 = 50$, $D_1 = 20$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 20 = 50$, $i + j_1 = 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	60	50	900	50	0	60	950
20	50	50	750	50	0	50	800
30	40	50	600	50	0	40	650

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 10$, $10 \leq i_2 \leq 30$, $D_2 = 40$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 40 \leq 30$, $50 \leq i + j_2 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	50	10	750	10	950	50	1710
0	60	20	900	20	800		1720
10	40	10	600	10	950	40	1560
10	50	20	750	20	800		1570
10	60	30	900	30	650		1580

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 10, D_3 = 50, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 10, 50 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	750	0	1710	50	2460
0	60	10	900	10	1560		2470

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 3

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 30, i_1 = 15, D_1 = 15, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 15 = 15, i + j_1 = 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	30	15	600	30	0	30	630
5	25	15	500	30	0	25	530
10	20	15	400	30	0	20	430
15	15	15	300	30	0	15	330
20	10	15	200	30	0	10	230
25	5	15	100	30	0	5	130
30	0	15	0	30	0	0	30

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 15, j_2 \leq 30, D_2 = 10, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 10 \leq 30, 10 \leq i + j_2 \leq 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i + j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	10	0	200	0	630	10	830
0	15	5	300	10	530		840
0	20	10	400	20	430		850
0	25	15	500	30	330		860
0	30	20	600	40	230		870
5	5	0	100	0	630	5	730
5	10	5	200	10	530		740
5	15	10	300	20	430		750
5	20	15	400	30	330		760
5	25	20	500	40	230		770
5	30	25	600	50	130		780
10	0	0	0	0	630	0	630
10	5	5	100	10	530		640
10	10	10	200	20	430		650
10	15	15	300	30	330		660
10	20	20	400	40	230		670
10	25	25	500	50	130		680
10	30	30	600	60	30		690
15	0	5	0	10	530	0	540
15	5	10	100	20	430		550
15	10	15	200	30	330		560
15	15	20	300	40	230		570
15	20	25	400	50	130		580
15	25	30	500	60	30		590

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 15, D_3 = 15, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 15 \leq 15, 15 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	15	0	300	0	830	15	1130
0	20	5	400	10	730		1140
0	25	10	500	20	630		1150
0	30	15	600	30	540		1170

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 3

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 50, i_1 = 35, D_1 = 15, j_1 \leq 70$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 15 = 35, i + j_1 = 50$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	50	35	1250	105	0	50	1355
5	45	35	1125	105	0	45	1230
10	40	35	1000	105	0	40	1105
15	35	35	875	105	0	35	980
20	30	35	750	105	0	30	855
25	25	35	625	105	0	25	730
30	20	35	500	105	0	20	605
35	15	35	375	105	0	15	480
40	10	35	250	105	0	10	355
45	5	35	125	105	0	5	230
50	0	35	0	105	0	0	105

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 35, j_2 \leq 50, D_2 = 20, j_2 \leq 70$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 20 \leq 50, 20 \leq i + j_2 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	20	0	500	0	1355	20	1855
0	25	5	625	15	1230		1870
0	30	10	750	30	1105		1885
0	35	15	875	45	980		1900
0	40	20	1000	60	855		1915
0	45	25	1125	75	730		1930
0	50	30	1250	90	605		1945
0	55	35	1375	105	480		1960
0	60	40	1500	120	355		1975
0	65	45	1625	135	230		1990
0	70	50	1750	150	105		2005
5	15	0	375	0	1355	15	1730
5	20	5	500	15	1230		1745
5	25	10	625	30	1105		1760
5	30	15	750	45	980		1775
5	35	20	875	60	855		1790
5	40	25	1000	75	730		1805
5	45	30	1125	90	605		1820
5	50	35	1250	105	480		1835
5	55	40	1375	120	355		1850
5	60	45	1500	135	230		1865
5	65	50	1625	150	105		1880
10	10	0	250	0	1355	5	1605
10	15	5	375	15	1230		1620
10	20	10	500	30	1105		1635
10	25	15	625	45	980		1650
10	30	20	750	60	855		1665
10	35	25	875	75	730		1680
10	40	30	1000	90	605		1695
10	45	35	1125	105	480		1710
10	50	40	1250	120	355		1725
10	55	45	1375	135	230		1740
10	60	50	1500	150	105		1755
15	5	0	125	0	1355	5	1480
15	10	5	250	15	1230		1495
15	15	10	375	30	1105		1510

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
15	20	15	500	45	980		1525
15	25	20	625	60	855		1540
15	30	25	750	75	730		1555
15	35	30	875	90	605		1570
15	40	35	1000	105	480		1585
15	45	40	1125	120	355		1600
15	50	45	1250	135	230		1615
15	55	50	1375	150	105		1630
20	0	0	0	0	1355	0	1355
20	5	5	125	15	1230		1370
20	10	10	250	30	1105		1385
20	15	15	375	45	980		1400
20	20	20	500	60	855		1415
20	25	25	625	75	730		1430
20	30	30	750	90	605		1445
20	35	35	875	105	480		1460
20	40	40	1000	120	355		1475
20	45	45	1125	135	230		1490
20	50	50	1250	150	105		1505
25	0	5	0	15	1230	0	1245
25	5	10	125	30	1105		1260
25	10	15	250	45	980		1275
25	15	20	375	60	855		1290
25	20	25	500	75	730		1305
25	25	30	625	90	605		1320
25	30	35	750	105	480		1335
25	35	40	875	120	355		1350
25	40	45	1000	135	230		1365
25	45	50	1125	150	105		1380
30	0	10	0	30	1105	0	1135
30	5	15	125	45	980		1150
30	10	20	250	60	855		1165
30	15	25	375	75	730		1180
30	20	30	500	90	605		1195
30	25	35	625	105	480		1210
30	30	40	750	120	355		1225
30	35	45	875	135	230		1240
30	40	50	1000	150	105		1255
35	0	15	0	45	980	0	1025
35	5	20	125	60	855		1040
35	10	25	250	75	730		1055

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
35	15	30	375	90	605		1070
35	20	35	500	105	480		1085
35	25	40	625	120	355		1100
35	30	45	750	135	230		1115
35	35	50	875	150	105		1130

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 35, D_3 = 35, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 35 \leq 35, 35 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	35	0	875	0	1855	35	2730
0	40	5	1000	15	1730		2745
0	45	10	1125	30	1605		2760
0	50	15	1250	45	1480		2775
0	55	20	1375	60	1355		2790
0	60	25	1500	75	1245		2820
0	65	30	1625	90	1135		2850
0	70	35	1750	105	1025		2880

Bölgesel Depo : 2

Perakendeci : 3

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	50	0	750	2460
	2	50	10	760	
	3	60	50	950	
B	1	15	0	300	1130
	2	10	0	200	
	3	30	15	630	
C	1	35	0	875	2730
	2	20	0	500	
	3	50	35	1355	

Bölgesel Depo : 3
Perakendeci : 1
Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $10 \leq i \leq 40$, $i_1 = 30$, $D_1 = 40$, $j_1 \leq 60$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 40 = 30$, $i + j_1 = 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	60	30	900	30	0	60	930
20	50	30	750	30	0	50	780
30	40	30	600	30	0	40	630
40	30	30	450	30	0	30	480

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 30$, $10 \leq i_2 \leq 40$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 60$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 50 \leq 40$, $60 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	60	10	900	10	930	60	1840
10	50	10	750	10	930	50	1690
10	60	20	900	20	780		1700
20	40	10	600	10	930	40	1540
20	50	20	750	20	780		1550
20	60	30	900	30	630		1560
30	30	10	450	10	930	30	1390
30	40	20	600	20	780		1400
30	50	30	750	30	630		1410
30	60	40	900	40	480		1420

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 30, D_3 = 30, j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 30 \leq 30, 30 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	30	0	450	0	1840	30	2290
0	40	10	600	10	1690		2300
0	50	20	750	20	1540		2310
0	60	30	900	30	1390		2320

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 1

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 20, i_1 = 10, D_1 = 10, j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 10 = 10, i + j_1 = 20$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	20	10	400	20	0	20	420
10	10	10	200	20	0	10	220
20	0	10	0	20	0	0	20

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 20, i_2 \leq 20, D_2 = 10, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 10 \leq 20, 10 \leq i + j_2 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	10	0	200	0	420	10	620
0	20	10	400	20	220		640
0	30	20	600	40	20		660
10	0	0	0	0	420	0	420
10	10	10	200	20	220		440
10	20	20	400	40	20		460
20	0	10	0	20	220	0	240
20	10	20	200	40	20		260

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 20, D_3 = 10, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 10 \leq 20, 10 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	10	0	200	0	620	10	820
0	20	10	400	20	420		840
0	30	20	600	40	240		880

Bölgesel Depo : 3
 Perakendeci : 1
 Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $i \leq 70$, $i_1 = 40$, $D_1 = 30$, $j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 30 = 40$, $i + j_1 = 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
0	70	40	1750	120	0	70	1870
10	60	40	1500	120	0	60	1620
20	50	40	1250	120	0	50	1370
30	40	40	1000	120	0	40	1120
40	30	40	750	120	0	30	870
50	20	40	500	120	0	20	620
60	10	40	250	120	0	10	370
70	0	40	0	120	0	0	120

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 30$, $i_2 \leq 70$, $D_2 = 30$, $j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $i + j_2 - 30 \leq 70$, $30 \leq i + j_2 \leq 100$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
0	30	0	750	0	1870	30	2620
0	40	10	1000	30	1620		2650
0	50	20	1250	60	1370		2680
0	60	30	1500	90	1120		2710
0	70	40	1750	120	870		2740
10	20	0	500	0	1870	20	2370
10	30	10	750	30	1620		2400
10	40	20	1000	60	1370		2430
10	50	30	1250	90	1120		2460

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
10	60	40	1500	120	870		2490
10	70	50	1750	150	620		2520
20	10	0	250	0	1870	10	2120
20	20	10	500	30	1620		2150
20	30	20	750	60	1370		2180
20	40	30	1000	90	1120		2210
20	50	40	1250	120	870		2240
20	60	50	1500	150	620		2270
20	70	60	1750	180	370		2300
30	0	0	0	0	1870	0	1870
30	10	10	250	30	1620		1900
30	20	20	500	60	1370		1930
30	30	30	750	90	1120		1960
30	40	40	1000	120	870		1990
30	50	50	1250	150	620		2020
30	60	60	1500	180	370		2050
30	70	70	1750	210	120		2080

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 30, D_3 = 40, j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 40 \leq 30, 40 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	40	0	1000	0	2620	40	3620
0	50	10	1250	30	2370		3650
0	60	20	1500	60	2120		3680
0	70	30	1750	90	1870		3710

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 1

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	30	0	450	2290
	2	60	10	910	
	3	60	30	930	
B	1	10	0	200	820
	2	10	0	200	
	3	20	10	420	
C	1	40	0	1000	3620
	2	30	0	750	
	3	70	40	1870	

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 2

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$20 \leq i \leq 30$, $i_1 = 35$, $D_1 = 45$, $j_1 \leq 60$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 45 = 35$, $i + j_1 = 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i + j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
20	60	35	900	35	0	60	935
25	55	35	825	35	0	55	860
30	50	35	750	35	0	50	785

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$15 \leq i \leq 25$, $20 \leq i_2 \leq 30$, $D_2 = 55$, $j_2 \leq 60$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $20 \leq i + j_2 - 55 \leq 30$, $75 \leq i + j_2 \leq 85$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
15	60	20	900	20	935	60	1855
20	55	20	825	20	935	55	1780
20	60	25	900	25	860		1785
25	50	20	750	20	935	50	1705
25	55	25	825	25	860		1710
25	60	30	900	30	785		1715

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0$, $15 \leq i_3 \leq 25$, $D_3 = 35$, $j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3$, $15 \leq i + j_3 - 35 \leq 25$, $50 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	15	750	15	1855	50	2620
0	55	20	825	20	1780		2625
0	60	25	900	25	1705		2630

Bölgesel Depo: 3

Perakendeci : 2

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$5 \leq i \leq 25$, $i_1 = 10$, $D_1 = 25$, $j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 25 = 10$, $i + j_1 = 35$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
5	30	10	600	20	0	30	620
10	25	10	500	20	0	25	520
15	20	10	400	20	0	20	420
20	15	10	300	20	0	15	320
25	10	10	200	20	0	10	220

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 20, 5 \leq i_2 \leq 25, D_2 = 25, j_2 \leq 30$

$i_2 = i + j_2 - D_2, 5 \leq i + j_2 - 25 \leq 25, 30 \leq i + j_2 \leq 50$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	30	5	600	10	620	30	1230
5	25	5	500	10	620	25	1130
5	30	10	600	20	520		1140
10	20	5	400	10	620	20	1030
10	25	10	500	20	520		1040
10	30	15	600	30	420		1050
15	15	5	300	10	620	15	930
15	20	10	400	20	520		940
15	25	15	500	30	420		950
15	30	20	600	40	320		960
20	10	5	200	10	620	10	830
20	15	10	300	20	520		840
20	20	15	400	30	420		850
20	25	20	500	40	320		860
20	30	25	600	50	220		870

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 20, D_3 = 10, j_3 \leq 30$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 10 \leq 20, 10 \leq i + j_3 \leq 30$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	10	0	200	0	1230	10	1430
0	15	5	300	10	1130		1440
0	20	10	400	20	1030		1450
0	25	15	500	30	930		1460
0	30	20	600	40	830		1470

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 2

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$40 \leq i \leq 60, i_1 = 30, D_1 = 80, j_1 \leq 70$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 80 = 30, i + j_1 = 110$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
40	70	30	1750	90	0	70	1840
50	60	30	1500	90	0	60	1590
60	50	30	1250	90	0	50	1340

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$20 \leq i \leq 40$, $40 \leq i_2 \leq 60$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 70$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $40 \leq i + j_2 - 50 \leq 60$, $90 \leq i + j_2 \leq 110$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
20	70	40	1750	120	1840	70	3710
30	60	40	1500	120	1840	60	3460
30	70	50	1750	150	1590		3490
40	50	40	1250	120	1840	50	3210
40	60	50	1500	150	1590		3240
40	70	60	1750	180	1340		3270

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0$, $20 \leq i_3 \leq 40$, $D_3 = 30$, $j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3$, $20 \leq i + j_3 - 30 \leq 40$, $50 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	20	1250	60	3710	50	5020
0	60	30	1500	90	3460		5050
0	70	40	1750	120	3210		5080

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 2

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	50	15	765	2620
	2	60	20	920	
	3	60	35	935	
B	1	10	0	200	1430
	2	30	5	610	
	3	30	10	620	
C	1	50	20	1310	5020
	2	70	40	1870	
	3	70	30	1840	

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 3

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 30$, $i_1 = 40$, $D_1 = 30$, $j_1 \leq 60$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 30 = 40$, $i + j_1 = 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i + j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	60	40	900	40	0	60	940
20	50	40	750	40	0	50	790
30	40	40	600	40	0	40	640

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 20$, $10 \leq i_2 \leq 30$, $D_2 = 50$, $j_2 \leq 60$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 50 \leq 30$, $60 \leq i + j_2 \leq 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	60	10	900	10	940	60	1850
10	50	10	750	10	940	50	1700
10	60	20	900	20	790		1710
20	40	10	600	10	940	40	1550
20	50	20	750	20	790		1560
20	60	30	900	30	640		1570

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0$, $i_3 \leq 20$, $D_3 = 40$, $j_3 \leq 60$

$i_3 = i + j_3 - D_3$, $i + j_3 - 40 \leq 20$, $40 \leq i + j_3 \leq 60$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	40	0	600	0	1850	40	2450
0	50	10	750	10	1700		2460
0	60	20	900	20	1550		2470

Bölgesel Depo: 3

Perakendeci : 3

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 30$, $i_1 = 10$, $D_1 = 30$, $j_1 \leq 30$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 30 = 10$, $i + j_1 = 40$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
10	30	10	600	20	0	30	620
20	20	10	400	20	0	20	420
30	10	10	200	20	0	10	220

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

i ≤ 20, 10 ≤ i₂ ≤ 30, D₂ = 20, j₂ ≤ 30

i₂ = i + j₂ - D₂, 10 ≤ i + j₂ - 20 ≤ 30, 30 ≤ i + j₂ ≤ 50

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	30	10	600	20	620	30	1240
10	20	10	400	20	620	20	1040
10	30	20	600	40	420		1060
20	10	10	200	20	620	10	840
20	20	20	400	40	420		860
20	30	30	600	60	220		880

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

i = 0, i₃ ≤ 20, D₃ = 10, j₃ ≤ 30

i₃ = i + j₃ - D₃, i + j₃ - 10 ≤ 20, 10 ≤ i + j₃ ≤ 30

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₃	Dönem Sonu Envanter i ₃ =i+j ₃ -D ₃	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₂ (i+j ₃ - D ₃)	j ₃ (i)	f ₃ (i)
0	10	0	200	0	1240	10	1440
0	20	10	400	20	1040		1460
0	30	20	600	40	840		1480

Bölgesel Depo : 3
Perakendeci : 3
Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)
 $40 \leq i \leq 80$, $i_1 = 50$, $D_1 = 60$, $j_1 \leq 70$
 $i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 60 = 50$, $i + j_1 = 110$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
40	70	50	1750	150	0	70	1900
50	60	50	1500	150	0	60	1650
60	50	50	1250	150	0	50	1400
70	40	50	1000	150	0	40	1150
80	30	50	750	150	0	30	900

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)
 $i \leq 20$, $40 \leq i_2 \leq 80$, $D_2 = 10$, $j_2 \leq 70$
 $i_2 = i + j_2 - D_2$, $40 \leq i + j_2 - 10 \leq 80$, $50 \leq i + j_2 \leq 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	50	40	1250	120	1900	50	3270
0	60	50	1500	150	1650		3300
0	70	60	1750	180	1400		3330
10	40	40	1000	120	1900	40	3020
10	50	50	1250	150	1650		3050
10	60	60	1500	180	1400		3080
10	70	70	1750	210	1150		3110
20	30	40	750	120	1900	30	2770
20	40	50	1000	150	1650		2800
20	50	60	1250	180	1400		2830
20	60	70	1500	210	1150		2860
20	70	80	1750	240	900		2890

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

i = 0, $i_3 \leq 20$, $D_3 = 50$, $j_3 \leq 70$

$i_3 = i + j_3 - D_3$, $i + j_3 - 50 \leq 20$, $50 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	1250	0	3270	50	4520
0	60	10	1500	30	3020		4550
0	70	20	1750	60	2770		4580

Bölgesel Depo : 3

Perakendeci : 3

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	40	0	600	2450
	2	60	10	910	
	3	60	40	940	
B	1	10	0	200	1440
	2	30	10	620	
	3	30	10	620	
C	1	50	0	1250	4520
	2	50	40	1370	
	3	70	50	1900	

İkinci safhada, her bir perakendecide günlük olarak optimize edilen ürün sipariş miktarlarının toplam değeri bölgesel depolar için üç günlük talep miktarlarını oluşturmuş ve maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir. Perakendecilerde optimize edilen her bir ürünün toplam maliyetlerinin toplamı f_0 değerini oluşturmuştur.

TABLO 16: Bölgesel Depolardan Talep Edilen Ürün Miktarları

GÜNLER	MERKEZİ DEPO								
	BÖLGESEL DEPOLAR								
	1			2			3		
	ÜRÜNLER			ÜRÜNLER			ÜRÜNLER		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	115	50	90	135	50	120	120	30	140
2	150	85	160	130	35	85	180	70	150
3	180	90	170	170	85	165	180	80	210

TABLO 17: Bölgesel Depo f_0 Değerleri

BÖLGESEL DEPO	PERAKENDECI	ÜRÜNLER		
		A	B	C
1	1	1830	1440	1530
1	2	2535	1660	4370
1	3	2460	1550	4960
TOPLAM		6825	4650	10860
2	1	2530	1340	4430
2	2	1685	1030	2480
2	3	2460	1130	2730
TOPLAM		6675	3500	9640
3	1	2290	820	3620
3	2	2620	1430	5020
3	3	2450	1440	4520
TOPLAM		7360	3690	13160

Bölgesel Depo : 1

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$20 \leq i \leq 55$, $i_1 = 0$, $D_1 = 180$, $j_1 \leq 160$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 180 = 0$, $i + j_1 = 180$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i + j_1 - D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
20	160	0	1600	0	6825	160	8425
25	155	0	1550	0	6825	155	8375
30	150	0	1500	0	6825	150	8325
35	145	0	1450	0	6825	145	8275
40	140	0	1400	0	6825	140	8225
45	135	0	1350	0	6825	135	8175
50	130	0	1300	0	6825	130	8125
55	125	0	1250	0	6825	125	8075

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$10 \leq i \leq 45$, $20 \leq i_2 \leq 55$, $D_2 = 150$, $j_2 \leq 160$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $20 \leq i + j_2 - 150 \leq 55$, $170 \leq i + j_2 \leq 205$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i + j_2 - D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
10	160	20	1600	40	8425	160	10065
10	165	25	1650	50	8375		10075
10	170	30	1700	60	8325		10085
10	175	35	1750	70	8275		10095
10	180	40	1800	80	8225		10105
15	155	20	1550	40	8425	155	10015
15	160	25	1600	50	8375		10025
15	165	30	1650	60	8325		10035
15	170	35	1700	70	8275		10045
15	175	40	1750	80	8225		10055
15	180	45	1800	90	8175		10065

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
20	150	20	1500	40	8425	150	9965
20	155	25	1550	50	8375		9975
20	160	30	1600	60	8325		9985
20	165	35	1650	70	8275		9995
20	170	40	1700	80	8225		10005
20	175	45	1750	90	8175		10015
20	180	50	1800	100	8125		10025
25	145	20	1450	40	8425	145	9915
25	150	25	1500	50	8375		9925
25	155	30	1550	60	8325		9935
25	160	35	1600	70	8275		9945
25	165	40	1650	80	8225		9955
25	170	45	1700	90	8175		9965
25	175	50	1750	100	8125		9975
25	180	55	1800	110	8075		9985
30	140	20	1400	40	8425	140	9865
30	145	25	1450	50	8375		9875
30	150	30	1500	60	8325		9885
30	155	35	1550	70	8275		9895
30	160	40	1600	80	8225		9905
30	165	45	1650	90	8175		9915
30	170	50	1700	100	8125		9925
30	175	55	1750	110	8075		9935
35	135	20	1350	40	8425	135	9815
35	140	25	1400	50	8375		9825
35	145	30	1450	60	8325		9835
35	150	35	1500	70	8275		9845
35	155	40	1550	80	8225		9855
35	160	45	1600	90	8175		9865
35	165	50	1650	100	8125		9875
35	170	55	1700	110	8075		9885
40	130	20	1300	40	8425	130	9765
40	135	25	1350	50	8375		9775
40	140	30	1400	60	8325		9785
40	145	35	1450	70	8275		9795
40	150	40	1500	80	8225		9805
40	155	45	1550	90	8175		9815
40	160	50	1600	100	8125		9825
40	165	55	1650	110	8075		9835

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
45	125	20	1250	40	8425	125	9715
45	130	25	1300	50	8375		9725
45	135	30	1350	60	8325		9735
45	140	35	1400	70	8275		9745
45	145	40	1450	80	8225		9755
45	150	45	1500	90	8175		9765
45	155	50	1550	100	8125		9775
45	160	55	1600	110	8075		9785

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, 10 \leq i_3 \leq 45, D_3 = 115, j_3 \leq 160$

$i_3 = i + j_3 - D_3, 10 \leq i + j_3 - 115 \leq 45, 125 \leq i + j_3 \leq 160$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	125	10	1250	20	10065	125	11335
0	130	15	1300	30	10015		11345
0	135	20	1350	40	9965		11355
0	140	25	1400	50	9915		11365
0	145	30	1450	60	9865		11375
0	150	35	1500	70	9815		11385
0	155	40	1550	80	9765		11395
0	160	45	1600	90	9715		11405

Bölgesel Depo: 1

Ürün : B

$n = 1$ inci Aşama (3 üncü gün)

$i = 15, i_1 = 0, D_1 = 90, j_1 \leq 75$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 90 = 0, i + j_1 = 90$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
15	75	0	1125	0	4650	75	5775

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i = 25, i_2 = 15, D_2 = 85, j_2 \leq 75$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 85 = 15, i + j_2 = 100$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
25	75	15	1125	45	5775	75	6945

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 = 25, D_3 = 50, j_3 \leq 75$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 25, i + j_3 = 75$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	75	25	1125	75	6945	75	8145

Bölgesel Depo : 1

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i \leq 110, i_1 = 0, D_1 = 170, j_1 \leq 180$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 170 = 0, i + j_1 = 170$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
0	170	0	3400	0	10860	170	14260
10	160	0	3200	0	10860	160	14060
20	150	0	3000	0	10860	150	13860
30	140	0	2800	0	10860	140	13660
40	130	0	2600	0	10860	130	13460
50	120	0	2400	0	10860	120	13260
60	110	0	2200	0	10860	110	13060
70	100	0	2000	0	10860	100	12860
80	90	0	1800	0	10860	90	12660
90	80	0	1600	0	10860	80	12460
100	70	0	1400	0	10860	70	12260
110	60	0	1200	0	10860	60	12060

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 90, i_2 \leq 110, D_2 = 160, j_2 \leq 180$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 160 \leq 110, 160 \leq i + j_2 \leq 270$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	160	0	3200	0	14260	160	17460
0	170	10	3400	40	14060		17500
0	180	20	3600	80	13860		17540
10	150	0	3000	0	14260	150	17260
10	160	10	3200	40	14060		17300
10	170	20	3400	80	13860		17340
10	180	30	3600	120	13660		17380
20	140	0	2800	0	14260	140	17060
20	150	10	3000	40	14060		17100
20	160	20	3200	80	13860		17140
20	170	30	3400	120	13660		17180
20	180	40	3600	160	13460		17220
30	130	0	2600	0	14260	130	16860
30	140	10	2800	40	14060		16900
30	150	20	3000	80	13860		16940
30	160	30	3200	120	13660		16980

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
30	170	40	3400	160	13460		17020
30	180	50	3600	200	13260		17060
40	120	0	2400	0	14260	120	16660
40	130	10	2600	40	14060		16700
40	140	20	2800	80	13860		16740
40	150	30	3000	120	13660		16780
40	160	40	3200	160	13460		16820
40	170	50	3400	200	13260		16860
40	180	60	3600	240	13060		16900
50	110	0	2200	0	14260	110	16460
50	120	10	2400	40	14060		16500
50	130	20	2600	80	13860		16540
50	140	30	2800	120	13660		16580
50	150	40	3000	160	13460		16620
50	160	50	3200	200	13260		16660
50	170	60	3400	240	13060		16700
50	180	70	3600	280	12860		16740
60	100	0	2000	0	14260	100	16260
60	110	10	2200	40	14060		16300
60	120	20	2400	80	13860		16340
60	130	30	2600	120	13660		16380
60	140	40	2800	160	13460		16420
60	150	50	3000	200	13260		16460
60	160	60	3200	240	13060		16500
60	170	70	3400	280	12860		16540
60	180	80	3600	320	12660		16580
70	90	0	1800	0	14260	90	16060
70	100	10	2000	40	14060		16100
70	110	20	2200	80	13860		16140
70	120	30	2400	120	13660		16180
70	130	40	2600	160	13460		16220
70	140	50	2800	200	13260		16260
70	150	60	3000	240	13060		16300
70	160	70	3200	280	12860		16340
70	170	80	3400	320	12660		16380
70	180	90	3600	360	12460		16420
80	80	0	1600	0	14260	80	15860
80	90	10	1800	40	14060		15900
80	100	20	2000	80	13860		15940
80	110	30	2200	120	13660		15980
80	120	40	2400	160	13460		16020

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
80	130	50	2600	200	13260		16060
80	140	60	2800	240	13060		16100
80	150	70	3000	280	12860		16140
80	160	80	3200	320	12660		16180
80	170	90	3400	360	12460		16220
80	180	100	3600	400	12260		16260
90	70	0	1400	0	14260	70	15660
90	80	10	1600	40	14060		15700
90	90	20	1800	80	13860		15740
90	100	30	2000	120	13660		15780
90	110	40	2200	160	13460		15820
90	120	50	2400	200	13260		15860
90	130	60	2600	240	13060		15900
90	140	70	2800	280	12860		15940
90	150	80	3000	320	12660		15980
90	160	90	3200	360	12460		16020
90	170	100	3400	400	12260		16060
90	180	110	3600	440	12060		16100

$n = 3$ üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 90, D_3 = 90, j_3 \leq 180$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 90 \leq 90, 90 \leq i + j_3 \leq 180$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	90	0	1800	0	17460	90	19260
0	100	10	2000	40	17260		19300
0	110	20	2200	80	17060		19340
0	120	30	2400	120	16860		19380
0	130	40	2600	160	16660		19420
0	140	50	2800	200	16460		19460
0	150	60	3000	240	16260		19500
0	160	70	3200	280	16060		19540
0	170	80	3400	320	15860		19580
0	180	90	3600	360	15660		19620

Bölgesel Depo : 1

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	125	10	1270	11335
	2	160	20	1640	
	3	160	0	1600	
B	1	75	25	1200	8145
	2	75	15	1170	
	3	75	0	1125	
C	1	90	0	1800	19260
	2	160	0	3200	
	3	170	0	3400	

Bölgesel Depo : 2

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$10 \leq i \leq 55$, $i_1 = 0$, $D_1 = 170$, $j_1 \leq 160$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 170 = 0$, $i + j_1 = 170$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i + j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
10	160	0	1600	0	6675	160	8275
15	155	0	1550	0	6675	155	8225
20	150	0	1500	0	6675	150	8175
25	145	0	1450	0	6675	145	8125
30	140	0	1400	0	6675	140	8075
35	135	0	1350	0	6675	135	8025
40	130	0	1300	0	6675	130	7975
45	125	0	1250	0	6675	125	7925
50	120	0	1200	0	6675	120	7875
55	115	0	1150	0	6675	115	7825

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 25, 10 \leq i_2 \leq 55, D_2 = 130, j_2 \leq 160$

$i_2 = i + j_2 - D_2, 10 \leq i + j_2 - 130 \leq 55, 140 \leq i + j_2 \leq 185$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	140	10	1400	20	8275	140	9695
0	145	15	1450	30	8225		9705
0	150	20	1500	40	8175		9715
0	155	25	1550	50	8125		9725
0	160	30	1600	60	8075		9735
5	135	10	1350	20	8275	135	9645
5	140	15	1400	30	8225		9655
5	145	20	1450	40	8175		9665
5	150	25	1500	50	8125		9675
5	155	30	1550	60	8075		9685
5	160	35	1600	70	8025		9695
10	130	10	1300	20	8275	130	9595
10	135	15	1350	30	8225		9605
10	140	20	1400	40	8175		9615
10	145	25	1450	50	8125		9625
10	150	30	1500	60	8075		9635
10	155	35	1550	70	8025		9645
10	160	40	1600	80	7975		9655
15	125	10	1250	20	8275	125	9545
15	130	15	1300	30	8225		9555
15	135	20	1350	40	8175		9565
15	140	25	1400	50	8125		9575
15	145	30	1450	60	8075		9585
15	150	35	1500	70	8025		9595
15	155	40	1550	80	7975		9605
15	160	45	1600	90	7925		9615
20	120	10	1200	20	8275	120	9495
20	125	15	1250	30	8225		9505
20	130	20	1300	40	8175		9515
20	135	25	1350	50	8125		9525
20	140	30	1400	60	8075		9535
20	145	35	1450	70	8025		9545
20	150	40	1500	80	7975		9555
20	155	45	1550	90	7925		9565
20	160	50	1600	100	7875		9575

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
25	115	10	1150	20	8275	115	9445
25	120	15	1200	30	8225		9455
25	125	20	1250	40	8175		9465
25	130	25	1300	50	8125		9475
25	135	30	1350	60	8075		9485
25	140	35	1400	70	8025		9495
25	145	40	1450	80	7975		9505
25	150	45	1500	90	7925		9515
25	155	50	1550	100	7875		9525
25	160	55	1600	110	7825		9535

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

i = 0, i₃ ≤ 25, D₃ = 135, j₃ ≤ 160

i₃ = i + j₃ - D₃, i + j₃ - 135 ≤ 25, 135 ≤ i + j₃ ≤ 160

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₃	Dönem Sonu Envanter i ₃ =i+j ₃ -D ₃	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₂ (i+j ₃ - D ₃)	j ₃ (i)	f ₃ (i)
0	135	0	1350	0	9695	135	11045
0	140	5	1400	10	9645		11055
0	145	10	1450	20	9595		11065
0	150	15	1500	30	9545		11075
0	155	20	1550	40	9495		11085
0	160	25	1600	50	9445		11095

Bölgesel Depo: 2

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

10 ≤ i ≤ 50, i₁ = 0, D₁ = 85, j₁ ≤ 75

i₁ = i + j₁ - D₁, i + j₁ - 85 = 0, i + j₁ = 85

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
10	75	0	1125	0	3500	75	4625
15	70	0	1050	0	3500	70	4550
20	65	0	975	0	3500	65	4475
25	60	0	900	0	3500	60	4400
30	55	0	825	0	3500	55	4325
35	50	0	750	0	3500	50	4250
40	45	0	675	0	3500	45	4175
45	40	0	600	0	3500	40	4100
50	35	0	525	0	3500	35	4025

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 25$, $10 \leq i_2 \leq 50$, $D_2 = 35$, $j_2 \leq 75$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $10 \leq i + j_2 - 35 \leq 50$, $45 \leq i + j_2 \leq 85$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	45	10	675	30	4625	45	5330
0	50	15	750	45	4550		5345
0	55	20	825	60	4475		5360
0	60	25	900	75	4400		5375
0	65	30	975	90	4325		5390
0	70	35	1050	105	4250		5405
0	75	40	1125	120	4175		5420
5	40	10	600	30	4625	40	5255
5	45	15	675	45	4550		5270
5	50	20	750	60	4475		5285
5	55	25	825	75	4400		5300
5	60	30	900	90	4325		5315
5	65	35	975	105	4250		5330
5	70	40	1050	120	4175		5345
5	75	45	1125	135	4100		5360
10	35	10	525	30	4625	35	5180
10	40	15	600	45	4550		5195
10	45	20	675	60	4475		5210
10	50	25	750	75	4400		5225

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
10	55	30	825	90	4325		5240
10	60	35	900	105	4250		5255
10	65	40	975	120	4175		5270
10	70	45	1050	135	4100		5285
10	75	50	1125	150	4025		5300
15	30	10	450	30	4625	30	5105
15	35	15	525	45	4550		5120
15	40	20	600	60	4475		5135
15	45	25	675	75	4400		5150
15	50	30	750	90	4325		5165
15	55	35	825	105	4250		5180
15	60	40	900	120	4175		5195
15	65	45	975	135	4100		5210
15	70	50	1050	150	4025		5225
20	25	10	375	30	4625	25	5030
20	30	15	450	45	4550		5045
20	35	20	525	60	4475		5060
20	40	25	600	75	4400		5075
20	45	30	675	90	4325		5090
20	50	35	750	105	4250		5105
20	55	40	825	120	4175		5120
20	60	45	900	135	4100		5135
20	65	50	975	150	4025		5150
25	20	10	300	30	4625	20	4955
25	25	15	375	45	4550		4970
25	30	20	450	60	4475		4985
25	35	25	525	75	4400		5000
25	40	30	600	90	4325		5015
25	45	35	675	105	4250		5030
25	50	40	750	120	4175		5045
25	55	45	825	135	4100		5060
25	60	50	900	150	4025		5075

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 25, D_3 = 50, j_3 \leq 75$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 50 \leq 25, 50 \leq i + j_3 \leq 75$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	50	0	750	0	5330	50	6080
0	55	5	825	15	5255		6095
0	60	10	900	30	5180		6110
0	65	15	975	45	5105		6125
0	70	20	1050	60	5030		6140
0	75	25	1125	75	4955		6155

Bölgesel Depo : 2

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$5 \leq i \leq 115, i_1 = 0, D_1 = 165, j_1 \leq 160$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 165 = 0, i + j_1 = 165$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
5	160	0	3200	0	9640	160	12840
10	155	0	3100	0	9640	155	12740
15	150	0	3000	0	9640	150	12640
20	145	0	2900	0	9640	145	12540
25	140	0	2800	0	9640	140	12440
30	135	0	2700	0	9640	135	12340
35	130	0	2600	0	9640	130	12240
40	125	0	2500	0	9640	125	12140
45	120	0	2400	0	9640	120	12040
50	115	0	2300	0	9640	115	11940

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₁	Dönem Sonu Envanter i ₁ =i+j ₁ -D ₁	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₀ (i+j ₁ - D ₁)	j ₁ (i)	f ₁ (i)
55	110	0	2200	0	9640	110	11840
60	105	0	2100	0	9640	105	11740
65	100	0	2000	0	9640	100	11640
70	95	0	1900	0	9640	95	11540
75	90	0	1800	0	9640	90	11440
80	85	0	1700	0	9640	85	11340
85	80	0	1600	0	9640	80	11240
90	75	0	1500	0	9640	75	11140
95	70	0	1400	0	9640	70	11040
100	65	0	1300	0	9640	65	10940

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 40$, $5 \leq i_2 \leq 115$, $D_2 = 85$, $j_2 \leq 160$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $5 \leq i + j_2 - 85 \leq 115$, $90 \leq i + j_2 \leq 200$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
0	90	5	1800	20	12840	90	14660
0	95	10	1900	40	12740		14680
0	100	15	2000	60	12640		14700
0	105	20	2100	80	12540		14720
0	110	25	2200	100	12440		14740
0	115	30	2300	120	12340		14760
0	120	35	2400	140	12240		14780
0	125	40	2500	160	12140		14800
0	130	45	2600	180	12040		14820
0	135	50	2700	200	11940		14840
0	140	55	2800	220	11840		14860
0	145	60	2900	240	11740		14880
0	150	65	3000	260	11640		14900
0	155	70	3100	280	11540		14920
0	160	75	3200	300	11440		14940

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
5	85	5	1700	20	12840	85	14560
5	90	10	1800	40	12740		14580
5	95	15	1900	60	12640		14600
5	100	20	2000	80	12540		14620
5	105	25	2100	100	12440		14640
5	110	30	2200	120	12340		14660
5	115	35	2300	140	12240		14680
5	120	40	2400	160	12140		14700
5	125	45	2500	180	12040		14720
5	130	50	2600	200	11940		14740
5	135	55	2700	220	11840		14760
5	140	60	2800	240	11740		14780
5	145	65	2900	260	11640		14800
5	150	70	3000	280	11540		14820
5	155	75	3100	300	11440		14840
5	160	80	3200	320	11340		14860
10	80	5	1600	20	12840	80	14460
10	85	10	1700	40	12740		14480
10	90	15	1800	60	12640		14500
10	95	20	1900	80	12540		14520
10	100	25	2000	100	12440		14540
10	105	30	2100	120	12340		14560
10	110	35	2200	140	12240		14580
10	115	40	2300	160	12140		14600
10	120	45	2400	180	12040		14620
10	125	50	2500	200	11940		14640
10	130	55	2600	220	11840		14660
10	135	60	2700	240	11740		14680
10	140	65	2800	260	11640		14700
10	145	70	2900	280	11540		14720
10	150	75	3000	300	11440		14740
10	155	80	3100	320	11340		14760
10	160	85	3200	340	11240		14780
15	75	5	1500	20	12840	75	14360
15	80	10	1600	40	12740		14380
15	85	15	1700	60	12640		14400
15	90	20	1800	80	12540		14420
15	95	25	1900	100	12440		14440
15	100	30	2000	120	12340		14460
15	105	35	2100	140	12240		14480
15	110	40	2200	160	12140		14500

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
15	115	45	2300	180	12040		14520
15	120	50	2400	200	11940		14540
15	125	55	2500	220	11840		14560
15	130	60	2600	240	11740		14580
15	135	65	2700	260	11640		14600
15	140	70	2800	280	11540		14620
15	145	75	2900	300	11440		14640
15	150	80	3000	320	11340		14660
15	155	85	3100	340	11240		14680
15	160	90	3200	360	11140		14700
20	70	5	1400	20	12840	70	14260
20	75	10	1500	40	12740		14280
20	80	15	1600	60	12640		14300
20	85	20	1700	80	12540		14320
20	90	25	1800	100	12440		14340
20	95	30	1900	120	12340		14360
20	100	35	2000	140	12240		14380
20	105	40	2100	160	12140		14400
20	110	45	2200	180	12040		14420
20	115	50	2300	200	11940		14440
20	120	55	2400	220	11840		14460
20	125	60	2500	240	11740		14480
20	130	65	2600	260	11640		14500
20	135	70	2700	280	11540		14520
20	140	75	2800	300	11440		14540
20	145	80	2900	320	11340		14560
20	150	85	3000	340	11240		14580
20	155	90	3100	360	11140		14600
20	160	95	3200	380	11040		14620
25	65	5	1300	20	12840	65	14160
25	70	10	1400	40	12740		14180
25	75	15	1500	60	12640		14200
25	80	20	1600	80	12540		14220
25	85	25	1700	100	12440		14240
25	90	30	1800	120	12340		14260
25	95	35	1900	140	12240		14280
25	100	40	2000	160	12140		14300
25	105	45	2100	180	12040		14320
25	110	50	2200	200	11940		14340
25	115	55	2300	220	11840		14360
25	120	60	2400	240	11740		14380

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
25	125	65	2500	260	11640		14400
25	130	70	2600	280	11540		14420
25	135	75	2700	300	11440		14440
25	140	80	2800	320	11340		14460
25	145	85	2900	340	11240		14480
25	150	90	3000	360	11140		14500
25	155	95	3100	380	11040		14520
25	160	100	3200	400	10940		14540
30	60	5	1200	20	12840	60	14060
30	65	10	1300	40	12740		14080
30	70	15	1400	60	12640		14100
30	75	20	1500	80	12540		14120
30	80	25	1600	100	12440		14140
30	85	30	1700	120	12340		14160
30	90	35	1800	140	12240		14180
30	95	40	1900	160	12140		14200
30	100	45	2000	180	12040		14220
30	105	50	2100	200	11940		14240
30	110	55	2200	220	11840		14260
30	115	60	2300	240	11740		14280
30	120	65	2400	260	11640		14300
30	125	70	2500	280	11540		14320
30	130	75	2600	300	11440		14340
30	135	80	2700	320	11340		14360
30	140	85	2800	340	11240		14380
30	145	90	2900	360	11140		14400
30	150	95	3000	380	11040		14420
30	155	100	3100	400	10940		14440
35	55	5	1100	20	12840	55	13960
35	60	10	1200	40	12740		13980
35	65	15	1300	60	12640		14000
35	70	20	1400	80	12540		14020
35	75	25	1500	100	12440		14040
35	80	30	1600	120	12340		14060
35	85	35	1700	140	12240		14080
35	90	40	1800	160	12140		14100
35	95	45	1900	180	12040		14120
35	100	50	2000	200	11940		14140
35	105	55	2100	220	11840		14160
35	110	60	2200	240	11740		14180
35	115	65	2300	260	11640		14200

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j ₂	Dönem Sonu Envanter i ₂ =i+j ₂ -D ₂	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	f ₁ (i+j ₂ - D ₂)	j ₂ (i)	f ₂ (i)
35	120	70	2400	280	11540		14220
35	125	75	2500	300	11440		14240
35	130	80	2600	320	11340		14260
35	135	85	2700	340	11240		14280
35	140	90	2800	360	11140		14300
35	145	95	2900	380	11040		14320
35	150	100	3000	400	10940		14340
40	50	5	1000	20	12840	50	13860
40	55	10	1100	40	12740		13880
40	60	15	1200	60	12640		13900
40	65	20	1300	80	12540		13920
40	70	25	1400	100	12440		13940
40	75	30	1500	120	12340		13960
40	80	35	1600	140	12240		13980
40	85	40	1700	160	12140		14000
40	90	45	1800	180	12040		14020
40	95	50	1900	200	11940		14040
40	100	55	2000	220	11840		14060
40	105	60	2100	240	11740		14080
40	110	65	2200	260	11640		14100
40	115	70	2300	280	11540		14120
40	120	75	2400	300	11440		14140
40	125	80	2500	320	11340		14160
40	130	85	2600	340	11240		14180
40	135	90	2700	360	11140		14200
40	140	95	2800	380	11040		14220
40	145	100	2900	400	10940		14240

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 40, D_3 = 120, j_3 \leq 160$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 120 \leq 40, 120 \leq i + j_3 \leq 160$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	120	0	2400	0	14660	120	17060
0	125	5	2500	20	14560		17080
0	130	10	2600	40	14460		17100
0	135	15	2700	60	14360		17120
0	140	20	2800	80	14260		17140
0	145	25	2900	100	14160		17160
0	150	30	3000	120	14060		17180
0	155	35	3100	140	13960		17200
0	160	40	3200	160	13860		17220

Bölgesel Depo : 2

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	135	0	1350	11045
	2	140	10	1420	
	3	160	0	1600	
B	1	50	0	750	6080
	2	45	10	705	
	3	75	0	1125	
C	1	120	0	2400	17060
	2	90	5	1820	
	3	160	0	3200	

Bölgesel Depo : 3

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$i = 20, i_1 = 0, D_1 = 180, j_1 \leq 160$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 180 = 0, i + j_1 = 180$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
20	160	0	1600	0	7360	160	8960

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i = 40, i_2 = 20, D_2 = 180, j_2 \leq 160$

$i_2 = i + j_2 - D_2, i + j_2 - 180 = 20, i + j_2 = 200$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
40	160	20	1600	40	8960	160	10600

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 = 40, D_3 = 120, j_3 \leq 160$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 120 = 40, i + j_3 = 160$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2(i+j_3-D_3)$	$j_3(i)$	$f_3(i)$
0	160	40	1600	80	10600	160	12280

Bölgesel Depo: 3

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$5 \leq i \leq 50$, $i_1 = 0$, $D_1 = 80$, $j_1 \leq 75$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 80 = 0$, $i + j_1 = 80$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i+j_1-D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
5	75	0	1125	0	3690	75	4815
10	70	0	1050	0	3690	70	4740
15	65	0	975	0	3690	65	4665
20	60	0	900	0	3690	60	4590
25	55	0	825	0	3690	55	4515
30	50	0	750	0	3690	50	4440
35	45	0	675	0	3690	45	4365
40	40	0	600	0	3690	40	4290
45	35	0	525	0	3690	35	4215
50	30	0	450	0	3690	30	4140

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 40$, $5 \leq i_2 \leq 50$, $D_2 = 70$, $j_2 \leq 75$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $5 \leq i + j_2 - 70 \leq 50$, $75 \leq i + j_2 \leq 120$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i+j_2-D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
0	75	5	1125	15	4815	75	5955
5	70	5	1050	15	4815	70	5880
5	75	10	1125	30	4740		5895
10	65	5	975	15	4815	65	5805
10	70	10	1050	30	4740		5820
10	75	15	1125	45	4665		5835
15	60	5	900	15	4815	60	5730
15	65	10	975	30	4740		5745
15	70	15	1050	45	4665		5760

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
15	75	20	1125	60	4590		5775
20	55	5	825	15	4815	55	5655
20	60	10	900	30	4740		5670
20	65	15	975	45	4665		5685
20	70	20	1050	60	4590		5700
20	75	25	1125	75	4515		5715
25	50	5	750	15	4815	50	5580
25	55	10	825	30	4740		5595
25	60	15	900	45	4665		5610
25	65	20	975	60	4590		5625
25	70	25	1050	75	4515		5640
25	75	30	1125	90	4440		5655
30	45	5	675	15	4815	45	5505
30	50	10	750	30	4740		5520
30	55	15	825	45	4665		5535
30	60	20	900	60	4590		5550
30	65	25	975	75	4515		5565
30	70	30	1050	90	4440		5580
30	75	35	1125	105	4365		5595
35	40	5	600	15	4815	40	5430
35	45	10	675	30	4740		5445
35	50	15	750	45	4665		5460
35	55	20	825	60	4590		5475
35	60	25	900	75	4515		5490
35	65	30	975	90	4440		5505
35	70	35	1050	105	4365		5520
35	75	40	1125	120	4290		5535
40	35	5	525	15	4815	35	5355
40	40	10	600	30	4740		5370
40	45	15	675	45	4665		5385
40	50	20	750	60	4590		5400
40	55	25	825	75	4515		5415
40	60	30	900	90	4440		5430
40	65	35	975	105	4365		5445
40	70	40	1050	120	4290		5460
40	75	45	1125	135	4215		5475
45	30	5	450	15	4815	30	5280
45	35	10	525	30	4740		5295
45	40	15	600	45	4665		5310
45	45	20	675	60	4590		5325
45	50	25	750	75	4515		5340

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
45	55	30	825	90	4440		5355
45	60	35	900	105	4365		5370
45	65	40	975	120	4290		5385
45	70	45	1050	135	4215		5400
45	75	50	1125	150	4140		5415

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 40, D_3 = 30, j_3 \leq 75$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 30 \leq 40, 30 \leq i + j_3 \leq 70$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	30	0	450	0	5955	30	6405
0	35	5	525	15	5880		6420
0	40	10	600	30	5805		6435
0	45	15	675	45	5730		6450
0	50	20	750	60	5655		6465
0	55	25	825	75	5580		6480
0	60	30	900	90	5505		6495
0	65	35	975	105	5430		6510
0	70	40	1050	120	5355		6525
0	75	45	1125	135	5280		6540

Bölgesel Depo : 3

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$30 \leq i \leq 70, i_1 = 0, D_1 = 210, j_1 \leq 180$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 210 = 0, i + j_1 = 210$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
30	180	0	3600	0	13160	180	16760
40	170	0	3400	0	13160	170	16560
50	160	0	3200	0	13160	160	16360
60	150	0	3000	0	13160	150	16160
70	140	0	2800	0	13160	140	15960

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$i \leq 40, 30 \leq i_2 \leq 70, D_2 = 150, j_2 \leq 180$

$i_2 = i + j_2 - D_2, 30 \leq i + j_2 - 150 \leq 70, 180 \leq i + j_2 \leq 220$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2=i+j_2-D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i+j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
0	180	30	3600	120	16760	180	20480
10	170	30	3400	120	16760	170	20280
10	180	40	3600	160	16560		20320
20	160	30	3200	120	16760	160	20080
20	170	40	3400	160	16560		20120
20	180	50	3600	200	16360		20160
30	150	30	3000	120	16760	150	19880
30	160	40	3200	160	16560		19920
30	170	50	3400	200	16360		19960
30	180	60	3600	240	16160		20000
40	140	30	2800	120	16760	140	19680
40	150	40	3000	160	16560		19720
40	160	50	3200	200	16360		19760
40	170	60	3400	240	16160		19800
40	180	70	3600	280	15960		19840

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, i_3 \leq 40, D_3 = 140, j_3 \leq 180$

$i_3 = i + j_3 - D_3, i + j_3 - 140 \leq 40, 140 \leq i + j_3 \leq 180$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3 = i + j_3 - D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i + j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	140	0	2800	0	20480	140	23280
0	150	10	3000	40	20280		23320
0	160	20	3200	80	20080		23360
0	170	30	3400	120	19880		23400
0	180	40	3600	160	19680		23440

Bölgesel Depo : 3

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	160	40	1680	12280
	2	160	20	1640	
	3	160	0	1600	
B	1	30	0	450	6405
	2	75	5	1140	
	3	75	0	1125	
C	1	140	0	2800	23280
	2	180	30	3720	
	3	180	0	3600	

Üçüncü safhada, her bir bölgesel depoda günlük olarak optimize edilen ürün sipariş miktarlarının toplam değeri merkezi depo için üç günlük talep miktarlarını oluşturmuş ve maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir. Bölgesel depolarda optimize edilen her bir ürünün toplam maliyetlerinin toplamı f_0 değerini oluşturmuştur.

TABLO 18: Merkezi Depodan Talep Edilen Ürün Miktarları

GÜNLER	MERKEZİ DEPO		
	ÜRÜNLER		
	A	B	C
1	420	155	350
2	460	195	430
3	480	225	510

TABLO 19: Merkezi Depo f_0 Değerleri

BÖLGESEL DEPO	ÜRÜNLER		
	A	B	C
1	11335	8145	19260
2	11045	6080	17060
3	12280	6405	23280
TOPLAM	34660	20630	59600

Merkezi Depo

Ürün : A

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$20 \leq i \leq 40$, $i_1 = 0$, $D_1 = 480$, $j_1 \leq 460$

$i_1 = i + j_1 - D_1$, $i + j_1 - 480 = 0$, $i + j_1 = 480$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1 = i + j_1 - D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0(i + j_1 - D_1)$	$j_1(i)$	$f_1(i)$
20	460	0	2300	0	34660	460	36960
30	450	0	2250	0	34660	450	36910
40	440	0	2200	0	34660	440	36860

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$20 \leq i \leq 40$, $20 \leq i_2 \leq 40$, $D_2 = 460$, $j_2 \leq 460$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $20 \leq i + j_2 - 460 \leq 40$, $480 \leq i + j_2 \leq 500$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1(i + j_2 - D_2)$	$j_2(i)$	$f_2(i)$
20	460	20	2300	60	36960	460	39320
30	450	20	2250	60	36960	450	39270
30	460	30	2300	90	36910		39300
40	440	20	2200	60	36960	440	39220
40	450	30	2250	90	36910		39250
40	460	40	2300	120	36860		39280

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, 20 \leq i_3 \leq 40, D_3 = 420, j_3 \leq 460$

$i_3 = i + j_3 - D_3, 20 \leq i + j_3 - 420 \leq 40, 440 \leq i + j_3 \leq 460$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	440	20	2200	60	39320	440	41580
0	450	30	2250	90	39270		41610
0	460	40	2300	120	39220		41640

Merkezi Depo

Ürün : B

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$25 \leq i \leq 50, i_1 = 0, D_1 = 225, j_1 \leq 200$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 225 = 0, i + j_1 = 225$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
25	200	0	2000	0	20630	200	22630
30	195	0	1950	0	20630	195	22580
35	190	0	1900	0	20630	190	22530
40	185	0	1850	0	20630	185	22480
45	180	0	1800	0	20630	180	22430
50	175	0	1750	0	20630	175	22380

n = 2 inci Aşama (2 inci gün)

$20 \leq i \leq 45$, $25 \leq i_2 \leq 50$, $D_2 = 195$, $j_2 \leq 200$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $25 \leq i + j_2 - 195 \leq 50$, $220 \leq i + j_2 \leq 245$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i + j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
20	200	25	2000	100	22630	200	24730
25	195	25	1950	100	22630	195	24680
25	200	30	2000	120	22580		24700
30	190	25	1900	100	22630	190	24630
30	195	30	1950	120	22580		24650
30	200	35	2000	140	22530		24670
35	185	25	1850	100	22630	185	24580
35	190	30	1900	120	22580		24600
35	195	35	1950	140	22530		24620
35	200	40	2000	160	22480		24640
40	180	25	1800	100	22630	180	24530
40	185	30	1850	120	22580		24550
40	190	35	1900	140	22530		24570
40	195	40	1950	160	22480		24590
40	200	45	2000	180	22430		24610
45	175	25	1750	100	22630	175	24480
45	180	30	1800	120	22580		24500
45	185	35	1850	140	22530		24520
45	190	40	1900	160	22480		24540
45	195	45	1950	180	22430		24560
45	200	50	2000	200	22380		24580

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, 20 \leq i_3 \leq 45, D_3 = 155, j_3 \leq 200$

$i_3 = i + j_3 - D_3, 20 \leq i + j_3 - 155 \leq 45, 175 \leq i + j_3 \leq 200$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	175	20	1750	80	24730	175	26560
0	180	25	1800	100	24680		26580
0	185	30	1850	120	24630		26600
0	190	35	1900	140	24580		26620
0	195	40	1950	160	24530		26640
0	200	45	2000	180	24480		26660

Merkezi Depo

Ürün : C

n = 1 inci Aşama (3 üncü gün)

$60 \leq i \leq 120, i_1 = 0, D_1 = 510, j_1 \leq 450$

$i_1 = i + j_1 - D_1, i + j_1 - 510 = 0, i + j_1 = 510$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_1	Dönem Sonu Envanter $i_1=i+j_1-D_1$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_0 (i+j_1 - D_1)$	$j_1 (i)$	$f_1 (i)$
60	450	0	6750	0	59600	450	66350
70	440	0	6600	0	59600	440	66200
80	430	0	6450	0	59600	430	66050
90	420	0	6300	0	59600	420	65900
100	410	0	6150	0	59600	410	65750
110	400	0	6000	0	59600	400	65600
120	390	0	5850	0	59600	390	65450

$n = 2$ inci Aşama (2 inci gün)

$40 \leq i \leq 100$, $60 \leq i_2 \leq 120$, $D_2 = 430$, $j_2 \leq 450$

$i_2 = i + j_2 - D_2$, $60 \leq i + j_2 - 430 \leq 120$, $490 \leq i + j_2 \leq 550$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_2	Dönem Sonu Envanter $i_2 = i + j_2 - D_2$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_1 (i + j_2 - D_2)$	$j_2 (i)$	$f_2 (i)$
40	450	60	6750	300	66350	450	73400
50	440	60	6600	300	66350	440	73250
50	450	70	6750	350	66200		73300
60	430	60	6450	300	66350	430	73100
60	440	70	6600	350	66200		73150
60	450	80	6750	400	66050		73200
70	420	60	6300	300	66350	420	72950
70	430	70	6450	350	66200		73000
70	440	80	6600	400	66050		73050
70	450	90	6750	450	65900		73100
80	410	60	6150	300	66350	410	72800
80	420	70	6300	350	66200		72850
80	430	80	6450	400	66050		72900
80	440	90	6600	450	65900		72950
80	450	100	6750	500	65750		73000
90	400	60	6000	300	66350	400	72650
90	410	70	6150	350	66200		72700
90	420	80	6300	400	66050		72750
90	430	90	6450	450	65900		72800
90	440	100	6600	500	65750		72850
90	450	110	6750	550	65600		72900
100	390	60	5850	300	66350	390	72500
100	400	70	6000	350	66200		72550
100	410	80	6150	400	66050		72600
100	420	90	6300	450	65900		72650
100	430	100	6450	500	65750		72700
100	440	110	6600	550	65600		72750
100	450	120	6750	600	65450		72800

n = 3 üncü Aşama (1 inci gün)

$i = 0, 40 \leq i_3 \leq 100, D_3 = 350, j_3 \leq 450$

$i_3 = i + j_3 - D_3, 40 \leq i + j_3 - 350 \leq 100, 390 \leq i + j_3 \leq 450$

Dönem Başı Envanter i	Sipariş Miktarı j_3	Dönem Sonu Envanter $i_3=i+j_3-D_3$	Sipariş Maliyeti (YTL)	Envanter Maliyeti (YTL)	$f_2 (i+j_3 - D_3)$	$j_3 (i)$	$f_3 (i)$
0	390	40	5850	200	73400	390	79450
0	400	50	6000	250	73250		79500
0	410	60	6150	300	73100		79550
0	420	70	6300	350	72950		79600
0	430	80	6450	400	72800		79650
0	440	90	6600	450	72650		79700
0	450	100	6750	500	72500		79750

Merkezi Depo

A, B, C Ürünleri İçin Optimum Sipariş – Envanter Planı

Ürün	Gün	Sipariş	Stok	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
A	1	440	20	2260	41580
	2	460	20	2360	
	3	460	0	2300	
B	1	175	20	1830	26560
	2	200	25	2100	
	3	200	0	2000	
C	1	390	40	6050	79450
	2	450	60	7050	
	3	450	0	6750	

Üç farklı ürünün pazarlandığı dokuz perakendeci, üç bölgesel depo ve bir merkezi depodan oluşan çok kademeli ikmal sistemimizin üç günlük toplam minimum maliyeti 147.590 YTL.'dir.

SONUÇ

Müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının ham maddenin başlangıç noktasından ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkin ve verimli bir şekilde akış ve depolanmasının sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması süreci olarak tanımlanan lojistik, hesap yapma bilimi anlamındaki Yunanca “Logistikos” kelimesinden türetilmiştir.

Müşteri ihtiyaçlarını tam zamanında, istenilen miktar ve zamanda, arzu edilen niteliklerde sağlayarak, kazançlarının maksimize edilmesiyle global rekabet ortamında varlıklarını sürdürmeyi hedefleyen firmaların lojistiğe gereken önemi göstermeleri bir zaruriyettir. Lojistik tanımından da anlaşılacağı üzere gerçekleştirilecek faaliyetlerde verimliliği hedefleyen bir planlama sürecidir. Firmaların rekabet ortamından ve kendi yapılarından kaynaklanan güçlüklerin üstesinden gelerek, fırsatları kârlılığa dönüştürebilmeleri için verimliliği hedefleyen operasyonel seviyede, olay odaklı taktik seviyede, rekabet, kaynak ve yetki odaklı stratejik seviyede gerçekleştirecekleri her türlü lojistik faaliyetlerini çok iyi planlamalıdır. Kapsamlı bir şekilde planlanmamış olan faaliyetlerin başarılması mümkün değildir. Yapılacak olan planlamalarda ana ve tâli hedeflerin açık olarak tanımlanması, bu hedeflerin elde edilebilmesi için takip edilecek yöntem ve stratejilerin bilimsel esaslı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada operasyonel, taktik ve stratejik seviyede yapılacak olan planların hangi esas ve kriterler çerçevesinde yerine getirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Ham maddenin başlangıç noktasından ürünün tüketildiği son noktaya kadar gerçekleştirilecek faaliyetlerin yönetimi, firmaların ağ yapılanmalarını çok iyi gerçekleştirmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Hatalı ağ yapılanması ile faaliyetlerini yürüten firmalar yüksek maliyetlerle karşılaşmaktadırlar. Lojistik ağın tedarikçiler, depolar, dağıtım merkezleri ve perakende satış mağazalarına ilaveten, tesisler arasında hareketini sürdüren ham maddeler, işlem sürecinde olan envanter ve tamamlanmış mamullerden oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda hatalı ağ tasarımı sonucunda karşılaşılabilecek maliyetin büyüklüğü anlaşılmaktadır. Maliyetlerini azaltmak amacıyla pek çok firma depo ve üretim tesislerinin yerlerini değiştirmektedir.

Envanter için harcanan işletme sermayesinin toplam sermayeye oranının % 40-60 mertebelerine kadar yükselebileceği düşünüldüğünde, envanterin işletme maliyeti ve kârlılığı yönünden performansı etkilemede taşıdığı önem dikkat çekicidir. Envanter giderlerinin yüksek seviyelerde olması firmaların lojistiğin bu fonksiyon sahasına önem vermelerine, akademisyenlerin de bu konu üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmalarına yol açmıştır. Dağıtım ağlarının genişlemesiyle birlikte ağ tasarımı ile entegre çok kademeli envanter kavramı ortaya çıkmış ve son yıllarda bu konu üzerinde yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Çok kademeli envanter yapılanması müşteri hizmet seviyesini artırırken envanter miktarında % 20-30 seviyesinde azalma ve bunun sonucunda envantere ayrılan sermaye oranında % 10-12 oranında bir kazanç sağlamaktadır.

Kökeni itibarıyla hesap yapma bilimi anlamına gelen lojistik faaliyetlerde verimliliğin sağlanabilmesi ve hedefleri elde etmek üzere sağlıklı bir planlama yapılabilmesi için hiç kuşkusuz sayısal yöntemler ve yneyem tekniklerinden yararlanılması gerekmektedir. Dinamik programlama, çözümü g olabilecek büyük bir problemi daha küçük alt problemlere ayrıştırarak çözümde kolaylık sağlayan bir optimizasyon yöntemi olması sebebiyle ham maddenin başlangıç noktasından ürünün tüketildiği son noktaya kadar ki zincir içerisinde birbirlerinin girdi ve çıktılarını oluşturan pek çok faaliyeti alt problemlere ayrıştırarak aşama aşama çözümlenmesinde kullanılabilir. Dinamik programlama yönteminden yararlanılarak optimizasyonu sağlanan lojistik faaliyetlerden biri envanter miktarının belirlenmesidir.

Çok kademeli envanter yönetiminde gerek planlamanın yapılacağı dönemin zaman dilimlerine ayrıştırılabilmesi (gün, hafta, ay) gerekse bütün sistemi oluşturan kademelerin teker teker ele alınarak öncelikle zaman dilimi ve kademelerde çözümün sağlanması ve daha sonra bütün sistem için optimal bir sonuç ortaya konulabilmesi dinamik programlama yöntemi ile sağlanabilmektedir. Dinamik programlama çok kademeli envanter yönetiminde özellikle çok rnl sistemlerin optimizasyonunda parametrelerin değişken olması sebebiyle işlem kolaylığı sağlamaktadır.

Bu çalışmada bir merkezi ve üç bölgesel depo ile dokuz perakende mağazasından oluşan jenerik olarak tasarlanmış çok kademeli (üç kademeli) bir ikmal sisteminin üç günlük bir zaman diliminde her gün için perakende mağazalarından belirli miktarlarda talep edilen üç farklı çeşit ürünün envanter maliyetini minimize edecek şekilde her bir kademede bulundurulmasına ihtiyaç duyulan ürün miktarları dinamik programlama yöntemiyle geriye doğru çözüm tekniği uygulanarak optimize edilmiştir.

Tasarlanan ikmal sistemi modeli üç safhada çözümlenmiştir. Birinci safhada üç günlük dönemde perakendecilerden talep edilen ürün miktarları, maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir. Birinci bölgesel depodan ikmal edilen üç perakendecinin minimum maliyet değerlerinin toplamı A ürünü için 6825 YTL., B ürünü için 4650 YTL., C ürünü için 10860 YTL., ikinci bölgesel depodan ikmal edilen üç perakendecinin minimum maliyet değerlerinin toplamı A ürünü için 6675 YTL., B ürünü için 3500 YTL., C ürünü için 9640 YTL., üçüncü bölgesel depodan ikmal edilen üç perakendecinin minimum maliyet değerlerinin toplamı ise A ürünü için 7360 YTL., B ürünü için 3690 YTL., C ürünü için 13160 YTL., olarak bulunmuştur.

İkinci safhada, her bir perakendecide günlük olarak optimize edilen ürün sipariş miktarlarının toplam değeri bölgesel depolar için üç günlük talep miktarlarını oluşturmuş ve maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir. Perakendecilerde optimize edilen her bir ürünün toplam maliyetlerinin toplamı f_0 değerini oluşturmuştur. Birinci bölgesel deponun merkezi depodan talep ettiği A ürünlerinin toplam minimum maliyeti 34660, B ürünlerinin toplam minimum maliyeti 20630, C ürünlerinin toplam minimum maliyeti ise 59600 YTL. olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü safhada, her bir bölgesel depoda günlük olarak optimize edilen ürün sipariş miktarlarının toplam değeri merkezi depo için üç günlük talep miktarlarını oluşturmuş ve maliyeti minimize etmek üzere optimize edilmiştir. Bölgesel depolarda optimize edilen her bir ürünün toplam maliyetlerinin toplamı f_0 değerini oluşturmuştur. Merkezi depo için gerçekleştirilen hesaplamalar neticesinde, bütün ikmal sisteminde A ürünü için tedarikçilere verilecek sipariş ve stok miktarlarına karşılık toplam maliyet değeri 41580 YTL., B ürünü için tedarikçilere verilecek sipariş ve stok miktarlarına karşılık toplam maliyet değeri 26560 YTL., C ürünü için tedarikçilere verilecek sipariş ve stok miktarlarına karşılık toplam maliyet değeri

79450 YTL.; sistemin toplam sipariş envanter maliyet değeri ise 147.590 YTL. olarak bulunmuştur.

Alışılmış tecrübeye dayalı üretim/sipariş – envanter yöntemi uygulayan firmalarda, dinamik programlama yöntemi kullanılarak tek bir ürün için gerçekleştirilen envanter planlama çalışmalarında üretilecek/sipariş edilecek ürün ve stok miktarlarında azalma sağlanarak maliyetlerin azaltılabileceği kanıtlanmıştır. Çok ürünlü çok kademeli envanter yönetimi gerçekleştirmek isteyen firmalar, ürün ve kademe sayısının artması sebebiyle özellikle tek ürün ile bir merkezden gerçekleştirdikleri alışılmış tecrübeye dayalı üretim/sipariş – envanter yöntemlerini uygulamaları durumunda yüksek envanter ve yeni oluşturacakları tesislerin ihtiyaç fazlası maliyetiyle karşılaşacaklardır.

KAYNAKLAR

1. ABERDEEN GROUP INC., **Are your Inventory Management Practices Outdated?**, Massachusetts, 2005.
2. AKDENİZ H. Ahmet, **Bir İmalat İşletmesinde Çok Aşamalı Üretim - Stok Planlaması**, Yönetim ve Ekonomi, Cilt:10 Sayı:1 Celal Bayar Üniversitesi Manisa 2003.
3. ALDASORA CC. Reyers, AR Ganguly, G. Lemus, A. Gupta, **A hybrid Model Based On Dynamic Programming Neural Networks And Surragate Value For Inventory Optimisation Applications**, Journal Of The Operation Research Society, Vol. 50, Nu. 1, 1999.
4. ANDERSON David R., Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams, **An Introduction To Management Science Quantitative Approaches To Decision Making**, 9. Baskı, South Western College Publishing, USA, 2000.
5. ANDERSSON Jonas, Sven Axsater, Johan Marklund, **Decentralized Multi Echelon Inventory Control**, Production and Operations Management, Vol. 7, No. 4, Winter, U.S.A. 1998.
6. APPELQVİST Patrik, Juha-Matti Lehtonen and Jukka Kokkonen, **Modelling In Product And Supply Chain Design: Literature Survey And Case Study**, Journal of Manufacturing Technology Management Volume 15 · Number 7, pp. 675–686, 2004.
7. ARNDT Lars, Georg Müller-Christ, **Strategic Decisions For Autonomous Logistics Systems**, Springer, 2007.
8. ARLBJORN Jan Stentoft, , Arni Halldorsson, **Logistics Knowlege Creation: Reflection On Content, Context And Processes**, International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 32 No: 1, pp. 22-40, 2002.
9. AXSATER Sven, **Supply Chain Operations: Serial and Distribution Inventory systems**, Elsevier, 2003.

10. BALLOU Ronald H., **Business Logistics / Supply Chain Management**, 5. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.
11. BALLOU Ronald H., **The Evolution And Future Of Logistics And Supply Chain Management**, European Business Review, Vol. 19 No. 4, pp. 332-348 Emerald Group Publishing Limited, 2007.
12. BLACKWELL David, **Discrete Dynamic Programming**, The Annals Of Mathematical Statistics, Vol. 33, No. 2, pp. 719-726, Jun., 1962.
13. BOWERSOX Donald J., David J. Closs, **Logistical Management The Integrated Supply Chain Process**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 1996.
14. BOWERSOX Donald J., David J. Closs, M. Bixby Cooper, **Supply Chain Logistics Management**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2002.
15. BOZARTH Cecil C., Robert B. Handfield, **Introduction To Operations And Supply Chain Management**, 1. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2006.
16. BREWER Ann M., Kenneth J. Buton, David A. Hensher, **Handbook Of Logistics And Supply-Chain Management**, 1. Baskı, Elsevier Science, Oxford, 2001.
17. BRAMEL Julien, David Simchi-Levi, **The Logic Of Logistics**, 1. Baskı, Springer, Heidelberg, 1997.
18. CHOPRA Sunil, Peter Meindl, **Supply Chain Management Strategy Planning And Operation**, 2. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.
19. COOK Thomas M., Robert A. Russell, **Introduction To Management Science**, 2. Baskı, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 1981.
20. COYLE John J., Edward J. Bardi, C. John Langley, **The Management Of Business Logistics**, 7. Baskı, Thomson Learning, Ohio, 2003.
21. DAGANZO Carlos F., **Logistics System Analysis**, 4. Baskı, Springer, Heidelberg 2005.

22. DANIEL Berovi, Richard Vinter, **The Inventory Problem A Dynamic, Programming**, 11 th Mediterranean Conference On Control And Automation Approach, 2003.
23. DAS Chandrasekhar and Rajesh Tyagi, **Wholesaler: A Decision Support System For Wholesale Procurement And Distribution**, International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 24 No. 10, pp. 4-12, MCB University Press Limited, 1994.
24. DAVIDSSON Paul and Fredrik Wernstedt, **A Framework For Evaluation Of Multi-Agent System Approaches To Logistics Network Management**, Department Of Software Engineering and Computer Science, Blekinge Institute Of Technology, Soft Center, 372 25 Ronneby, Sweden.
25. DEPASS Beth, **Next Generation End-To-End Logistics Decision Support Tools. Evolutionary Logistics Planning**, Proceedings Of The 2007 IEEE Symposium On Computational Intelligence In Security And Defense Applications , CISDA 2007.
26. DELL'OLMO Paolo and Guglielmo Lulli, **Planning Activities In A Network Of Logistic Platforms With Shared Resources**, Annals Of Operations Research 129, pp. 155–169, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2004.
27. DOĞAN İbrahim, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, 2. Baskı, Bilim Teknik Yayın Evi, İstanbul, 1995.
28. EVERS Joseph J. M., Léanneke Loeve, David G. Lindeijer, **New Logistic Control: Concepts, Architecture and Logistics Programming**, Draft To Be Presented At The 3-Th International Meeting For Research In Logistics, Trois-Rivieres, Canada, 2000.
29. FERAUD Geneviève J.S., **Research Paper: Improving Strategic Decision Making In Logistics Information Management – A Framework**, Logistics Information Management, Volume 11, Number 4, pp. 232–243, MCB University Pres, 1998.
30. FRAZELLE Edward, **Supply Chain Strategy The Logistics Of Supply Chain Management**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2002.

31. GHIANI Gianpaolo, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno, **Introduction To Logistics Systems Planning And Control**, 1. Baskı, John Wiley & Sons, England, 2004.
32. HALLAÇ Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 5. Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2001.
33. HAQUE Wahidul, **Dynamic Programming In A Multi-Product Model Of Economic Development**, International Economic Review, Vol. 7, No. 1., pp. 93-108, Jan., 1966.
34. HUGOS Michael, **Essentials Of Supply Chain Management**, 1. Baskı, John Wiley & Sons, England, 2003.
35. HILLER Frederick S., Gerald J. Lieberman, **Introduction To Operations Research**, McGraw-Hill, USA, 1996.
36. HONGZE Ma and Chenxia Suo, **A Model For Designing Multiple Products Logistics Networks**, International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 36 No. 2, pp. 127-135, Emerald Group Publishing Limited, 2006.
37. HOOPER Neil, **Dynamic Distribution Planning Techniques: Progressive Logistics Optimization For Manufacturers**, Logistics Information Management Volume 9, Number 3, pp. 27–35, 1996.
38. JIANG Bin, **The Decision-Making On An In-House Logistic Division's Operation Strategies**, Int. J. Production Economics, pp. 37–46, Elsevier, 2005.
39. KARAYALÇIN İlhami, **Yöneylem”Harekat Araştırması”**, 3. Baskı, Menteşe Kitapevi, İstanbul, 1993.
40. KATOK Elena, Andrew Lathrop, William Tarantino, Susan H. Xu, **Jeppesen Uses a Dynamic-Programming-Based DSS to Manage Inventory**, Inform Interfaces November–December, pp. 54–65, 2001.

41. KATOK Elena, Andrew Lathrop, William Tarantino, **Using Dynamic Programming-Based DSS To Manage Inventory At Jeppesen**, Forthcoming Interfaces, 2000.
42. KENGPOL Athakorn, Markku Tuominen, **A Framework For Group Decision Support Systems: An Application In The Evaluation Of Information Technology For Logistics Firms**, Int. J. Production Economics 101 pp. 159–171, Elsevier, 2006.
43. KIESMULLER G. P. , A. G. De Kok, **Safety Stock Allocation In A Multi Item Multi-Echelon Inventory System With Quantity-Based Order Consolidation**, Faculty of Technology Management, Technische Universiteit Eindhoven, P.O. Box Eindhoven, The Netherlands.
44. KIESMULLER G. P. , A. G. De Kok, **A Multi-Item Multi-Echelon Inventory System With Quantity-Based Order Consolidation**, Faculty Of Technology Management, Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands.
45. KOBU Bülent , **Üretim Yönetimi**, Avcıol Basım Yayım, İstanbul, 1996.
46. KOUTSOUKIS Nikitas-Spiros, Belen Dominguez-Ballesteros, Cormac A. Lucas and Gautam Mitra, **A Prototype Decision Support System For Strategic Planning Under Uncertainty**, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 30 No. 7/8, pp. 640-660, University Press, 2000.
47. LAMBERT Douglas M., Stock James R., Ellram Lisa M., **Fundamentals Of Logistics Management**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 1998.
48. LEE Calvin B., **Multi-Echelon Inventory Optimization**, Business Value Research Series, Manhattan Associates Inc., 2006.
49. LEZKİ Şenay, **Dinamik Programlama İle Stok Planlaması Ve İleri Doğru Tablosal Çözüm Yolu Kullanılarak Bir Uygulama Denemesi**, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 2002.
50. LINDLEY D. V., **Dynamic Programming and Decision Theory**, Applied Statistics, Vol. 10, No. 1, pp. 39-51, Mar.,1961.

51. MEEPETCHDEE Yongyut and Nilay Shah, **Logistical Network Design With Robustness And Complexity Considerations**, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol. 37 No. 3, pp. 201-222, Emerald Group Publishing Limited,2007.
52. MIN Hokey and Sean B. Eom, **An Integrated Decision Support System For Global Logistics**, International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 24 No. 1, pp. 29-39, MCB University Press,1994.
53. MURPHY Jr Paul R., Donald F. Wood, **Contemporary Logistics**, 8. Baskı, Perason Prentice Hall, New Jersey, 2004.
54. NILSSON Andreas, **Essays on Joint Replenishment and Multi-Echelon Inventory Systems**, Licentiate Thesis, Lulea University of Technology, 2006.
55. OSTERMARK Ralf, Kenneth Söderlund, **A Multiperiod Firm Model For Strategic Decision Support**, Kybernetes, Vol. 28 No. 5, pp. 538-556, 1999.
56. ÖZDEMİR Ali, **Yönetmel Karar Verme Sürecinde Dinamik Amaç Programlama Yaklaşımı Ve Bir Uygulama**, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi, İzmir, 2004.
57. ÖZDEMİR Ali, **Üretim-Envanter Düzetinin Belirlenmesinde Dinamik Programlama Modelinin Uygulanması**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 6, sayı 3, 2004.
58. ÖZDEMİR Ali, **Envanter Sorunlarının Çözümünde Dinamik Programlama Modelinin Uygulanması**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2000.
59. 44. PLOSSL G. **Production And Inventory Control**, Prentice Hall, 1997.
60. RATLIFF H. Donald, William G. Nulty, **Logistics Composite Modeling**, The Logistics Institute At Georgia Tech, Technical White Paper Series, 1996.
61. RIOPEL Andre Diane, Langevin James F. Campbell, **The Network Of Logistics Decision**, Springer, 2007.

62. ROBESON James F., Copacino William C., **The Logistics Handbook**, 1. Baskı, Free Pres, New York, 1994.
63. ROSSETTI Manuel D., Mehmet Miman, Vijith Varghese, Yisha Xiang **An Object-Oriented Framework For Simulating Multi-Echelon Inventory Systems**, Proceedings Of The 2006 Winter Simulation Conference U.S.A.
64. SEZEN Kemal, **Dinamik Programlama**, 1. Baskı, Ekin Kitapevi, Bursa, 1998.
65. SHAPIRO Jeremy F., **Modeling The Supply Chain**, 1. Baskı, Thomson Learning, Ohio, 2001.
66. SHERVAIS Stephen, **Adaptive Critic Design Of Control Policies For A Multi-Echelon Inventory System**, Doctor Of Philosophy In Systems Science, Portland State University, 2000.
67. SILVER Edward A., David F. Pyke, Rein Peterson, **Inventory Management and Production Planning And Scheduling**, 3. Baskı, John Wiley & Sons, England, 1998.
68. SIMCHI-LEVI David, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi, **Designing And Managing The Supply Chain**, 1. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2000.
69. SIMCHI-LEVI David, Yao Zhao, **Three Generic Methods For Evaluating Stochastic Multi-Echelon Inventory Systems**, First draft March 2006, revised August 2006, May 2007 Elsevier.
70. SNYDER Larry, **Multi-Echelon Inventory Management**, Lehigh University, 2006.
71. STADTLER Hartmut, Christoph Kilger, **Supply Chain Management And Advanced Planning**, 2. Baskı, Springer, Heidelberg, 2002.
72. STEPHEN C. Graves A. P. **A Multi-Echelon Inventory Model With Fixed Reorder Intervals**, Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1989.

73. STEPHEN C. Graves A. P. Sloan, **A Multi-Echelon Inventory Model For A Low Demand Repairable Item**, School of Management Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1982.
74. STOCK James R. and Lambert Douglas M., **Strategic Logistics Management**, 4. Baskı, McGraw-Hill, New York, 2001.
75. TAHA Hamdy A., **Yöneylem Araştırması**, 6. Baskı, Çev.: Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, İstanbul, 2000.
76. TOP Aykut, **Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması**, 1. Baskı, Melisa Matbacılık, İstanbul, 1994.
77. TURBAN Efraim, Jack R. Meredith, **Fundamentals Of Management Science**, 4. Baskı, Business Publications, Texas, 1988.
78. TÜTEK Hülya, Şevkinaz Gümüsoğlu, **Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım**, 1. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1994.
79. WALTERS David, **The Implications Of Shareholder Value Planning And Management For Logistics Decision Making**, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 29 No. 4, 1999.
80. WANKE Peter F., **Strategic Logistics Decision Making**, International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 34 No. 6, pp. 466-478, Emerald Group Publishing Limited, 2004.
81. WATERS Donald, **Logistics An Introduction To Supply Chain Management**, 1. Baskı, Palgrave Macmillan, New York, 2003.
82. WIKROM Jaruphongs, Sıla Çetinkaya and Chung-Yee Lee, **A Two-Echelon Inventory Optimization Model With Demand Time Window Considerations**, Journal Of Global Optimization 30: 347–366, Kluwer Academic Publishers. Printed, Netherlands. 2004.
83. WINSTON Wayne L., **Operation Research Applications And Algorithms**, 3. Baskı, Thomson Publishing, USA, 1994.
84. <http://gis.cancer.gov/nci/research.html> (21Nisan 2008)