

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

**ÇOK KADEMELİ TEDARİK ZİNCİRLERİNDE KAMÇI
ETKİSİNİN AZALTILMASI İÇİN YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ:
GENİŞLETİLMİŞ SATICI YÖNETİMLİ ENVANTER MODELİ**

DOKTORA TEZİ

Endüstri Yük. Müh. Halil İbrahim CEBECİ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Harun R. YAZGAN

Şubat 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


ÇOK KADEMELİ TEDARİK ZİNCİRLERİNDE KAMÇI
ETKİSİNİN AZALTILMASI İÇİN YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ:
GENİŞLETİLMİŞ SATICI YÖNETİMLİ ENVANTER MODELİ


DOKTORA TEZİ


Endüstri Yük. Müh. Halil İbrahim CEBECİ


Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ


Bu tez 24/02/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Şakir ESNAF
Üye


Prof. Dr. Orhan TORKUL
Üye


Doç. Dr. Cemil ÖZ
Üye


Yrd. Doç. Dr. Harun R. YAZGAN
Üye

ÖNSÖZ

Öncelikle çalışmalarında her türlü katkıyı sağlayan, tezin oluşmasında ve sonuçlandırılmasında bana destek olan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Harun R. YAZGAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez hazırlama sürecinde önerileriyle çalışmanın şekillenmesinde önemli katkılar sağlayan tez izleme hocalarım, Sayın Prof. Dr. Orhan TORKUL ve Doç. Dr. Cemil ÖZ 'e teşekkür ederim.

Sayın Yrd. Doç. Dr. Alper GÖKSU ve Yrd. Doç. Dr. Kadir HIZIROĞLU başta olmak üzere, bütün mesai arkadaşlarıma çalışma boyunca sağladıkları sabırlı ve anlamlı destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak uzun ve zahmetli doktora süreci boyunca desteklerini ve güvenini benden esirgemeyen başta babam Prof. Dr. Suat CEBECİ olmak üzere bütün aileme teşekkür eder ve saygılarımı sunarım. Ayrıca sıkıntılı anlarımda sabırlı bir şekilde yanımda duran, her türlü desteğini esirgemeyen, moral ve motivasyon sağlayan sevgili eşim Firdevs'e ve neşe kaynağım küçük kızım Zeynep'e özellikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xvi
SUMMARY.....	xvii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Temel Kavramlar.....	2
1.1.1. Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi.....	2
1.1.2. Tedarik zincirlerinde stok kontrolü.....	4
1.1.2.1. Dinamik stok kontrol politikası.....	6
1.1.3. Tedarik zincirlerinde bilgi paylaşımı ve kamçı etkisi	10
1.1.3.1. Kamçı etkisinin nedenleri.....	11
1.1.4. Satıcı yönetimli envanter.....	15
1.1.4.1. Klasik tedarik zinciri yönetimi ile farkları...	17
1.1.4.2. Sağladığı faydalar.....	18
1.1.4.3. Uygulama güçlükleri.....	19
1.1.5. Genişletilmiş satıcı yönetimli envanter.....	20
1.2. Çalışmanın Amacı.....	21
1.3. Tezin Organizasyonu.....	22

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	23
2.1. Kamçı Etkisi.....	23
2.2. Talep Tahminine Dayalı Dinamik Stok Kontrol Politikası.....	28

2.3. Satıcı Yönetimli Envanter.....	30
2.3.1. Satıcı yönetimli envanter ile kamçı etkisi ilişkisi	32
2.4. Genişletilmiş Satıcı Yönetimli Envanter	33
2.5. Sonuç	34
BÖLÜM 3.	
GENİŞLETİLMİŞ SATICI YÖNETİMLİ ENVANTER MODELİ.....	37
3.1. Modelin Tanımlanması.....	37
3.2. Değişken Teslim Zamanı Durumunda DSKP (r_k, Q_k) Politikası.....	40
3.2.1. Değişkenlik durumunda (r, Q) ve (r_k, Q_k) sistemlerinin karşılaştırılması.....	44
3.2.1.1. Talep değişkenliği durumu	44
3.2.1.2. Teslim süresi değişkenliği durumu	46
3.3. Modelin İşleyişi.....	46
3.3.1. Dönem sonu stokların izlenmesi.....	46
3.3.2. Talep tahmini süreci.....	47
3.3.3. Yeniden sipariş noktasının belirlenmesi	51
3.3.4. Sipariş miktarının belirlenmesi.....	53
3.3.5. Siparişlerin dağıtım süreci	55
3.4. Önerilen GSYE Modeli Kamçı Etkisi İlişkisi.....	58
3.4.1. Talep tahmini güncellemeleri.....	58
3.4.2. Tedarik kıtlığı ve oranlama oyunu.....	59
3.4.3. Sipariş birleştirme.....	59
BÖLÜM 4.	
BENZETİM MODELİ TASARIMI.....	60
4.1. Modelin İşleyişi ve Çalışma Adımları.....	60
4.1.1. TZY modeli.....	60
4.1.2. SYE modeli.....	65
4.1.3. Önerilen GSYE modeli.....	71
4.2. Sistem Performans Ölçütleri.....	76
4.3. Benzetim Modelinin Doğrulanması ve Geçerliliği.....	78

4.3.1. Modelin kısa dönemde çalıştırılması.....	81
4.3.1.1. Model girdileri.....	82
4.3.1.2. Model parametreleri.....	82
4.3.2. Benzetim modelinin doğruluğunun değerlendirilmesi	84
4.3.3. Benzetim modelinin geçerliliğinin değerlendirilmesi	87
BÖLÜM 5.	
DENEYSEL TASARIM VE SONUÇLAR	90
5.1. Deneysel Tasarım	90
5.1.1. Modelin varsayımları	91
5.1.2. Modelin girdileri.....	92
5.1.3. Model parametreleri.....	93
5.1.3.1. Sipariş miktarı değişkenliği senaryoları.....	95
5.1.3.2. Tedarik kıtlığı durumu senaryoları	96
5.1.3.3. Teslim süresi değişkenliği senaryoları.....	98
5.1.4. Model çalışma sayısı ve süresi.....	99
5.2. Deneysel Sonuçlar.....	100
5.2.1. Toplam tedarik zinciri maliyeti açısından sonuçlar....	101
5.2.2. Kamçı etkisi açısından sonuçlar	110
5.2.3. Sipariş erteleme oranı açısından sonuçlar	117
5.2.4. Stok değerleri açısından sonuçlar	122
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	129
6.1. Sonuçlar	129
6.2. Gelecek Çalışmalar	134
KAYNAKLAR	135
EKLER	142
ÖZGEÇMİŞ	179

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	: Varyans analizi
ARIMA	: Otoregresif bütünleşik hareketli ortalamalar
B_k	: Üretici için k . dönemdeki ertelenen sipariş miktarı
B_{i_k}	: i . dağıtıcı için k . dönemdeki ertelenen sipariş miktarı
B_{ij_k}	: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için k . dönemdeki ertelenen sipariş miktarı
C	: Toplam maliyet
CSL	: Müşteri hizmet seviyesi (Customer service level)
d	: Sanal talep düzeltme katsayısı
D_i	: i . dağıtıcı
D_i^v	: i . dağıtıcı için sanal talep değeri
D_{ij}^v	: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için sanal talep değeri
$D_i F_{(k)}$: i . dağıtıcının k . dönemde yapmış olduğu talep tahmini değeri
$D_{ij} F_k$: i . dağıtıcının bağlı j . perakendecisi için k . dönemde yapmış olduğu talep tahmini değeri
DSKP	: Dinamik stok kontrol politikası
$E[B_k]$: k . dönemdeki ertelenen sipariş miktarının beklenen değeri
$E[L]$: Teslim süresinin beklenen değeri
$E[D]$: Teslim süresi boyunca toplam talebin beklenen değeri
EVD	: Elektronik veri değişimi
GSYE	: Genişletilmiş satıcı yönetimli envanter
h	: Birim elde bulundurma maliyeti
HDFP	: Hergün düşük fiyat politikası
I_k	: Üretici kademesi k . dönem sonu fiili stok değeri
I_{i_k}	: i . dağıtıcı için k . dönem sonu fiili stok değeri
I_{ij_k}	: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için k . dönem sonu fiili stok değeri
I_k^P	: Üretici kademesi k . dönem stok pozisyonu değeri

$I_{i k}^P$: i . dağıtıcı için k . dönem stok pozisyonu değeri
$I_{ij k}^P$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için k . dönem stok pozisyonu değeri
K	: Sabit sipariş maliyeti
KE	: Kamçı etkisi
L_k^d	: Talep tahmin fonksiyonunda k . döneme ait seviye bileşeni
N_k	: Silver-Meal algoritması dönem değeri
N_k^*	: Silver-Meal algoritması en uygun dönem değeri
P	: Üretici
PF_k	: Üreticinin k . dönemdeki talep tahmini değeri
$P_i F_k$: Üreticinin i . dağıtıcısı için yapmış olduğu k . dönem talep tahmini değeri
P_k	: k . dönemdeki üretim miktarı
P_k^c	: Önceki dönemlerde üretim kararı verilip k . dönemde stoklara giren miktar
P_k^o	: Önceki dönemlerde üretim kararı verilip k . dönemde stoklara girmeyen miktar
pb	: Para birimi
PI	: Koruma aralığı
$Q_{i k}$: i . dağıtıcı için k . dönemdeki sipariş miktarı
$Q_{i k}^c$: i . dağıtıcı için önceki dönemlerde sipariş edilen ve k . dönemde teslim alınan miktar
$Q_{i k}^o$: i . dağıtıcı için önceki dönemlerde sipariş edilen ve k . dönemde henüz teslim alınmamış miktar
$Q_{ij k}$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için k . dönemdeki sipariş miktarı
$Q_{ij k}^c$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için önceki dönemlerde sipariş edilen ve k . dönemde teslim alınan miktar
$Q_{ij k}^o$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için önceki dönemlerde sipariş edilen ve k . dönemde henüz teslim alınmamış miktar
$r_{i k}$: i . dağıtıcı için k . dönemdeki yeniden sipariş noktası
$r_{ij k}$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci için k . dönemdeki yeniden sipariş noktası
R_{ij}	: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendeci

$R_{ij}F_k$: i . dağıtıcıya bağlı j . perakendecinin k . dönem için yapmış olduğu talep tahmini değeri
r_{P_k}	: Üretici için k . dönemdeki üretim noktası
SND	: Satış noktası değeri
SMA	: Silver-Meal algoritması
SQ_k^R	: k . dönemdeki yeniden sipariş noktası hesabında güvenlik miktarı
SQ_k^Q	: k . dönemdeki sipariş miktarı hesabında güvenlik miktarı
SS_{in}	: Kamçı etkisi hesabında girdi değişkenliği değeri
SS_{out}	: Kamçı etkisi hesabında çıktı değişkenliği değeri
SS_{out}^D	: Kamçı etkisi hesabında dağıtıcı kademesi için girdi değişkenliği değeri
SS_{in}^D	: Kamçı etkisi hesabında dağıtıcı kademesi için çıktı değişkenliği değeri
SS_{out}^P	: Kamçı etkisi hesabında üretici kademesi için girdi değişkenliği değeri
SS_{in}^P	: Kamçı etkisi hesabında üretici kademesi için çıktı değişkenliği değeri
SS_{out}^R	: Kamçı etkisi hesabında perakendeci kademesi için girdi değişkenliği değeri
SS_{in}^R	: Kamçı etkisi hesabında perakendeci kademesi için çıktı değişkenliği değeri
SYE	: Satıcı yönetimli envanter
T_k^d	: Talep tahmini fonksiyonundaki k . döneme ait trend bileşeni
TZ	: Tedarik zinciri
TZY	: Tedarik zinciri yönetimi
$Var[L]$: Teslim süresinin varyansı
$Var[D]$: Teslim süresi boyunca talebin toplam varyansı
y, z	: Tahmin sürecinde alt indis değerleri
α	: üstel düzeltmeler yönteminde seviye bileşeni düzeltme katsayısı
β	: üstel düzeltmeler yönteminde trend bileşeni düzeltme katsayısı
μ_L	: Teslim süresi ortalaması
μ_P	: Üretim süresi ortalaması
σ_L	: Teslim süresi standart sapması
σ_P	: Üretim süresi standart sapması
σ_D	: Teslim süresi boyunca toplam talebin standart sapması
ρ	: Birim sipariş erteleme maliyeti

- ω : Kamçı etkisi değeri
 ω_D : Dağıtıcı kademesi için kamçı etkisi değeri
 ω_R : Perakendeci kademesi için kamçı etkisi değeri
 ω_P : Üretici kademesi için kamçı etkisi değeri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Tedarik zinciri şematik görünüşü.....	3
Şekil 1.2.	(r, Q) sürekli gözden geçirme politikası stok hareketleri	7
Şekil 1.3.	(r_k, Q_k) talep tahmini tabanlı dinamik gözden geçirme politikası stok hareketleri	8
Şekil 1.4.	Geleneksel tedarik zincirlerinde kamçı etkisi.....	12
Şekil 1.5.	Satıcı yönetimli envanter sistemi	16
Şekil 3.1.	Klasik çok kademeli tedarik zinciri modeli	38
Şekil 3.2.	Çok kademeli satıcı yönetimli envanter tedarik zinciri modeli	38
Şekil 3.3.	Genişletilmiş çok kademeli satıcı yönetimli envanter tedarik zinciri modeli	39
Şekil 4.1.	Klasik tedarik zincirlerinde perakendeci kademesi için bilgi akışı diyagramı	61
Şekil 4.2.	Klasik tedarik zincirlerinde dağıtıcı kademesi için bilgi akışı diyagramı	64
Şekil 4.3.	Klasik tedarik zincirlerinde üretici kademesi için bilgi akışı diyagramı	65
Şekil 4.4.	SYE de perakendeci kademesi için bilgi akışı diyagramı	66
Şekil 4.5.	SYE de dağıtıcı kademesi için bilgi akışı diyagramı	67
Şekil 4.6.	Genişletilmiş SYE de dağıtıcı kademesi için bilgi akışı diyagramı	72
Şekil 4.7.	Genişletilmiş SYE de üretici kademesi için bilgi akışı diyagramı	73
Şekil 4.8.	Benzetim modellerinin doğrulanması ve geçerliliği süreci gösterimi	80
Şekil 4.9.	Geçerlilik ve doğruluğun araştırılması için kurulan örnek TZ modeli	81
Şekil 5.1.	Kamçı etkisine göre benzetim modeli ısınma dönemi grafiği	100
Şekil 5.2.	TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama maliyet değerleri	107
Şekil 5.3.	TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama kamçı değerleri	114

Şekil 5.4.	D_3 dağıtıcısı için örnek çalışmadaki 200 dönemlik sipariş değişkenliği	116
Şekil 5.5.	Üretici için örnek çalışmadaki 200 dönemlik sipariş değişkenliği	116
Şekil 5.6.	TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama sipariş erteleme miktarı oranları	121
Şekil 5.7.	TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama stok miktarı oranları.	125

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Kamçı etkisi nedenleri ve çözüm önerileri	14
Tablo 2.1.	Kamçı etkisi konusunda yapılan çalışmaların sınıflandırılması	28
Tablo 3.1.	TZY, SYE ve GSYE yaklaşımlarında talebin durumu	50
Tablo 3.2.	TZY, SYE ve GSYE yaklaşımlarında talep tahmini süreçleri	51
Tablo 3.3.	TZY, SYE ve GSYE sistemleri için stok kontrol parametreleri hesaplama durumu	55
Tablo 4.1.	Geçerlik ve doğrulama modeli için belirlenen birim maliyet değerleri	83
Tablo 4.2.	Geçerlik ve doğrulama modeli için belirlenen başlangıç stoğu değerleri	84
Tablo 4.3.	R_{33} perakendecisi için 65. dönemde yapılan sonraki 12 dönemlik talep tahmini değerleri	85
Tablo 4.4.	R_{33} perakendecisi için yeniden sipariş noktası hesabı	85
Tablo 4.5.	R_{33} perakendecisi için sipariş miktarı hesabı	86
Tablo 4.6.	Doğrulanma ve geçerlilik modeli kamçı etkisi değerleri	88
Tablo 4.7.	Doğrulanma ve geçerlilik modeli toplam ağ maliyeti değerleri	88
Tablo 4.8.	Doğrulanma ve geçerlilik modeli sipariş erteleme değerleri ...	89
Tablo 4.9.	Doğrulanma ve geçerlilik modeli stok değerleri	89
Tablo 5.1.	Üstel düzeltme parametre setleri için ortalama mutlak hata değerleri tablosu	94
Tablo 5.2.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryoları için sabit sipariş maliyeti değerleri	96
Tablo 5.3.	Tedarik kıtlığı durumu senaryoları için kıtlık başlangıç dönemi ve uzunluğu	97
Tablo 5.4.	Teslim süresi değişkenliği senaryoları için teslim süresi ortalama ve standart sapma değerleri	99
Tablo 5.5.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri	102

Tablo 5.6.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	102
Tablo 5.7.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu	103
Tablo 5.8.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri	103
Tablo 5.9.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	104
Tablo 5.10.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu	105
Tablo 5.11.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri	105
Tablo 5.12.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	105
Tablo 5.13.	Sipariş değişkenliği senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu	107
Tablo 5.14.	Maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	108
Tablo 5.15.	Ortalama maliyet değerlerinin kademe bazlı değişimi	109
Tablo 5.16.	Kademe bazlı maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	109
Tablo 5.17.	Dağıtıcılar için ortalama maliyet değerleri	110
Tablo 5.18.	Dağıtıcı maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	110
Tablo 5.19.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri	111
Tablo 5.20.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	111
Tablo 5.21.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri	112
Tablo 5.22.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	112
Tablo 5.23.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri	113

Tablo 5.24.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	113
Tablo 5.25.	Kademe bazlı kamçı etkisi değeri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	115
Tablo 5.26.	Dağıtıcı kademesi için ortalama kamçı etkisi değerleri	115
Tablo 5.27.	Dağıtıcı kademesi kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	115
Tablo 5.28.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına sipariş erteleme oranı değerleri	117
Tablo 5.29.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	118
Tablo 5.30.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre sipariş erteleme oranı değerleri	118
Tablo 5.31.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	119
Tablo 5.32.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre sipariş erteleme oranı değerleri	119
Tablo 5.33.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	120
Tablo 5.34.	Kademe bazlı sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	122
Tablo 5.35.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre stok miktarı değerleri	122
Tablo 5.36.	Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	122
Tablo 5.37.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre stok miktarı değerleri	123
Tablo 5.38.	Tedarik kıtlığı durumu senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	123
Tablo 5.39.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre stok miktarı değerleri	124
Tablo 5.40.	Teslim süresi değişkenliği senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	124

Tablo 5.41.	Kademe bazlı stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	126
Tablo 5.42.	Üçüncü dağıtıcı için stok miktarı değerleri	126
Tablo 5.43.	Üçüncü dağıtıcı stok değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri	126
Tablo 5.44.	TZY, SYE ve GSYE modellerinin senaryo bazlı performans ölçütü değerleri	128

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Çok kademeli tedarik zinciri, genişletilmiş satıcı yönetimli envanter, talep tahmini tabanlı dinamik stok kontrol politikası, değişken talep ve teslim süreleri, kamçı etkisi

Tedarik zincirlerinde, küreselleşen pazarlar ile talepteki belirsizliğin artması sonucunda ortaya çıkan kamçı etkisi önemli bir problemdir. Bu olumsuz etkinin üstesinden gelebilmek için firmalar, bilgi paylaşımı temelli yeni yönetim yaklaşımlarını tercih etmektedirler. Satıcı yönetimli envanter; üst kademenin alt kademe stok yönetimi sürecinin kontrolünü ele aldığı, bilgi paylaşımı temelli bir yönetim felsefesidir. Aynı zamanda tedarik ağı boyunca kamçı etkisi değerlerinin azaltılmasında önemli faydalar sağlamaktadır.

Bu çalışma da; satıcı yönetimli envanter yaklaşımlarının sağladığı faydaların çok kademeli tedarik ağlarına genişletilmesi amacıyla yeni bir “genişletilmiş satıcı yönetimli envanter” modeli önerilmiştir. Genişletilmiş modelde, değişken talep ve değişken teslim süreleri koşulları ile çalışan talep tahmini tabanlı dinamik stok kontrol politikası ele alınmıştır. Önerilen yeni modelin klasik tedarik zinciri yönetimi ve satıcı yönetimli envanter yaklaşımları ile karşılaştırılması için benzetim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırılan modellerin sonuçları toplam zincir maliyeti, kamçı etkisi, sipariş erteleme oranı ve stok miktarı performans ölçütleri açısından tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile değerlendirilmiştir. Genişletilmiş satıcı yönetimli envanter modeli ile kamçı etkisi değerlerinde önemli düşüşler sağlanmıştır. Ayrıca toplam zincir maliyetleri ve stok miktarlarını düşürülürken, sipariş erteleme oranlarında müşteri hizmet seviyesi hedeflerinden sapmanın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Geliştirilen modelin, üretici odaklı yapısından dolayı farklı sektörlerde kullanım alanı (beyaz eşya, otomotiv ve benzeri) bulunabileceği düşünülmektedir. Ayrıca genişletilmiş model kullanımıyla üreticilerin elde ettikleri faydaların, dağıtıcı ve perakendecilerine, miktar, fiyat veya maliyet indirimleri şeklinde dağıtılması sonucunda, kullanılacak sektörlerin sayısında artış sağlanabileceği öngörülmektedir.

A NEW MODEL PROPOSAL TO REDUCE BULLWHIP EFFECT IN MULTI ECHELON SUPPLY CHAINS: EXTENDED VENDOR MANAGED INVENTORY MODEL

ABSTRACT

Keywords: Multi echelon supply chains, extended vendor managed inventory, forecast based dynamic inventory control policy, variable lead time and demand, bullwhip effect

In supply chains, bullwhip effect, which was emerged due to raising demand uncertainties in global markets, has been considered as an essential problem in the current body of the literature and causes negative financial impact on companies. Firms prefer adopting new management approaches that are based on information sharing in order to overcome this negative effect. Vendor managed inventory is one of the information based management approaches that suggests upstream supply chain member takes control of the inventory management processes of the downstream member. Also it provides important benefits on reducing the bullwhip effect values along with the supply chain network.

In this thesis, a new model that is called “extended vendor managed inventory” was proposed with purpose of extending the benefits of the vendor managed inventory to multi echelon supply network. In the extended inventory model, a dynamic inventory control policy based on demand forecasting was followed in which demand and lead time variables may vary during the process. A simulation study was developed and conducted in order to compare the proposed model with traditional supply chain management and vendor managed inventory approaches. The comparison results were evaluated using one way analysis of variance (ANOVA) based on the following performance criteria; total supply chain costs, bullwhip effect, backorder rate and inventory level. Through utilizing the proposed extended vendor managed inventory model, a significant reduction was achieved in bullwhip effect values. Also, the results showed that there was no deviation on customer service level targets in backorder rate amongst the comparative models while the proposed model produced better outcomes by achieving decreased values on total supply chain costs and inventory levels.

The proposed model may be applicable on different industrial application domain areas eg., home appliances and automotive due to its producer-driven structure. Furthermore, expanding the benefits obtained by the producers using the proposed model to its distributors and retailers in the forms of quantity, price and cost discounts may facilitate further applicability of the model in different application domains.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler yüksek rekabetçi piyasa koşulları, genişlemiş ve küreselleşmiş pazar alanları karşısında, karlılığını koruyabilmek ve varlığını sürdürebilmek için, kaynaklarının etkin kullanılacağı, düşük maliyetli ve yüksek müşteri hizmet seviyeli yeni yönetim yaklaşımları uygulama yolunu seçmektedirler.

Bilişim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, her firma internet yardımıyla küresel bir kimlik kazanabilecek konuma gelmiştir. Bu durum talebin; pazar çevresi, iletişim kanalları, tüketici ve satınalma davranışları, işletme yapısı, tedarikçi, aracı ve rekabet edilen firmalardaki değişim gibi unsurlarla ile şekillenerek belirsizleşmesi sonucunu doğuracaktır.(Çallı, 2010) Bu talep belirsizliği sonucunda, tedarik zinciri boyunca genel belirsizlikte artarak, “kamçı etkisi” adı ile anılan bilginin bozulması sürecinin etkisi ağ boyunca kademeler yükseldikçe belirginleşecektir. Firmalar bu tür belirsizlik durumları ile baş edebilmek için, tedarik zinciri stratejilerinin odak noktasına bilgi paylaşımı temelli yaklaşımları yerleştirip, bilişim sistemlerinin avantajını zincir boyunca etkin bir şekilde kullanma eğilimindedirler. Bu eğilim sonucunda firmalar farklı tedarik zinciri yönetim felsefelerini benimsemişlerdir.

Tedarik zincirlerinde kullanılan klasik envanter yönetimi yaklaşımlarıyla kamçı etkisi ile baş edebilmek zordur. (Disney ve Towill, 2003a) Tedarik zinciri elemanları arasında bilgi paylaşımını öngören işbirlikçi yaklaşımlar olan, Satıcı Yönetimli Envanter (Vendor Managed Inventory – VMI), İşbirlikli Planlama, Tahmin ve Stok Yenileme (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment – CPFR), Etkin Müşteri Tepkisi (Efficient Customer Response – ECR), Çabuk tepki (Quick Response – QR) gibi yönetim felsefeleri yardımıyla, müşteri talebinin daha etkin izlenmesi ile birlikte ağ üzerindeki belirsizliğe bağlı olarak ortaya çıkan değişkenliğin azaltılması amaçlanmaktadır.

Bilgi paylaşımı sürecinin öngörülen birçok faydasına rağmen, firmalardaki uygulamalar yeterli güvenin olmaması sonucu bir organizasyonel dirençle karşılaşmaktadır. Bu durumda firmalar; kendini güvence altına alacak şekilde düzenlenmiş antlaşmalar ile veya daha az türde ve miktarda bilgi paylaşımı yoluyla kısmen faydalar elde etmeyi tercih etmektedirler. Bu bağlamda daha az bilgi paylaşımı süreci ile de performans artıracak tedarik zinciri yönetimi alternatiflerinin modellenmesi kaçınılmaz bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1.Temel Kavramlar:

Bu bölümde Tedarik zinciri ve Tedarik zinciri yönetimi kavramları tanımlanırken ayrıca tedarik zincirlerinde stok yönetimi, kamçı etkisi, satıcı yönetimli envanter ve genişletilmiş satıcı yönetimi envanter yaklaşımlarından da bahsedilecektir.

1.1.1. Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi

Tedarik zinciri (TZ), hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren, nihai ürünleri müşterilere dağıtan, tedarikçi, üretici, dağıtıcı ve perakendecilerden oluşan bir ağıdır (Lee ve Billington, 1992).

Başka bir tanımda tedarik zinciri “müşterilerin doğru ürün veya hizmetleri, doğru yerde, istediği zamanda elde edebilmesini sağlayan faaliyetler, sistemler ve varlıklar ağı” olarak betimlenmiştir. (Monzcka ve diğerleri, 1998)

Swaminathan ve diğerlerine göre (1998) tedarik zinciri; “bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili malzeme alımı, üretim, dağıtım faaliyetlerinden ortaklaşa biçimde sorumlu olan özerk ya da yarı özerk iş faaliyetlerinden oluşan bir ağ” olarak tanımlamıştır.

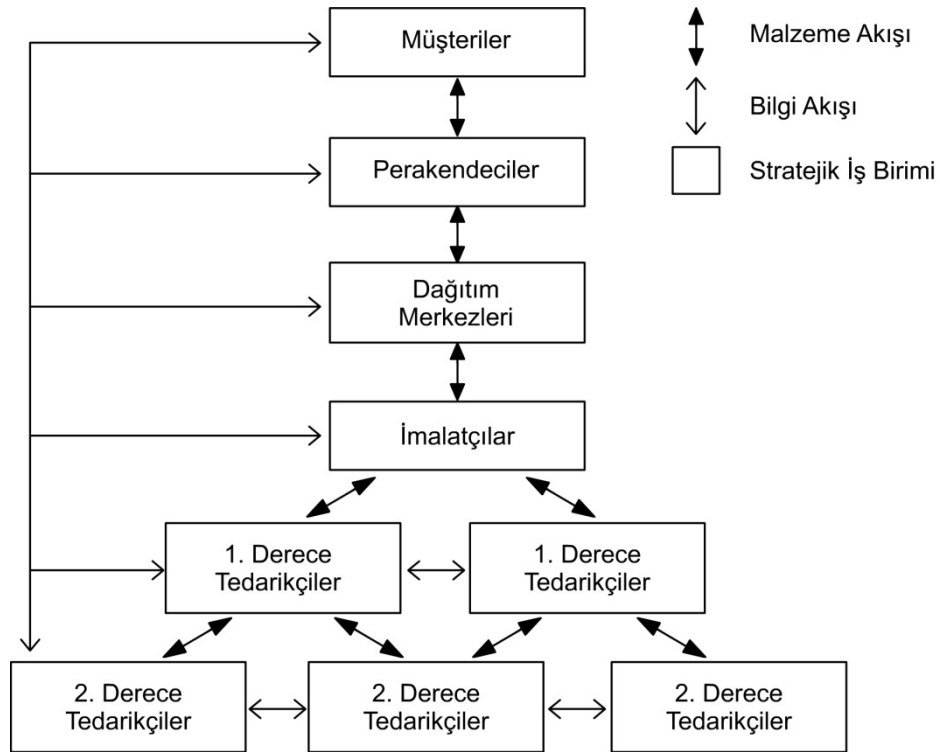
İç pazarlardan dış pazarlara doğru açılım isteği, serbest piyasa ekonomisi, internetin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan temin süresine bağlı müşteri tatmini ve pazar yerlerinin gelişmiş ve dinamik yapısı TZ içerisindeki firmaların rekabet öncelikleri açısından önem arz etmektedir. Bu rekabet yoğun ortamda müşteri talebi odaklı,

esnek bir yapı olarak tedarik zincirlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Firmalar müşterilerini tatmin edebilmek için yer aldıkları değer zinciri içerisindeki bütün üyelerle (tedarikçi, üretici, dağıtıcı, toptancı, perakendeci vb.) arasındaki işbirliği süreci Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) olarak tanımlanmaktadır. (Houlihan, 1987)

Simchi-Levi ve diğerlerine (2008) göre TZY “Tedarikçileri, üreticileri, ambarları ve depoları etkin bir şekilde entegre eden, böylece hizmet düzeyi gereksinimlerini karşılamak için sistem maliyetlerini minimize etmeye yönelik olarak malın doğru miktarlarda, doğru konumlarda, doğru zamanlarda üretilip dağıtıldığı bir yaklaşım kümesidir”

Aşağıdaki 5 kademeli bir tedarik zinciri yapısı için malzeme ve bilgi akışı gösterilmektedir. (Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Tedarik zinciri şematik görünüşü (Göksu, 2006)

TZY ile bir firma; müşteri servis düzeyini arttırma, çevrim zamanı, stok ve stokla ilgili maliyetleri, ürün hatalarını ve toplam faaliyet maliyetlerini azaltma hedeflerini gerçekleştirmeye çalışmaktadır.

Yukarıda verilen tanımlamalar ışığında TZY uygulamalarının firmaya aşağıdaki faydaları sağlayabileceği düşünülmektedir.

- Teslimat performansının iyileştirilmesi,
- Stokların azaltılması,
- Çevrim süresinin düşürülmesi,
- Tahmin doğruluğunun arttırılması,
- Zincir boyunca verimliliğin arttırılması,
- Zincir boyunca maliyetlerin düşürülmesi,

“Tedarik Zinciri” ve “Lojistik” kavramları birbirine karışan ve zaman zaman birbiri yerine kullanılan iki terimdir. Bu aşamada, lojistik kavramı “Tedarik zinciri sürecinin müşteri ihtiyaçlarının karşılanması için başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar olan malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin etkin ve verimli bir şekilde akışını ve depolamasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden kısmıdır” şeklinde ifade edilebilir. (Göksu, 2006)

1.1.2. Tedarik zincirlerinde stok kontrolü

Geçmiş satışlar ve hedeflere uygun olarak planlanan tahminlerin oluşturacağı üretim ve dağıtım yükü birçok belirsizlik ve değişkenlik içermektedir. Bu belirsizliklerin tanımlanabilmesi neticesinde programlanabilir, ölçülebilir ve yönetilebilir performans kriterleri ortaya çıkmakta ve bu kriterler satınalma/üretim noktalarından başlayarak müşteriye dağıtım sürecine kadar olan tedarik zincirinin tüm noktalarında geçerli olmaktadır. Müşterinin taleplerinin belirlenmesi kadar, bu taleplere cevap verebilme kabiliyeti de önem taşımaktadır. Müşterinin talep ettiği ürünü, ürün çeşidini, talep miktarını her zaman ve her şekilde elde bulundurmak gerçekçi bir yaklaşım olmayacağından, işletmenin kaynaklarını, müşteri talepleri doğrultusunda

yönettiği stok kontrolü planları hizmet kalitesinde anahtar rol oynamaktadır.(Taşkın Gümüş, 2007)

Firmalar müşteri taleplerini en yüksek düzeyde karşılayıp, yok satma veya sipariş erteleme durumu ile karşılaşmamak için belirlemiş olduğu güvenli bir düzeyin altına düşmeyecek şekilde ürün stoklama yolunu tercih etmektedirler. Bu şekilde ürünleri elde tutmaya karşılık gelen yüksek miktarda maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadırlar.

Maliyetlerin aşağı çekilmesi için elde tutulan miktarların azaltılması ile firmalar, yüksek değişkenlik gösteren talep, teslimat aksamaları, ürün hataları gibi koşullar sonucunda talepleri karşılayamamakta ve hizmet seviyelerinde düşüşler yaşamaktadırlar. (Ru, 2010)

Tedarik zincirlerinde stok kontrolü müşteri talepleri karşılanırken ne kadar miktarın, hangi konumlarda ne kadar süre ile elde tutulmasını belirleyen, tedarik kaynağından son kullanıcıya kadar birlikte çalışan organizasyonların stoklarının planlanması ve kontrolü için kullanılan entegre bir yapıdır.

Stok kontrolü ağ boyunca merkezi ve merkezileşmemiş bir yapıda gerçekleştirilebilir. Merkezi stok kontrolü yaklaşımında tedarik ağı boyunca gerçekleştirilen etkin işbirliği ve bilgi paylaşımı süreci ile bir noktadan genel maliyet optimizasyonunu gerçekleyebilecek şekilde kontrol planları, parametreleri ve tipleri belirlenir ve tüm ağa yayılır. Fakat farklı konumdaki, farklı büyüklükteki özerk ve yarı özerk firmalar bu kadar yüksek işbirliği ve bilgi paylaşımı gerektiren süreçleri tercih etmemekte ve genellikle merkezileşmemiş stok kontrolü yaklaşımları ile kendi stok kontrol tiplerini lokal optimizasyon yapacak şekilde yapılandırmaktadırlar.

Stok kontrolü politikaları (SKP), ayrıca, stok pozisyonu inceleme sıklığına göre de farklılık gösterebilir.(Taşkın Gümüş, 2007) Sürekli gözden geçirme politikalarında, genelde bilgisayar yazılımı vasıtasıyla, stok pozisyonu devamlı izlenmektedir. Eğer stok pozisyonu önceden belirlenmiş olan r yeniden sipariş noktası değerine ulaşırsa, sabit olarak hesaplanan Q değerine kadar bir sipariş oluşturulur. Bu politika (r, Q)

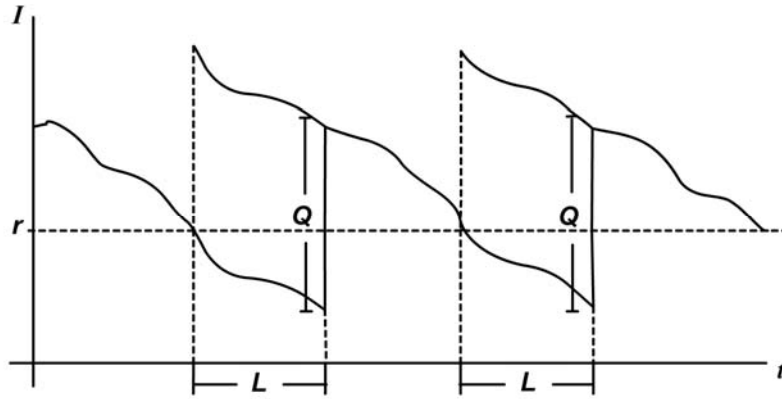
yeniden sipariş noktası politikası olarak adlandırılır. Periyodik inceleme politikalarında ise belirlenen T zaman aralıklarında stok pozisyonları kesikli olarak takip edilir. Bu değer s yeniden sipariş noktası değerinin altında ise S değerini tamamlayacak Q kadar bir sipariş verilir. Bu politikada s değeri sabit iken Q değeri zamana ve stok pozisyonuna bağlı olarak değişir. Bu politika (T, s, S) politikası olarak adlandırılır. (Simchi-Levi ve diğerleri, 2008)

Stok kontrolü bir başka açıdan ele alındığında, gelecek zaman içindeki muhtemel müşteri siparişlerini dikkate alan proaktif (ileriye yönelik tepki) ve stokların mevcut tüketimine dayanan reaktif (anlık tepki) bir yaklaşım olarak da sınıflandırılması mümkündür. (Giannoccaro ve diğerleri, 2003) Proaktif yaklaşımlar ile değişken talebin ortaya çıkardığı yüksek belirsizlik durumları ile baş edebilecek dinamik bir yapı oluşturularak, geleceğe yönelik sistem stokları tahmin edilerek, yok satma ve sipariş erteleme durumlarını en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

1.1.2.1. Dinamik stok kontrol politikası

Proaktif bir stok kontrol yöntemi olan talep tahminine dayalı Dinamik Stok Kontrol Politikası (DSKP) yaklaşımı, (r, Q) sürekli gözden geçirme politika parametrelerinin her tahmin aralığında yeniden hesaplanmasının gerektiği dinamik yapıda bir stok kontrol yöntemidir. Babai (2005) aslında tahmin dönemlerinde kontrol gerektiren ve periyodik yapıdaki yaklaşımın, tahmin aralığı sifıra yaklaştıkça sürekli gözden geçirme yaklaşımlarına yakınsadığını öngörmüştür. Bu bağlamda bir gün olarak alınan tahmin aralığında, DSKP yaklaşımının sürekliliğe yaklaştığı düşünülebilir. (Babai ve Dallery, 2005)

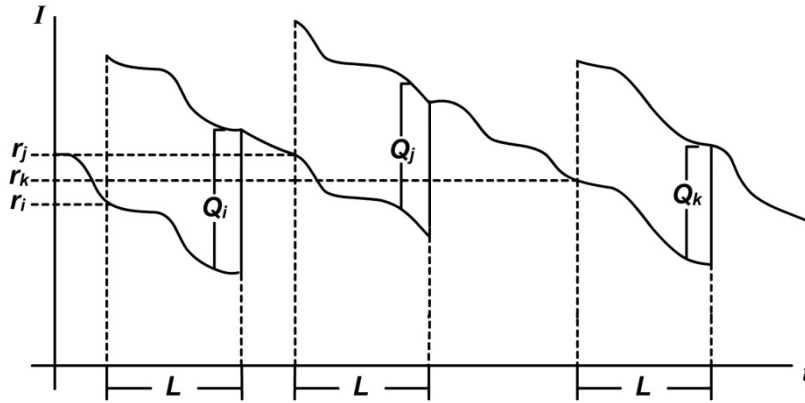
Klasik (r, Q) yeniden sipariş noktası politikalarında, firma stok seviyelerini k dönem boyunca sürekli gözden geçirir, stok pozisyonu $I_{(k-1)}^P$ yeniden sipariş verme noktası r değerinden küçük ise Q kadar sipariş verilir. Eğer $I_{(k-1)}^P > r$, r değerinden büyük ise sipariş oluşturulmaz ve sonraki dönem sonu stok kontrolü yapılarak, aynı süreç tekrarlanır. (Silver ve diğerleri, 1998) (Şekil 1.2)



Şekil 1.2. (r, Q) sürekli gözden geçirme modeli stok hareketleri

(r, Q) sistemlerinde r ve Q parametreleri talebin sabit olması veya bir dağılıma uyması koşulu altında ekonomik sipariş noktası ve emniyet stoğu kavramları dikkate alınarak hesaplanır. Klasik stok kontrol sistemlerinde parametreler periyodik olarak güncellenmektedir. Bu yüzden kontrol periyodunun genişliği ve güncelleme süreci, kararlı bir stok kontrol sistemi uygulaması için önem arz etmektedir.

Talep tahmini tabanlı dinamik (r_k, Q_k) politikasında ise tahminler her dönem (gün) başında gerçekleştirildiğinden; r_k yeniden sipariş noktası değeri de talep tahmini ve tahmin hatalarının bir fonksiyonu olarak gün bazında hesaplanır. Yeniden sipariş noktası ile stok pozisyonu karşılaştırılır. Eğer stok pozisyonu $I_{(k-1)}^P$, dinamik yeniden sipariş verme noktası r_k dan küçük ise, Q_k kadar sipariş oluşturulur. Q_k sipariş değeri ise revize edilmiş Silver-Meal Sezgisel Algoritması yardımıyla belirlenir. (Babai ve Dallery, 2009) (Şekil 1.3)



Şekil 1.3. (r_k, Q_k) talep tahmini tabanlı dinamik gözden geçirme politikası stok hareketleri

r_k yeniden sipariş noktası değeri, koruma aralığı olan $L + 1$ dönemde yapılan talep tahmini değerlerine güvenlik miktarının eklenmesi ile bulunur. Koruma aralığı L teslim süresi boyunca ortaya çıkabilecek tahmini talep F_k nın sistem stoklarını tüketmesini engellemek için belirlenen güvenlik parametresidir. Güvenlik miktarı SQ_k^r , koruma aralığı $PI = L + 1$ olmak üzere yeniden sipariş noktası aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_k = \sum_{i=1}^{PI} F_{k+i-1} + SQ_k^r \quad (1.1)$$

SQ_k^r değeri Silver ve diğerleri (1998) emniyet stoğu denkleminde Babai ve Dallery (2005) tarafından uyarlanıp; belirli hizmet seviyesi ve talep tahmini varyanslarının toplamının bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. $(\Phi^{-1}(CSL))$ belirlenen hizmet seviyesi (Customer Service Level), $\sigma_{D_k}^2$ talep tahmini varyansı

$$SQ_k^r = \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{PI} \sigma_{D_{k+i-1}}^2} \quad (1.2)$$

(1.2) denklemini (1.1) ifadesinde yerine konursa, yeni r_k denklemi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$r_k = \sum_{i=1}^{PI} F_{k+i-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{PI} \sigma_{D_{k+i-1}}^2} \quad (1.3)$$

Babai ve Dallery (2009), deterministik teslim süresi koşulu altında Silver-Meal Sezgisel algoritmasının uyarlanmış hali ile dinamik Q_k değerlerinin hesaplanabileceğini belirtmiştir. Bu bağlamda önerilen sezgisel algoritmanın maliyet denklemi aşağıdaki gibidir.

$$C(N_k) = \frac{K + h \left[\sum_{j=PI}^{PI-1+N_k} [j - (PI)] F_{k,k+j-1} + N_k \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{PI} \sigma_{D_{k+i-1}}^2} \right]}{N_k} \quad (1.4)$$

N_k : Verilecek Q kadar siparişin kapsayacağı dönem miktarı

$C(N_k)$: N_k dönemlik ortalama maliyet değeri

K : Sabit sipariş maliyeti

h : Birim elde bulundurma maliyeti

$\sum_{j=PI}^{PI-1+N_k} [j - (PI)] F_{k,k+j-1}$: Koruma aralığı sonrasındaki tahmini talep değeri

$\Phi^{-1}(CSL)$: Belirlenen hizmet seviyesi için normal dağılım tablo değeri

$\sqrt{\sum_{i=1}^{PI} \sigma_{D_{k+i-1}}^2}$: N_k dönemlik talebin beklenen standart sapması

Silver-Meal algoritmasında işleyiş şöyledir.

Adım 1: Başlangıç değeri olarak $N_k = 1$ alınır.

Adım 2: $C(N_k)$ ve $C(N_{k+1})$ değerleri hesaplanır.

Adım 3: Eğer $C(N_{k+1}) > C(N_k)$ ise $N_k = N_k^*$ değilse adım 4 e geçilir.

Adım 4: N_k değeri 1 artırılarak adım 2 den algoritma tekrar döndürülür.

Algoritma sonucunda verilecek sipariş sayesinde ileriye yönelik kaç dönemlik talebin (N_k^*) karşılanacağı belirlenerek, Q değeri hesaplanır.

$$Q_k = \sum_{j=1}^{L+N_k^*} F_{k+j-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{j=1}^{L+N_k^*} \sigma_{D_{k+j-1}}^2 \sigma_{L_k}^2} - I_{(k-1)}^P \quad (1.5)$$

- Q_k : k . dönemde verilecek sipariş miktarı
- $\sum_{j=1}^{L+N_k^*} F_{k+j-1}$: $L + N_k^*$ dönem için talep tahminleri toplamı
- $\Phi^{-1}(CSL)$: Belirlenen hizmet seviyesi için normal dağılım tablo değeri
- $\sqrt{\sum_{j=1}^{L+N_k^*} \sigma_{D_{k+j-1}}^2 \sigma_{L_k}^2}$: $L + N_k^*$ dönemlik talep tahminlerinin standart sapması
- $I_{(k-1)}^P$: $k - 1$. dönem stok pozisyonu değeri

Yeniden sipariş ve sipariş miktarı değerlerinin dönem bazlı hesabı ile sipariş oluşturma sürecinde talebin sabit veya bir dağılıma bağlı kalması varsayımı elemine edilerek, her türlü talep koşulunda çalışabilecek uygun bir stok yönetim modeli geliştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

1.1.3. Tedarik zincirlerinde bilgi paylaşımı ve kamçı etkisi

İnternet ve haberleşme teknolojilerindeki gelişime paralel olarak tedarik ağı boyunca kademeler arası bilgi paylaşımının yaygınlaştığı görülmektedir. Firmalar ortak hedeflere ulaşma yolunda belirlemiş oldukları bilgileri belli antlaşmalar ile tek taraflı veya çift taraflı olarak Elektronik Veri Değişimi (EVD) (Electronic Data Interchange - EDI) prosedürleri yardımıyla paylaşarak iki yönlü olarak fayda sağlamayı amaçlamaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda ürün, sipariş, envanter, planlama, talep tahmini, üretim çizelgesi ve kaynak kapasitesi bilgilerinin bir veya daha fazlası paylaşılmaktadır. (Ryu, 2006)

Bilgi paylaşımı süreci, firma karlılığını artırması, tedarik zinciri koordinasyonunu kolaylaştırması, hizmet seviyelerini yükseltmesi, temin sürelerini azaltması, üretim ve dağıtım çizelgelerinin verimliliğini artırması ve hata ürün miktarlarını düşürmesi gibi birçok faydanın yanı sıra bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu sürecin yüksek maliyet gerektirmesi, kademe elemanları arasındaki bağımlılık oranını arttırması, paylaşılan bilginin bozulmuş, güvenilmez veya eksik olma olasılığı ve

yüksek seviyede güven ihtiyacı gibi risk faktörlerini de beraberinde getirmektedir (Çallı, 2007)

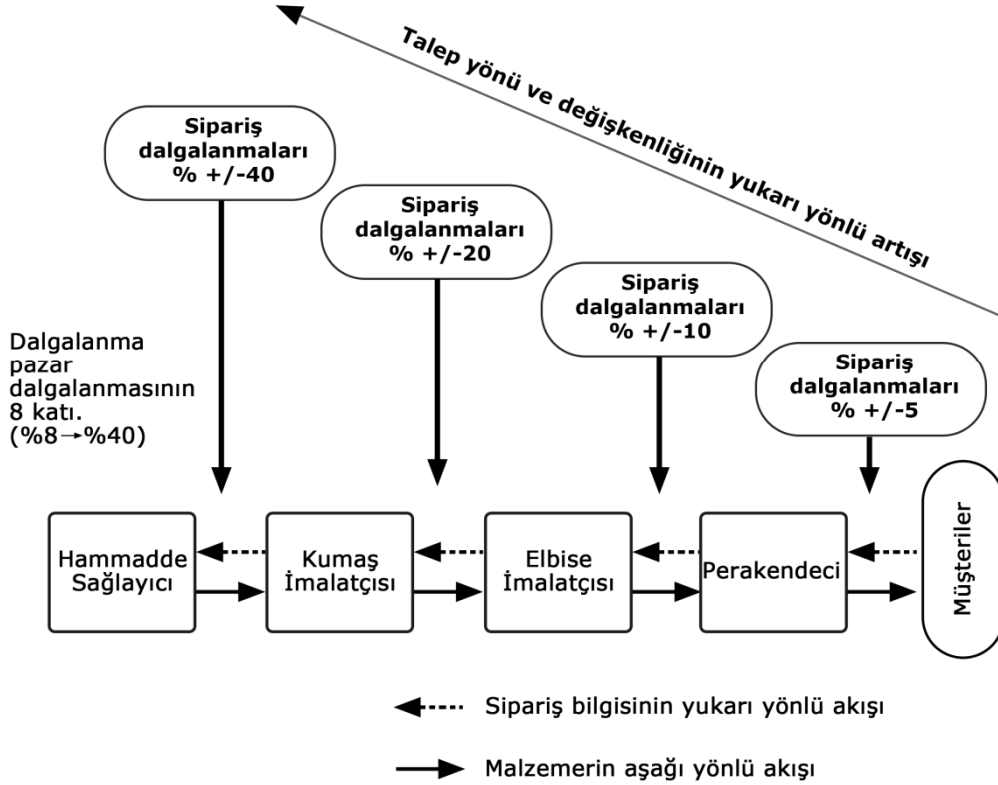
TZ kademeleri boyunca, zincir elemanları arasındaki bilgi paylaşım sürecindeki bozulmaları, alt kademe tedarikçiler tarafından izlenen yanlış stok politikaları ve belirlenen uygun olmayan talep tahmini yöntemleri yüzünden, taleplerin ve bilginin tedarik kademeleri yükseldikçe değişkenliklerinin artması süreci firmalar için önemli bir problem olarak görülmektedir. Bu durum ilk olarak Forrester (1961) tarafında dile getirmiştir. Burbidge (1991) ve Houlihan (1987) farklı bakış açıları ile kademeler boyunca ortaya çıkan negatif değişkenliği incelerken, Lee ve diğerleri (1997a, 1997b) bütün bu çalışmaları birleştirerek, ortaya çıkan olumsuz durumu “Kamçı Etkisi” olarak adlandırmışlardır.

1.1.3.1. Kamçı etkisinin nedenleri

Literatürde yapılan araştırmalarda dört temel kamçı etkisi nedeni üzerinde durulmaktadır. Forrester (1961) göre tedarik ağı boyunca yükselen sipariş miktarı değişkenliğinin temelinde, dönemsel olarak güncellenen talep tahmini süreci gelmektedir. Bu durum Talep Tahmini Güncellemeleri Etkisi (Forrester Etkisi) şeklinde adlandırılmaktadır.

Talebin değişken olduğu durumda alt kademe talebi olduğu anda, üst kademe bu talebi bir sinyal olarak algılar ve talep tahminlerini bu değer yardımıyla günceller. Bu güncelleme kullandığı talep tahmini yöntemine bağlı olarak bir hata payı üretir. Bu hata payı ile birlikte bir sipariş miktarı belirlenip, üst kademeye sipariş verilir. Ayrıca bu süreç içerisinde emniyet stoğu değerlerinin de talep tahminindeki güncelleme ile değiştirebilir. Teslim süresinin de uzun olduğu durumda firma talebin çok daha fazlasını sipariş olarak oluşturmaktadır. Üst kademe de alt kademedan gelen siparişleri talep tahmini süreci için bir sinyal olarak algılayacak, emniyet stoğu ve sipariş miktarı değerlerini değiştirecektir. Bu kademede yapılan talep tahmini de hata üretecektir. Yani dolaylı yoldan bir hata payı ile üretilen alt kademe sipariş değeri dikkate alınarak, hata katlanarak üst kademe için sipariş veya üretim emri kararı alınır. Bu durumda daha fazla değişkenlik olacağı muhakkaktır. Bazı durumlarda bu

değişkenliğin talepteki değişkenliğe göre sekiz kat fazla olduğu görülmektedir. (Şekil 1.4)



Şekil 1.4. Tedarik zincirlerinde kamçı etkisi (Disney ve Towill, 2003a)

Bu durumdan kaçınılması için Lee ve diğerleri (1997a, 1997b) satıcı yönetimli envanter yaklaşımını önermektedir. Etkin bilgi paylaşımını satıcı yönetimli envanter yaklaşımında talep bilgisini de paylaşarak tek bir talep tahmini süreci, tek bir güncelleme süreci gerçekleştirdiğinden, hata oranları katlamalı olarak yükselmeyip KE azalacaktır.

Burbidge (1991) göre firmalar sabit sipariş maliyetlerinden kaçınmak amacı ile alt kademedeki gelen talepleri bekletip, ancak belli parti büyüklüğüne geldiği anda sipariş oluşturmaktadırlar. Bu şekilde üst kademe için tedarik kalıbı alt kademeye göre daha değişken seyretmekte, bu durum da direkt olarak KE ni tetiklemektedir. Sipariş Birleştirme Etkisi (Burbidge Etkisi) olarak adlandırılan bu durum sonucunda periyodik siparişler oluşturulurken, bazı müşterilerin tatmininin göz ardı edildiği

görülmektedir. Müşterilerin bir kısmının sipariş tarihi ile teslim alma süreleri dengeli iken, diğer bazı müşteriler ise tam yükleme zamanının beklediğinden çok uzun teslim süreleri ile karşı karşıya kalmaktadırlar.

Parti boyutlarının azaltılıp sipariş çevriminin düşürülmesi ile sipariş birleştirme sonucu ortaya çıkan değişkenlikler düşürülebilir. Ayrıca sabit sipariş maliyeti kalemlerinden; kırtasiye giderleri EVD prosedürleri kullanılarak, taşıma maliyetleri ise üçüncü parti lojistik firmaları yardımıyla azaltılarak, daha sık sipariş oluşturma imkanı sağlanmaktadır. (Lee ve diğerleri, 1997a, 1997b)

Üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler, stokların çok fazla yükselmesi, bu stokların eskimesi, stoklanan ürünlere alternatif yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi gibi durumlarda fiyat ve miktar indirimleri gibi promosyonlar düzenleyerek, ürün fiyatının reel değerini değiştirebilmesi durumu Fiyat Dalgalanması Etkisi (Promosyon Etkisi) olarak adlandırılmaktadır.

Yüksek-düşük fiyat koşullarının olduğu durumlarda ileriye yönelik satınalma olması rasyonel bir karardır. Elde bulundurmadan doğan maliyetlerinin fiyat farkından oluşacak maliyetten az olduğu durumlarda ileriye doğru satınalma kararı oluşması doğaldır. Bu durum sonucunda tüketim kalıpları ile talep kalıplarının farklılaştığı görülmektedir.

İleriye yönelik satınalma sonucunda tedarik ağı boyunca firmaların talep tahmini süreçlerinin büyük hatalar üreteceği de öngörülebilir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak kamçı etkisi tetiklenmektedir.

Lee ve diğerleri (1997a, 1997b) promosyonlar sonucunda doğan kamçı etkisini azaltmak için Her gün Düşük Fiyat Politikası (HDFP) (EverydayLowPricing-EDLP) yöntemini önerirken, O'Donnel ve diğerleri (2009) genetik algoritma tabanlı optimum sipariş verme politikası yardımıyla etkinin azaltılabileceğini öngörmüştür. Houlihan (1987) göre talep edilen miktarın tamamının üst kademedan alınamadığı kıtlık durumlarında alt kademe elemanları, gerçek taleplerinin çok üzerinde miktarlarda siparişler oluşturarak, olası oranlama durumundan çok daha fazla pay

almayı amaçlamaktadırlar. Fakat kıtlık bittikten sonra, yüksek miktardaki siparişler kesilir ve hatta sipariş iptali istekleri ile karşılaşılabilir. “Oranlama oyunu” olarak da adlandırılan bu durum sonucunda ortaya çıkan çok değişken yapıdaki sipariş verme kalıplarının karşısında taleplerin değişkenliklerinin oldukça az olduğu açıkça görülmektedir. Literatürde bu durum Tedarik Kıtlığı ve Oranlama Oyunu Etkisi (Houlihan Etkisi) olarak tanımlanmıştır.

Sipariş iptali durumunda belirlenen bir ceza maliyeti sistemi ile bu etkinin neden olduğu değişkenlik azaltılabilir. Ayrıca satıcı yönetimli envanter sistemleri yardımıyla da oranlama oyunu elemine edilerek etki tamamen ortadan kaldırılabilir. (Disney ve Towill, 2003a)

Dört kamçı etkisi nedeni, temel çalışmalar ve çözüm önerileri aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.1. Kamçı etkisi nedenleri ve çözüm önerileri

Kamçı Etkisi Nedeni	Açıklama	Çözüm Önerisi
Talep Tahmini Güncellemeleri (Forrester, 1961)	Talep tahmini hatalarının kademeler yükseldikçe katlanarak artması	Çoklu talep tahmini güncellemelerinden kaçınma, Satıcı Yönetimli Envanter
Oranlama Oyunu (Houlihan, 1987)	Tedarik kıtlığı durumunda sipariş boyutlarının yükseltilmesi veya sipariş iptallerinin oluşması	Kıtlık anında oranlama oyununu elemine etme
Sipariş Birleştirme (Burbidge, 1991)	Siparişlerin bekletilerek, toplu halde gönderilmesi	Sipariş partilerini ayırma, Üçüncü parti lojistik firmaları ile dağıtım
Promosyon Etkisi (Lee ve diğerleri, 1997a, 1997b)	Fiyatların promosyon, kampanya vb. uygulamalarla dalgalanması	Fiyatların dengelenmesi, Her gün düşük fiyat politikası

1.1.4. Satıcı yönetimli envanter

Bilgi paylaşımı ve işbirliği sürecinin, bilişim teknolojilerindeki ve internet kullanımındaki hızlı gelişime paralel olarak, tedarik ağı boyunca daha kolay ve

güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi ile, paylaşım ve işbirliği temelli yaklaşımların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Satıcı Yönetimli Envanter (SYE); TZ performansının optimize edilebilmesi için, imalatçının dağıtıcı stok seviyeleri sorumluluğunu üzerine almasıdır. Dağıtıcı, üreticiye stok verileri ile birlikte talep tahmini ve satış verilerini de paylaşır. Üretici ise bu veriler ile dağıtıcı stoklarını yönetir. Üretici bu modelde sipariş miktarlarını ve zamanlarını belirlemekle sorumludur. (Salzarulo, 2006) Bu tanımda belirtilen dağıtıcı alt kademe elemanı, üretici ise üst kademe elemanı ifadeleri yerine kullanılmıştır.

Yapılan bir başka tanımlamada ise SYE “Bir müşteri ve tedarikçinin, stok yönetimini, iki firma için de en az maliyetli olacak şekilde optimize ettikleri bir işbirliğidir”. Tedarikçi, önceden kararlaştırılmış performans hedefleri ile envanterin operasyonel yönetiminin sorumluluğunu alır. Sürekli gelişimin sağlanması için bu performans hedefleri devamlı izlenmekte ve güncellenmektedir. (Hines ve diğerleri, 2000)

SYE sistemlerinin temelinde EVD prosedürleri ile paylaşılan bilgi vardır. TZY sistemi için bir bilişim altyapısı kurulurken, çok farklı konumda ve sayıdaki firmaların, bilgi paylaşımı sürecini etkin kullanabilmesi için, ağ içerisinde dolaşan verilerin belli standartlar dâhilinde organize edilmesi ve her firma tarafından aynı şekilde anlaşılacak biçimde kodlanması gerekmektedir.

EVD kısaca “Verinin belli bir biçimde ve içeriğinde her kullanıcı tarafından anlaşılacağı bir mesaj yapısında aktarımını sağlayacak yapısal bir veri değişimi prosedürüdür” şeklinde tanımlanmaktadır. (Ryu, 2006) EVD, bilgisayar uygulamalarının daha düşük kullanım masrafiyle ve daha fazla verimlilikle birbirleriyle iletişim kurmalarını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

İdeal SYE sistemlerinde, üst kademe alt kademe stok alanlarının kontrolünü üstlenirken, stok yenileme parametreleri yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarını belirleyebilmek için paylaşılan talep tahmini, malzeme, nihai ürün ve satıcı stoğu ve

1.1.4.1. Klasik tedarik zinciri yönetimi ile farkları

Klasik TZY yaklaşımları ile SYE felsefesinin uygulandığı programlar sipariş verme ve stok yenileme, bilgi paylaşımı, talep tahmini süreçleri ve siparişlerin teslimat ve şekli açısından farklılıklar göstermektedir.

Sipariş verme ve stok yenileme süreci açısından incelendiğinde klasik TZY; perakendeci firma müşteri, talep tahminleri, eldeki stok verileri ve fiili satışlar gibi verileri dikkate alarak kendi sipariş planlarını oluşturur. Tedarikçi firmanın sipariş oluşturma sürecine etkisi söz konusu değildir. SYE de ise tedarikçi firma müşterinin stok seviyelerini inceleyerek, daha önce belirlenmiş ve paylaşılmış olan yeniden sipariş parametreleri ve stok miktarları ışığında stok yenileme planlarını belirlemektedir. Bu süreç içerisinde teslim miktarı ve tarihinin belirlenmesi klasik sistemden farklı olarak tedarikçi firmanın sorumluluğundadır.

Tedarik ağı boyunca bilgi paylaşımı perspektifinde klasik TZY sistemlerinde sadece satış bilgisinin paylaşılması esastır. Stok bilgileri veya yeniden sipariş noktası gibi parametre değerleri paylaşılmaz. İdeal SYE de ise satış bilgisi ile birlikte, stok seviyeleri, satış noktalarından alınan siparişler ve pazar hareketleri verileri paylaşılır. SYE sistemlerinde talep tahminleri, müşterinin satışları ve paylaşılan hareket raporlarıyla yapılır. Tedarikçi firma, sürekli müşteri firmasının satış ve stoklarını kontrol eder ve sürekli güncelleme yapar. Bu nedenle tahminlere daha çok güvenilebileceği söylenebilir. Klasik zincirlerde ise belgelenmemiş promosyon ve değişime uğramış satış bilgileri gibi olumsuz koşullar altında etkin bir tahmin gerçekleştirilmesi ise oldukça zordur.

Siparişin teslimat süreleri ve şekli açısından incelendiğinde TZY de teslimat süreleri oldukça uzundur. Zaman zaman tedarik kıtlığı gibi durumlar söz konusu olduğunda bu süreler daha fazla artar, hatta tedarik imkanı bile mümkün olmayabilir. Ayrıca tedarikçiler taşıma maliyetlerini de göz önüne alarak siparişleri büyük partiler halinde birleştirmesi de klasik zincirlerde olası bir durumdur. Ayrıca bilgi paylaşımının olmaması da tedarikçinin teslimat planlarını yaparken müşteri isteklerine göre ayarlaması zor olmaktadır.

Bu ana başlıklar altında toplanan temel farklılıkların yanı sıra SYE, merkezileştirilmiş bilgi ağı sayesinde klasik sistemlere göre daha fazla esneklik sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemle tedarikçi ile müşteri arasındaki duvarlar yıkılarak, birlikte çalışma prensipleri ortaya konmaktadır. Önemli bir diğer farklılık ise SYE nin bilgi paylaşımı sürecini etkin bir şekilde sürdürebilmesi için klasik sistemlere göre daha fazla teknolojik gereksinime ihtiyaç duymasındır.

1.1.4.2. Sağladığı faydalar

SYE sistemleri sonucu, uygulanan yeni stok kontrolü yaklaşımı ile tedarik ağı boyunca her firma farklı oranlarda faydalar elde etmektedirler.

SYE sistemleri sayesinde alt kademe firmalarının satış verilerinin görünürlüğü arttığından, sipariş veya üretim planlama süreçleri için daha isabetli tahminlerin yapılması sağlanmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak müşteri hizmet seviyeleri yükselirken, lojistik maliyetlerinde de düşüşler görülmektedir. Bilgi paylaşımının etkin kullanımı ile birlikte promosyon planlarına erişim imkanı sağlanarak olası sipariş planı hatalarında düşüşler gerçekleştirilmiştir.

Alt kademe stoklarının kontrolü yardımıyla; stok tükenmesinin önüne geçilmesi, olası tedarik kıtlığı durumunda oranlama oyunu oynanmasına izin verilmemesi ve siparişlerin ayrılarak daha az değişken sipariş kalıpları oluşturulması faydaları sağlanmaktadır. (Angulo ve diğerleri, 2004; Disney ve Towill, 2003a, 2003b; Lee ve diğerleri, 1997a, 1997b; Zhang, 2005)

SYE sistemlerinde alt kademe firmalarının faydaları incelendiğinde; stok seviyeleri üst kademe firmalarının tecrübeleri ışığında düşüş göstermekte ve müşteri hizmet seviyelerinde bu duruma rağmen iyileşmeler olduğu görülmektedir. (Zhang, 2005) Ayrıca sabit sipariş maliyetlerinin bir kısmının üst kademe firması tarafından karşılanmasıyla düşüşler gözlenmektedir.

Veri girişi hatalarının kurulan bilişim sistemi yardımıyla azaltılması, firmalar arası ilişkilerin kuvvetlendirilmesi, satınalma siparişleri planlarının dzenli hale gelmesi gibi faydalar, SYE sistemlerinde hem üst ve hem de alt kademe firmaları tarafından elde edilmektedir. Toplam maliyet düşüşüne bağlı olarak azalan fiyat düzeyleri ile KE nin azalması ve uzun dönemde müşteri bağlılığını gerçekleştirmesi de her iki ağ kademesi için ortak bir faydadır. (Angulo ve diğerleri, 2004; Disney ve Towill, 2003a, 2003b)

Temelde SYE sistemini bütün bir ağ olarak ele alırsak, zincir boyunca gözlemlenebilen en temel faydalar, toplam maliyetlerin düşürülmesi ve iyileştirilmiş müşteri hizmet seviyeleri şeklinde özetlenebilir.

1.1.4.3. Uygulama güçlükleri

SYE 'in sahip olduğu birçok yarar olduğu gibi bazı güçlükleri de bulunmaktadır. Bu güçlükler aşağıda sırasıyla sunulmuştur. (Çallı, 2007)

- *EVD Sorunları:* Gönderilen verilerin onaylanması için geniş kapsamlı bir EVD testleri yapılmalıdır. “Dağıtıcı yollaması gereken tüm verileri yolluyor mu?, tüm alanlar doğru veriler ile dolduruldu mu?” gibi sorular cevaplanmalıdır.(Angulo, 2004)
- *Uygunluk:* Üretim süreci içerisindeki tüm elemanların iş yapmadaki yeni yöntemi tamamen anlamış ve kabul etmiş olmaları gerekmektedir. Kıdemli yöneticilerin bu için parçası olması yerine tüm çalışanların için gönüllü iştirakçiler olması gereklidir.
- *Promosyonlar, olaylar:* Sipariş şablonu harici olacak olan her olay tam anlamıyla bildirilmelidir.
- *Müşteri kısmı:* Kazanılmış ve kaybedilmiş tüm müşterilerin imalatçı ile iletişimleri olmalıdır. Alt kademe satışlarını verimli hale getirebilmesi için üst kademeye rehberlik etmesi gereklidir.
- *Zaman:* Her iki tarafta bu sürecin öğrenme süreci olduğunu anlaması gerekmektedir. Hatalar oluşabilir. Sadece bir günde mükemmel bir işleyişe sahip olan sürece sahip olmak imkânsızdır.

- *Ek Maliyetler:* Sistemin kurulması sırasında ortaya çıkabilecek teknolojik altyapı ve ilgili çalışanların eğitilmesi için gerekli eğitim maliyetleri kaçınılmazdır.(Zhang, 2005)
- *Stok Yenileme Kararlarındaki Gecikmeler:* Stok yenileme sürecinde belirlenen parametreler ışığında tedarik gecikmeleri söz konusu olmamalıdır.(Angulo, 2004)

1.1.5. Genişletilmiş satıcı yönetimli envanter

SYE sistemleri düşük stoklama seviyeleri ve etkin müşteri yanıtı gibi faydalarından dolayı çok fazla uygulama alanı bulmaktadır. Temelde SYE Wall-Mart gibi çok perakendeci ve onlara ürün yollayan dağıtıcılardan oluşan sistemlerde uygulanmış olup, çok kademeli yapıdaki zincirlerde ağın tamamını kapsayacak şekilde genişletilmemiştir. Bazı durumlarda çok kademeli bir ağ yapısının belli bir kısmında SYE kullanılarak, genel ağ için fayda sağlanmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda SYE sistemlerinin tüm ağa genişletildiği yeni bir yönetim felsefesine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Danese (2006) SYE sistemlerinin çok sayıda faydasının bütün ağa yayılması gerekliliğini ortaya koymuş ve Genişletilmiş Satıcı Yönetimli Envanter (GSYE) tanımını ortaya atmıştır. Yazar GSYE sistemini, bütün tedarik ağı boyunca ortaklaşa kullanılan merkezi bir bilişim sistemi altyapısı ile birlikte yapılandırılmıştır. Teorik olarak çok önemli faydalar sağlayan bu yapının, ortaya çıkacak yüksek yatırım maliyetleri ve tam işbirliği ve paylaşım gereksinimi yüzünden pratikte kullanım alanı bulmasını zorlaştırmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda tercih edilebilmesi için GSYE sistemlerinin daha az veri paylaşılan, tam merkezi bir bilişim sistemi gereksinimine ihtiyaç duymayacak şekilde yeniden organize edilmesi gerekmektedir.

SYE sistemlerinde toplam ağın odak noktasında dağıtıcılar bulunur. Dağıtıcılar büyük oranlarda stok düşüşleri gerçekleştirerek, toplam maliyetlerini

düşürmektedirler ve karşılıklı antlaşmalar sayesinde bu maliyet düşüşünün bir kısmını, perakendecilere yaymaktadırlar.

GSYE sistemlerinde ise ağın odağında en üst kademe elemanı bulunmaktadır. Eğer bu eleman üretici ise, kamçı etkisi sonucunda en yüksek sipariş değişkenliği bu noktada olacağından etkin bir yönetim süreci geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Üreticilerin dağıtıcı stoklarını kontrol ve yenilemesi ile birlikte yüksek olan stok miktarları çok aşağılara çekilmektedir. Dağıtıcılara nazaran dağa fazla stok tutma eğilimindeki üreticilerin stoklarındaki düşüş daha fazla olacağından, üretici maliyetlerindeki düşüşün dağıtıcılara göre daha fazla olması beklenebilir. Sağlanan bu faydanın yapılan çoklu antlaşmalar vasıtasıyla ağ üzerinde geri yayılımı ile birlikte toplam ağ maliyetlerinin SYE sistemlerine göre azalacağı öngörülmektedir.

SYE sistemlerinde odak nokta dağıtıcı olurken, perakendecilerin iş yükü önemli ölçüde azalmaktadır. GSYE sistemlerinde odak nokta üretici olduğunda dağıtıcıların iş yükü azalmaz, sadece yönü değişir. Çünkü dağıtıcılar kendi stok yenileme kararlarını vermekle mükellef olmamakla beraber, perakendeciler için stok yönetimi gerçekleştirmektedirler. Her iki yaklaşımda da perakendecilerin iş yükü azalmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; çok kademeli tedarik zincirlerinde satıcı yönetimli envanter yönetim felsefesinin faydalarını yayarak, toplam ağ performansını artırıp, kamçı etkisi değerini düşüren, ağdaki belirsizliği azaltmak için talep tahmini tabanlı dinamik stok kontrol yönetimi yaklaşımının adapte edildiği yeni bir genişletilmiş satıcı yönetimli envanter modeli geliştirmektir.

Bu amaca ulaşmak için;

- DSKP yaklaşımının değişken teslim süresi koşulu altında yeniden uyarlanması,
- Yeni bir yaklaşım olarak GSYE sisteminin modellenmesi,

- Yeniden düzenlenmiş DSKP yönteminin TZY, SYE ve GSYE sistemlerinde adapte edilmesi,
- TZY, SYE ve GSYE sistemleri için benzetim modellerinin geliştirilmesi,
- Benzetim modeli için deney tasarımlarının gerçekleştirilmesi,
- Deneylerin gerçekleştirilmesi ve
- Deneysel sonuçların analiz edilmesi

şeklinde bir yöntem izlenecektir.

Önerilen modelin gerçek imalat ortamında uygulanabilirliğinin tartışılması ve literatürde endüstriyel uygulamalarda karşılaşılan sorunların azaltılabilmesi amaçlanmaktadır.

1.3. Tezin Organizasyonu

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde TZY ile ilgili temel kavramlar, tezin amacı ve organizasyonu açıklanmıştır. İkinci bölümde ise KE, SYE ve GSYE kavramları ile ilgili ayrıntılı bir literatür araştırması verilmiştir. Üçüncü bölümde GSYE sisteminin modellenmesi gerekli matematiksel denklemler oluşturulmuş, bu denklemler TZY ve SYE sistemlerindeki durumlarla karşılaştırılarak her üç yönetim yapısı içinde, uygulama adımları ayrıntılı olarak sunulmuştur. Dördüncü bölümde önerilen yöntemler için benzetim modelleri geliştirilmiş ve tasarlanan benzetim modelinde deney tasarımları ve başarı ölçütleri açıklanmıştır. Beşinci bölümde benzetim modelleri deneyleri ve sonuçları sunulmuştur. Altıncı ve son bölümde, sonuçları tartışılmış ve önerilen modelin imalat ortamında uygulanabilirliği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde tedarik zincirlerinde kamçı etkisi, talep tahminine dayalı stok kontrol yönetimi ve SYE alanında literatürde yer alan çalışmalar sunulmuş, ayrıca yeni bir yaklaşım olarak GSYE yaklaşımıyla ilgili kısıtlı literatür incelenip kamçı etkisi ile ilişkisi sorgulanmıştır.

2.1. Kamçı Etkisi

Son yıllarda literatürde tedarik zinciri alanında yapılan çalışmaların önemli bir kısmında, dolaylı veya direkt olarak kamçı etkisinden bahsedilmekte, bu ilgi yayınlanan birçok çalışmaya rağmen azalmadan devam etmektedir.

Bu konu hakkında yapılan çalışmaları kamçı etkisi nedenleri, ölçme teknikleri, sonuçları ve bu etkinin azaltılması şeklinde üç farklı grup altında toplanmaktadır.

Kamçı etkisi kavramı literatüre Forrester (1961) tarafından sunulmuştur. Yazar tedarik ağı boyunca kademeler yükseldikçe talep tahmini süreçlerine bağlı olarak değişkenliğin artmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan durumu “Kamçı Etkisi” olarak adlandırmıştır.

Houlihan (1987) yılında kamçı etkisine tedarik kıtlığı ve oranlama oyunu kavramını eklemiştir. Burbidge (1991) yılında ise sipariş birleştirme sonucunda da değişkenliğin tetiklenebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Lee de diğerleri (1997a, 1997b) yaptıkları çalışmada önceki nedenleri inceleyip, promosyon etkisini de eklemiştir. Bu yıldan sonra literatürde yer alan çalışmalar yapılan bu son düzenlemeyi dikkate alarak, kamçı etkisinin dört temel nedenle şekillendiği varsayımı üzerine bina edilmiştir.

Moyaux vd. (2007) yılında yapmış olduğu çalışmada, kamçı etkisinin 3 farklı nedeni daha olduğunu öne sürmüştür. Çalışmada belirtilen nedenler aşağıdaki gibidir.

- *Geri beslemenin yanlış algılanması*: Sipariş verme nedenlerinin, siparişi alan firma tarafından yeterince anlaşılabilmesi
- *Küresel vizyon olmaksızın yapılan lokal optimizasyon*: Tedarik zincirine dahil olan firmaların kendi amaçlarını ön plana çıkarıp, genel zincir amacını göz ardı etmesi
- *Firma süreçleri*: Makine güvenilirliği ve çıktılardaki değişkenlik, süreç yeterliği ve devamında ürün kalitesinin etkisi

Paik ve Bagchi (2007) literatürde yer alan nedenleri yeni bir sınıflandırma düzeni içerisinde sunmuştur. Yazarlara göre kamçı etkisi nedenleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Tedarik zinciri yapısı ve süreçler
 - Talep tahmini güncellemeleri
 - Sipariş birleştirme
 - Oranlama ve kıtlık oyunu
 - Fiyat dalgalanmaları
- Malzeme ve bilgi gecikmeleri
 - Malzeme teslim süresi
 - Bilgi teslim süresi
- Tedarik değişkenliği
 - Makine bozulmaları
- Diğer
 - Kapasite limitleri
 - Kademe sayısı

Tokar (2006) ise Lee ve diğerleri (1997a, 1997b) tarafından ortaya atılan 4 temel nedeni “operasyonel nedenler” adı altında toplamış ve “davranışsal nedenler” adı altında 4 nedeni daha literatüre sunmuştur. Bu nedenler aşağıdaki gibidir.

- Tedarik hattına gerekli önemin verilmemesi
- Geri beslemelerin kullanılmaması veya yanlış kullanılması
- Koordinasyon riski
- Karar yanlılığı

Ouayang ve Li (2010) çok kademeli tedarik zincirlerinde kontrol teorisi yaklaşımları ile sipariş düzenini sağlayarak, müşteri talebinin bilindiği ve bilinmediği iki farklı senaryo yapısında, kamçı etkisi ile ilişkisini sorgulamıştır. Yazar ağ yapısı, müşteri talebi korelasyonları ve tedarikçi yönetim stratejileri nedenlerinin kamçı etkisi oluşturduğu sonucuna varmıştır.

Kamçı etkisi ölçüm modelleri üzerine yapılan çalışmalarda ise iki durum söz konusudur. Disney ve diğerleri (2003a) her kademe açısından kamçı etkisi değerlerini ayrı ayrı hesaplandığı bir model önerisinde bulunmuştur. Yazarlara göre her kademedeki sipariş değişkenliğinin talep değişkenliğine oranı kamçı etkisi değerini göstermektedir.

Fransoo ve Wouters (2000) kamçı etkisini kademeler bazında değil bütün ağı içeren tek bir değer olarak ele alır. Yazarlara göre son kademe elemanlarının çıktılarındaki (üretim kararlarındaki) değişkenliğin, ilk kademe girdilerindeki (müşteri taleplerindeki) değişkenliğin yüzdesel oranlarına bölünmesi şeklinde bir ölçüm modeli oluşturulmuştur.

Kamçı etkisi sonuçlarının incelenmesi ve bu etkinin azaltılması yönünde yapılan çalışmalar; bilgi paylaşımı, talep tahmin yöntemleri, stok kontrol yaklaşımları ve kullanılan işbirlikçi yönetim felsefesi açılarından konularına göre bir sınıflandırmaya tabi tutulabilir.

Chen ve diğerleri (2000) ve Wang ve diğerleri (2005) bilgi paylaşımının tek ve çok kademeli zincirlerdeki, merkezi ve merkezileşmemiş olduğu durumlarda kamçı etkisinin durumunu incelemektedir.

Bazı araştırmacılar bilgi paylaşımının varlığından ziyade, paylaşılan veri türü ile ilgi incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Croson ve Donohue (2006) stok bilgisi verisi, Quayang (2007) ise stok bilgisi yanı sıra geçmiş talep verilerinin de paylaşıldığı modeller geliştirirken Dejonckheere (2004) ise sadece Satış Noktası Verisi (Point of Sale - POS) paylaşıldığı sistemlerde kamçı etkisinin değişkenliğini incelemişlerdir.

Carlsson ve Fuller (2001) ve Nienhaus (2006) bilgi paylaşımı sürecinde yapay zekâ yaklaşımlarından etmen teknolojisini kullanarak, daha etkin bir paylaşım süreci öngörmüş ve bu şekilde ağ boyunca değişkenliğin kontrol altında tutulabileceğini belirtmişlerdir.

Talep tahmini yöntemlerinin kamçı etkisi üzerindeki etkileri araştırılırken, Hareketli ortalama, üstel ağırlıklı hareketli ortalamalar, basit üstel düzeltme, trendli üstel düzeltmeler ve trendli ve mevsimselli üstel düzeltmeler gibi klasik yöntemlerin farklı ağ tasarımlarındaki başarı düzeyleri sorgulanmış (Agrawal ve diğerleri, 2009; Alwan ve diğerleri, 2003; Chandra ve Grabis, 2005; Dejonckheere ve diğerleri, 2002; Zhang, 2004), başka çalışmalarda ise geleneksel talep tahmini yöntemlerine bir alternatif olarak yapay zeka yaklaşımları kullanılmıştır. (Carbonneau ve diğerleri, 2008; De La Fuente ve Lozano, 2007; Liang ve Huang, 2006)

Seçilen farklı stok yenileme politikalarının tedarik ağı boyunca kamçı etkisini azaltabilmesi durumları incelendiği çalışmalarda KE literatüründe önemli bir çalışma alanıdır. (Dejonckheere ve diğerleri, 2003 ve 2004; Disney ve Towill, 2003c; Jaksic ve Rusjan, 2008; Lee ve Wu, 2006)

Sunulan çalışmaların dışında KE azaltmak için işbirlikçi kontrol politikaları kullanan yaklaşımların yer aldığı çalışmalar da literatürde önemli bir çalışma alanıdır. Disney ve diğerleri (2004) ve Miao (2003) çabuk tepki, sürekli stok yenileme sistemleri ve SYE yaklaşımlarının KE azaltma derecelerini incelemiştir. Disney ve Towill (2003a, 2003b) SYE sistemleri ile KE nedenleri arasındaki ilişkiyi sorgularken, Li Bo ve Qin (2007) ve Lin ve diğerleri (2010) SYE sistemleri ile KE azaltılmasının gerçekleştirildiği sonucuna ulaşmışlardır.

Yukarıdaki verilen çalışmalara ek olarak, Duc ve diğerleri (2010) tedarik ağı yapısı ile kamçı etkisi arasındaki ilişkiyi sorgulamıştır. Aynı üretici ve perakendecilerden oluşan, iki kademeli ve yeni bir üçüncü parti depo eklenmiş üç kademeli ağlarda kamçı değeri değişimi sorgulanmıştır. Yazar çalışma sonucunda stok maliyetlerinin azaldığı üç kademeli yapıda kamçı değerinin değişmediği sonucuna ulaşmıştır.

Dhari ve Chabchoub (2007) amaç programlama, Fan ve Zhou (2006) Gri sistem teorisi ve Kang ve diğerleri (2006) GRID teknolojisi yardımıyla KE azaltmaya çalışmışlardır. Ayrıca Machuca ve Barajas (2004) elektronik veri değişimi prosedürleri ile KE nin kontrol edilebileceğini öngörmüştür. Zaroni ve diğerleri (2006) ve Zhou ve Disney (2006) yeniden imalat sistemlerinde geri dönüşüm oranları ile KE arasındaki ilişkiyi analiz etmeye çalışmışlardır.

Literatürde kamçı etkisi alanında yapılan çalışmaların özeti aşağıdaki tabloda sunulmuştur. (Tablo 2.1)

Tablo 2.1. Kamçı etkisi konusunda yapılan çalışmaların sınıflandırılması

Çalışma Alanı		Yazarlar
KE Nedenleri	Temel Nedenler	Burbidge (1991), Forrester (1961), Houlihan (1987) Lee ve diğerleri (1997a, b)
	Diğer Nedenler	Moyaux ve diğerleri (2007), Ouayang ve Li (2010) Paik ve Bagchi (2007), Tokar (2006)
KE Ölçüm Modeli	Kademe Bazlı	Disney ve diğerleri (2003)
	Ağ Bazlı	Fransoo ve Wouters (2000)
KE Azaltma Yöntemleri	Bilgi Paylaşımı	Carlsson ve Fuller (2001), Chen ve diğerleri (2000), Croson ve Donohue (2006) Dejonckheere (2004), Nienhaus (2006), Quayang (2007), Wang ve diğerleri (2005)
	Talep Tahmini Algoritmaları	Agrawal ve diğerleri (2009), Alwan ve diğerleri (2003), Carbonneau ve diğerleri (2008), Chandra ve Grabis (2005), De La Fuente ve Lozano (2007), Dejonckheere ve diğerleri (2002), Liang ve Huang (2006), Zhang (2004)
	Stok Yönetimi	Dejonckheere ve diğerleri (2003), Dejonckheere ve diğerleri (2004), Disney ve Towill (2003), Jaksic ve Rusjan (2008), Lee ve Wu (2006)
	İşbirlikçi Kontrol Politikaları	Disney ve Towill (2003), Disney ve diğerleri (2004), Li Bo ve Kin (2007), Lin ve diğerleri (2010) Miao ve diğerleri (2003)
Diğer Çalışmalar		Dhari ve Chabchoub (2007), Duc ve diğerleri (2010) Fan ve Zhou (2006), Kang ve diğerleri (2006) Machuca ve Barajas (2003), Zanoni ve diğerleri (2006) Zhou ve Disney (2006)

2.2. Talep Tahminine Dayalı Dinamik Stok Kontrol Politikası

Tedarik zincirlerinde stok kontrol kavramı, toplam tedarik ağının yönetimi konusunda en temel unsurlardan birisidir. Firmalar her koşulda müşteri hizmet seviyesini hedefleri doğrultusunda gerçekleyebilecek, en küçük stok değerleri ile çalışmayı tercih etmektedirler. Bu bağlamda firmanın sipariş yapısına ve bulunduğu tedarik ağı organizasyonundaki konumuna bağlı olarak uygun stok kontrolü yaklaşımının belirlenmesi önem arz etmektedir.

Stok kontrol politikalarının önemli bir kısmı sabit veya parametreleri sabit olan bir dağılıma uyan talep varsayımı altında çalışmaktadır. Firmalar sipariş verme parametrelerini belirledikten sonra periyodik olarak bu değerleri yaptıkları yeni talep tahminleri ışığında güncellerler. (Rossetti ve diğerleri, 2008) Periyodik olarak yapılan bu işlemin talebin dinamik yapısına uymadığı görülmektedir. Bu bağlamda yeni bir yaklaşım olarak tam dinamik zaman tabanlı parametre güncelleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çetinkaya ve Lee (2000) stok yenileme sürecine dinamiklik kazandırmak için zaman tabanlı olarak sipariş miktarını belirleyen bir analitik model önermiştir. Bu model temelde stok ve taşıma kararlarının koordinasyonuna dayanmaktadır.

Babai ve Dallery (2005) yaptıkları çalışmada bir sürekli gözden geçirme programında yeniden sipariş noktası r parametresini belirlerken talep tahminleri kullanarak, dönem bazlı yeniden hesaplamalarla stok yönetimi sisteminde kısmen bir dinamiklik kazandırmışlardır. Q sipariş miktarı parametresi ise ekonomik sipariş miktarı yaklaşımı yardımıyla hesaplanmaktadır.

Babai ve Dallery (2009) önceki çalışmalarındaki sundukları dinamik yapıyı bir seviye daha ileri götürerek sipariş miktarı parametresi Q hesabını talep tahminlerinin adapte edildiği sezgisel silver-meal algoritmasının yeni bir düzenlemesi ile gerçekleştirmiştir.

Suesut ve diğerleri (2004) yaptıkları çalışmada ise sürekli gözden geçirme politikaları ile stok kontrolü gerçekleştirilen durumlarda, talep tahminleri yardımıyla zaman bazlı olarak parametre güncelleme yaklaşımını önermişlerdir. Teslim zamanının sabit alındığı yaklaşımda, talep tahmini yöntemi olarak hareketli ortalamalar kullanılmıştır. Yazarlar önerilen stok kontrol modeli yardımıyla stok seviyelerini kontrol altına alarak, müşteri hizmet seviyelerinin yükseleceği sonucuna varmıştır.

2.3. Satıcı Yönetimli Envanter

SYE sistemleri stok kontrolünde sağladığı avantajlardan dolayı, özellikle iki kademeli, tek satıcı çok alıcılı sistemlerde önemli faydalar sağlamaktadır. Achabal ve diğerleri (2000) iki kademeli bir yapıda SYE sistemlerini incelemiş ve sonuç olarak stoklar ve maliyetlerdeki önemli ölçüdeki düşüşle birlikte müşteri hizmet seviyesinin de arttığı sonucuna ulaşmıştır. Tyan ve Wee (2003) Tayvan gıda sektörü üzerine yaptığı çalışmada benzer sonuca ulaşmıştır.

Holmstrom (1998) ise tek satıcı çok alıcı bir sistem incelemiş, sadece stok verisi ile birlikte sipariş verme parametrelerinin paylaşımı ile SYE sistemlerinin başarı ile yürütüleceği sonucuna ulaşmıştır. Vigtil (2007) ise yaptığı çalışmada başarılı bir SYE uyarlaması için gerekli olan veri türlerini belirlemiş ve bunlardan hangilerinin kilit önem arz ettiğini araştırmıştır. Bu bağlamda stok, yoldaki sipariş, bekleyen siparişler, stoklama kayıpları, satış değerleri, talep tahminleri, üretim çizelgeleri ve sipariş erteleme miktarları verilerinin paylaşılması durumunu inceleyen yazar stok verileri ile birlikte gerçek satış verilerinin önemli olduğunu vurgulamakla beraber, firmaların talep verileri yerine tahminleri paylaşma eğiliminde olduğunu belirlemiştir.

Bichescu ve Fry (2009) (r, Q) Sürekli gözden geçirme politikalarının uygulandığı bir sistemde, üst kademenin sipariş miktarına karar verdiği ve alt kademenin yeniden sipariş noktası parametresini belirlendiği melez bir SYE tasarımı yapmıştır. Çalışmada karar verme sürecinde üst kademenin güçlü, alt kademenin güçlü ve iki kademenin eşit güçte olduğu üç farklı senaryo ile stackelberg oyunu yardımıyla test etmiştir. Yazar sonuç olarak önerdikleri SYE sisteminin üç farklı senaryo tipinde de başarılı sonuçlar verdiği belirtilirken, ayrıca SYE sistemleri için en uygun koşulların yüksek sabit sipariş maliyeti, düşük elde bulundurma maliyeti ve düşük teslim zamanı olduğu öngörmüşlerdir. Benzer bir çalışmada Almehdawe ve Mantin (2010) tek üretici ve çok perakendeciden oluşan kapasite kısıtlı tedarik ağlarında SYE sistemlerinin performanslarını stackelberg oyunu yardımıyla klasik sistemler ile karşılaştırarak test etmiştir.

SYE konusunda yapılan çalışmaların genel sonucu, uygulanan tedarik ağındaki her elemada önemli ölçüde fayda sağlamasıdır. Yao ve diğerleri (2007) Sabit sipariş maliyetinin elde bulundurma maliyetlerine oranının SYE sistemlerin başarısındaki etkisini incelemiş ve SYE kullanımı ile sağlanan faydaların alıcı ve satıcı arasında paylaşıldığı sonucuna ulaşmıştır. Dong ve Xu (2002) ise üst kademe elemanın kısa vadede beklenen faydayı sağlayamayacağını belirtirken uzun vadede bu durumun düzeleceği öngörüsünde bulunmuştur. Ayrıca yazarlar alt kademe elemanı için SYE sisteminin hemen fayda sağlayacağını ve bu faydanın uygulama sürdüğü sürece kararlı bir şekilde devam edeceğini belirtmişlerdir.

Çetinkaya ve Lee (2000) SYE sistemlerinde stok ve taşıma kararlarının koordinasyonunu sağlayacak bir analitik model önerisinde bulunmuştur. Çalışmada SYE satıcıları farklı coğrafi konumdaki rassal talep üreten perakendecileri için bir sipariş sıralaması gerçekleştirmiştir. Yazara göre satıcı kabul edilebilir teslim süresi aralığından gerekirse bazı talepleri ekonomik taşıma gerçekleştirme gerçekleştirmek için bekletebilir. Poisson dağılımına uyan talep koşulu altında gerçekleştirilen teorik model yardımıyla, uygun stok yenileme miktarı ve teslimat zamanını belirlemeye çalışılmıştır.

Ryu (2006) yaptığı çalışmada iki farklı SYE yapısı ile, konsinye sistemler ve işbirlikçi planlama, tahmin ve stok yenileme yaklaşımlarını farklı koşullar altında benzetim yöntemleri yardımıyla karşılaştırmıştır. Yazar SYE sistemlerini alt kademe elde bulundurma maliyetlerinin sahiplik durumuna göre SYE I ve SYE II şeklinde adlandırarak farklı yöntemler olarak analizlere dahil etmiştir. Çalışmada klasik SYE sistemlerinin müşteri hizmet seviyesini artırırken kamçı etkisini de azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Salzuralo (2006) Siparişe göre üretim, stoğa üretim ve satıcı yönetimli envanter stok yenileme sistemlerini, aşama ve kuruluş stoğu kullanma durumlarına göre, iki kademeli tek ürünlü ve çok ürünlü iki farklı zincirde karşılaştırmıştır. Yazar SYE sistemlerine dahil olan firmaların sayısının artması ile sistem başarısının daha üst seviyelere çekileceği sonucunu öngörmüştür.

Dong (2007) tekstil endüstrisi uygulamalarında SYE sistemlerinin başarısını araştırmak amacıyla üretim kapasitesi kısıtları altında müşteri hizmet seviyesini yükseltebilecek bir model önerisi yapmıştır. Benzetim yöntemleri yardımıyla test edilen modelde, Bulanık sistemler yardımıyla talep tahmini yapılırken ve genetik algoritmalar ile sipariş verme kararlarını oluşturulmaktadır. Yazar genel kanının aksine perakendecilik sektörü dışında da SYE sistemlerinin başarılı olabileceğini göstermiştir. De Toni ve Zamalo (2005) Electrolux firması üzerinde yaptıkları uygulama çalışmasında elektrikli ev aletleri sektöründe de SYE sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanabileceğini ifade etmektedir.

Darwish ve Odah (2010) bir üretici ve çok perakendecili sistemlerde stok yenilemenin sınırlandırıldığı ve sınırların geçildiği durumda bir ceza maliyetine katlanıldığı SYE sistem yapısını incelemiştir. Yazar çalışma sonucunda üretici hazırlık maliyetlerinin arttığı durumda perakendeci stok yenileme frekanslarının yükseldiği ve elde bulundurma maliyetlerinin artımında ise yenilenen miktarın öncelikle artıp sonrasında azalacağı sonucuna ulaşmıştır.

2.3.1. Satıcı yönetimli envanter ile kamçı etkisi ilişkisi

SYE sistemi merkezi kontrol yapısı gereği kamçı etkisini tetikleyen değişkenlikler konusunda önemli faydalar sağlamaktadır. Disney ve Towill (2003a) tarafından yapılan çalışmada kamçı etkisi ile SYE tedarik zincirleri arasındaki ilişki detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yazarlar SYE kullanımıyla tedarik zincirlerinde; Lee ve diğerleri (1997a, 1997b) tarafından belirtilen kamçı etkisi nedenlerinin ne ölçüde azaltıldığı araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda SYE kullanımıyla sipariş verme aralığının azalması ve sipariş partilerin ayrılması sonucunda sipariş birleştirme etkisini tamamen elemine edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca üst kademe tarafından belirlenen stok yenileme planları sayesinde oranlama oyununa izin verilmediği için tedarik kıtlığı etkisinin de SYE sistemlerinde ortadan kalktığı sonucuna ulaşılmıştır. Yazarlara göre promosyon ve talep tahmini güncellemelerinden oluşan etkiler konusunda kısmi iyileştirmeler sağlandığını ifade etmişlerdir.

Disney ve diğeri (2004) beş farklı zincir senaryosunun kamçı etkisini ne ölçüde azaltılabileceği üzerine yaptığı çalışmada, SYE felsefesinin önemli faydalar sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada MIT Beer Game benzetim oyunu yardımıyla farklı senaryoları test etmişlerdir.

Miao ve diğeri (2003) çabuk tepki, sürekli stok yenileme programı ve SYE sistemlerini karşılaştırmış ve merkezi bir sistem ile aynı talep ve aynı tahmin algoritmalarını kullanan ve stoğa üretim yapan TZ elemanlarında kamçı etkisinin azaltılabileceği sonucuna ulaşmıştır. Yazara göre en iyi sonuç veren yönetim felsefesi SYE dir.

Li Bo ve Qin (2007) zaman tabanlı ve miktar tabanlı stok yenileme dinamik modelleri sunarken, stok yenileme çevrimi ve ekonomik sipariş miktarlarının kamçı etkisi ve sistem dinamikleri açısından etkilerini incelemişlerdir. Rassal talep koşulu altında sistem maliyetleri belirlenirken dinamik bir benzetim uygulaması tasarlanmıştır. Çalışma sonucuna göre zaman tabanlı sistemlerde stok yenileme çevrimi uzadığında ve miktar tabanlı sistemlerde ekonomik stok yenileme miktarı arttığında KE daha açık görülmektedir. Ayrıca aynı durumlarda sistem maliyeti konkav bir yapı halini alır. Diğer önemli bir sonuç da, kamçı etkisinin miktar tabanlı sistemlerde daha yüksek olmasına rağmen, toplam maliyet değerleri daha düşüktür.

Lin ve diğeri (2010) yaptıkları çalışmada klasik SYE sistemlerinin kamçı etkisini azaltmasına rağmen statik yapısı nedeniyle, gerçek endüstri problemlerini çözmek için bir düzenlemeye gereksinim duyulduğunu öngörmüşlerdir. Yazarlar SYE sistemlerine bulanık mantık yaklaşımını genetik algoritma yönetimi ile birlikte adapte ederek statiklik problemini aşmayı amaçlamış ve yapılan tek yönlü varyans analizi ile önerilen SYE modelinin kamçı etkisini azaltmada başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

2.4. Genişletilmiş Satıcı Yönetimli Envanter

SYE konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde literatürde iki kademeli, tek satıcılı ve çok alıcılı modellerin sıklıkla ele alındığı görülmektedir. Sağladığı birçok

faydaya rağmen SYE yaklaşımlarının çok kademeli TZ yapılarındaki uygulanabilirliği yeteri kadar sorgulanmamıştır. Sınırlı sayıdaki çalışmada ele alınan çok kademeli SYE sistemleri, çok kademeli klasik tedarik zincirlerinin bir parçası olarak SYE sistemleri ifade etmektedir.

SYE sistemleri sağladıkları düşük stok tutma oranları, yüksek müşteri hizmet seviyeleri, düşük toplam maliyet ve düşük KE faydaları nedeniyle TZY alanında önemli bir araştırma konusudur. İki kademe arasında elde edilen bu faydaların, çok kademeli tedarik zincirlerine bütün ağ boyunca yayılmasıyla toplam faydanın da, bütün kademe elemanlarını kapsayacak şekilde artması öngörülmektedir.

Southard (2001) klasik tedarik zincirlerindeki SYE yaklaşımını üretici ve perakendecilerden oluşan bir tarım ürünleri zincirine adapte etmeye çalışmıştır. Çalışmada üretici ile çiftçiler (perakendeciler) arasına bir kooperatif kademesi ekleyerek uygulanan SYE yapısının genişletilmesi amaçlanmış ve bu yeni yapının faydaları maliyet ve servis seviyesi açısından incelenmiştir.

Danese (2005) yaptığı çalışmada iki kademeli zincirlerde başarılı olan SYE sistemlerinin faydalarının bütün ağa yayılmasını sağlamak amacıyla, bu yönetim felsefesinin bütün ağ elemanları boyunca uygulanmasını öngören Genişletilmiş Satıcı Yönetimli Envanter (GSYE) modelini geliştirmiştir. Merkezi bir karar verme süreci ile bütün tedarik ağı elemanları ile ilgili stok yenileme kararlarının oluşturulduğu, malzeme ihtiyaç planlaması ve dağıtım kaynakları planlaması ile ortaklaşa çalışan bir yapı geliştiren yazar, bu yapıyı İtalya'dan bütün Avrupa'ya dağıtım yapan GSK ecza firması üzerinde test etmiştir. Önerilen modelde emniyet stoğu yerine çalışan SYE min ve SYE max adlı iki farklı parametre yardımıyla stok yenileme işlemi yerine getirilmektedir.

2.5. Sonuç

Kamçı etkisini azaltmayı amaçlayan çalışmalar son yıllarda tedarik zinciri literatüründe önemli bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. SYE modelleri ise tedarik zincirlerinde sağladığı merkezi kontrol yaklaşımı sayesinde stok

yenileme değişkenliğini azaltarak kamçı etkisinin azaltılması yönünde önemli başarılar sağlamaktadır. Bu nedenle zaten fayda sağlayan SYE sistemlerinde kamçı etkisinin azaltılması yönündeki çalışmalar literatürde oldukça az sayıda görölmektedir.

SYE sistemlerin temelinde yer alan tek noktadan sipariş oluşturma sürecinin bir sonucu olarak, ağ boyunca sipariş politikalarının farklı noktalardan belirlenmesiyle ortaya çıkabilecek sipariş değişkenliğinin azalacağı, dolayısıyla kamçı etkisinin azalabileceği görölmektedir. Aslında genel kanının aksine durum biraz daha karmaşıktır. Kamçı etkisi sadece sipariş verme sürecinin sonucunda ortaya çıkmayabileceği, başka nedenlerinde olabileceğini düşünölmektedir. SYE ise bütün kamçı etkisi nedenleri için en uygun bir çözüm olmayıp, klasik sistemlere göre daha iyi bir çözüm alternatifi olarak düşünölebilir.

Disney ve Towill (2003a) iki kademeli bir yapıda incelediği SYE sistemlerinde sipariş birleştirme ve oranlama oyunu sonucunda ortaya çıkan kamçı etkisinin tamamen elemine edileceği sonucuna ulaşmıştır. İki kademeli bir yapıdaki tedarik zincirlerinde ağın tüm elemanlarının SYE antlaşması ile birbirine bağlı olduğu durumda bu sonuç doğru olmaktadır. Fakat perakendecilerden biri veya bir kaçı bu işbirliği sürecine dahil olmaz ise, SYE ağın tamamında kullanılmadığı için sipariş birleştirme ve oranlama oyunu etkileri elemine edilmeyeceği görölmektedir. Benzer şekilde SYE dağıtıcısı, tedarikçilerden müşteriye kadar uzanan bir yapının parçası olduğundan, her ne kadar iyileştirmeler gerçekleştirse de, etkiyi tamamen ortadan kaldıramayabilir.

Danese (2005) SYE sisteminin lokal faydalarının ağa yayılmasını öngördüğü çalışmasında, model olarak merkezi bir paylaşım noktası üzerinden bütün ağın stok yenileme değerlerini belirlemeyi amaçlamamıştır. Olası yüksek faydalarına rağmen pratikte bu şekilde merkezi sistemleri kompleks bilişim sistemi ihtiyacı, yüksek yatırım maliyetleri ve organizasyonel dirençle karşılaşma ihtimali gibi kısıtlamalar yüzünden uygulamak oldukça zordur. Yazar sistemin uygulanabilmesi için stok, talep, taşınan mal, stok yenileme parametreleri gibi birçok verinin paylaşılması gerekliliğini belirtmiştir. İdeal olan bu sisteme ulaşma yolunda tedarik ağı içerisinde

bulunan özerk ve yarı özerk firmaların fazla sayıda ve türde bilgi paylaşımına yanaşmaması gibi önemli engeller vardır.

Tedarik ağları genişledikçe merkezi işbirliği gerektiren ve çok sayıdaki verinin paylaşılması ihtiyacı olan sistemlerin uygulanması pratikte pek mümkün değildir. Bu yüzden az sayıda veri paylaşımı gerektiren işbirlikçi tedarik zinciri yaklaşımları tasarlanması gerekmektedir. Holmstrom (1998) sadece envanter ve stok yenileme parametre bilgilerinin paylaşılması ile SYE sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna ulaşmıştır.

SYE sistemlerinin dinamik bir stok yenileme sistemine sahip olması ile birlikte kamçı etkisi daha da azalmaktadır. (Lin ve diğerleri, 2010) Bu bağlamda DSKP sisteminin SYE sistemine adapte edilmesi sayesinde modelin yapısı gereği parametrelerin zaman bazlı olarak merkezi hesaplamasından dolayı sadece stok pozisyonu verilerinin paylaşılması yardımıyla uygun sonuçlara ulaşılabilir. Ayrıca talebin ve teslim zamanının değişken olduğu koşullara uyarlanacak stok yenileme süreci ile gerçek endüstriyel ortamda başarı sağlayabilecek bir model geliştirilebilir.

Literatürde yer alan çalışmaların ayrıntılı incelemesi sonucunda SYE sistemlerinin bütün tedarik ağına genişletilmesini gerçekleştirecek bir çalışmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca yüksek yatırım maliyetleri gerektiren karmaşık bilişim sistemlerine ihtiyaç duymayan, sadece stok pozisyonu verisi paylaşımı ile mümkün olan en az organizasyonel dirençle karşılaşılabilecek bir GSYE yapısı gerekliliği belirlenmiştir. Piyasa ve endüstriyel ortamların dinamik koşullarına ayak uydurabilmek için değişken talep ve teslim zamanı koşullarında sonuç üretebilecek şekilde dinamik bir stok yenileme süreci içeren model tasarımı gerçekleştirilmesi de SYE çalışmalarında sınırlı sayıda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca SYE sistemlerinin kamçı etkisi azaltma konusunda sağladığı faydaların tüm ağa yayılması gerekliliği de göz önünde alındığında, hazırlanacak çalışmada ele alınacak modelin değişken talep ve teslim zamanı koşulu altında çalışan, sadece stok pozisyonu verisi paylaşımı ile çok kademeli yapıdaki SYE sistemlerinde dinamik bir stok yenileme süreci içerecek şekilde tasarlanması ile literatürde yer alan boşluğu doldurarak ileride bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutması amaçlanmaktadır.

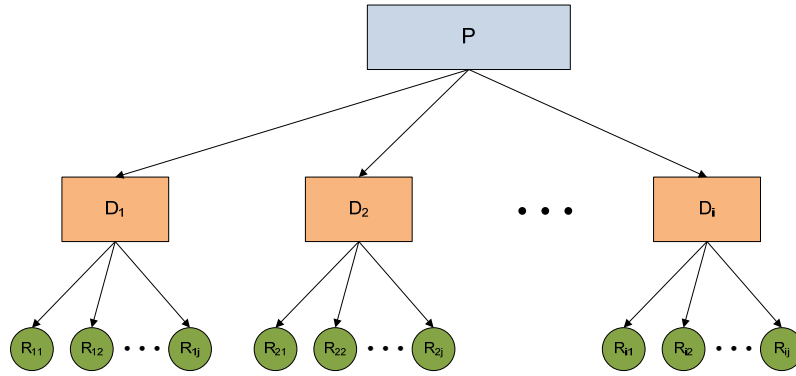
3. BÖLÜM. GENİŞLETİLMİŞ SATICI YÖNETİMLİ ENVANTER MODELİ

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle matematiksel modeli kurulacak olan GSYE yaklaşımı tanımlanacak, değişken teslim süresi koşulu altında DSKP politikası tekrar düzenlenip, TZY, SYE ve GSYE modellerine uyarlanması gerçekleştirilecektir. GSYE modelinin işleyişi sunulduktan sonra, kurulan modelin kamçı etkisi yaklaşımları ile ilişkisi irdelenip, benzetim uygulamasından önce denklemlerin geçerliğinin ve doğruluğunun sağlanması için model kısa dönemde çalıştırılarak, sonuçlar kavramsal model denklem ve önermeleri ile karşılaştırılacaktır.

3.1. Modelin Tanımlanması

Çok kademeli tedarik zincirlerinin performansını yükselterek KE değerinin azaltılmasını amaçlayan GSYE modelinin sağlayacağı faydaların daha iyi analiz edilebilmesi için, TZY ve SYE modellerinin de matematiksel olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

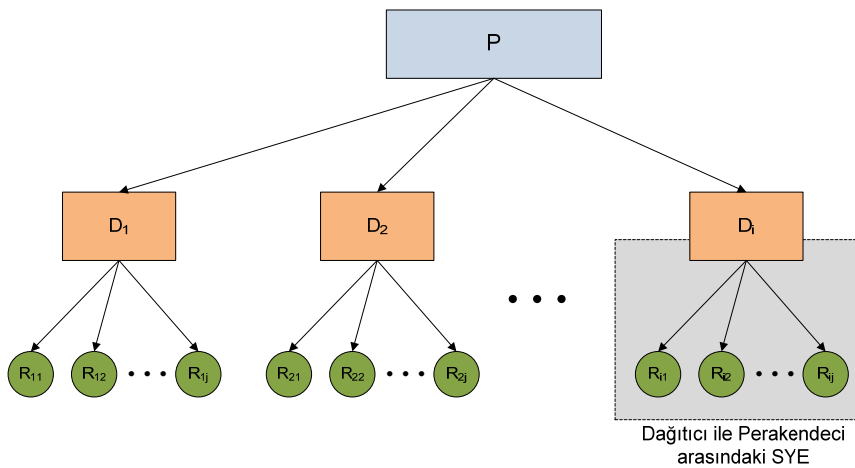
Bir üretici, i dağıtıcı ve i dağıtıcıya bağlı j . perakendeciden oluşan 3 kademeli klasik tedarik zinciri yapısı aşağıdaki gibidir. Şekil 3.1 de P simgesi üreticiyi, D dağıtıcıları ve R perakendecileri ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Klasik çok kademeli tedarik zinciri modeli

Klasik tedarik zinciri yapısında her kademe elemanı kendi stok yenileme ve talep tahmini süreçlerinden sorumludur. Üst kademeye sadece sipariş bilgisi geçilir. Herhangi bir bilgi paylaşımı süreci söz konusu değildir.

SYE sistemlerinde çok kademeli bir yapıdaki tedarik zincirinin bir bölümünde yer alan dağıtıcı veya dağıtıcılar ile bunlara bağlı olan perakendeciler arasında özel bir anlaşma gereği stok bilgisi paylaşılır ve alt kademe için stok yenileme süreci tamamen üst kademe tarafından yürütülür.

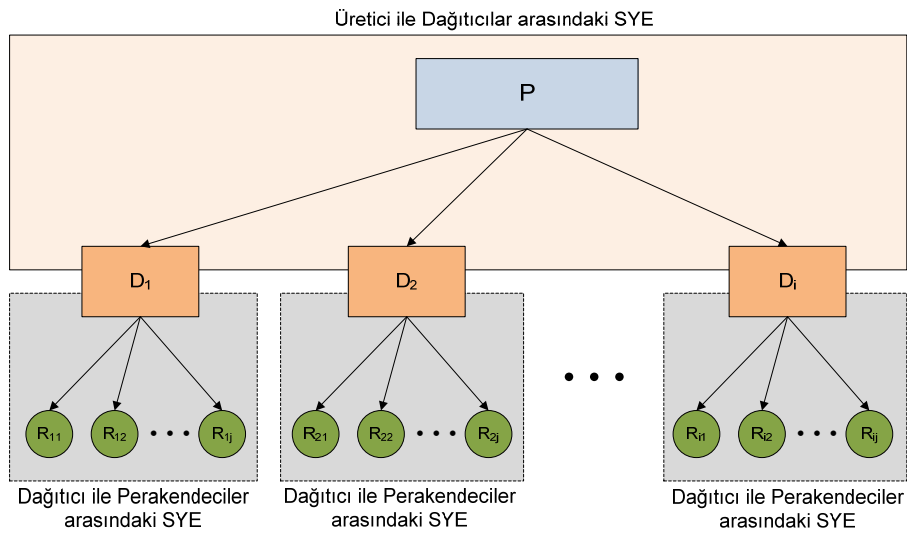


Şekil 3.2. Çok kademeli satıcı yönetimli envanter tedarik zinciri modeli

Dağıtıcı kendisi ile birlikte perakendecilerinin de stok yenileme sürecini yönettiği için kilit roledir. Eğer bu süreç uygun şekilde yönetilirse ağın genelinde kararlı bir

yapı oluşturma konusunda önemli faydalar sağlanabilir. Toplam ağın parçası olarak SYE dağıtıcısı üreticisine TZY sistemine benzer şekilde sadece sipariş bilgisi geçmektedir.

GSYE yaklaşımında her tedarik elemanı arasında bir SYE antlaşması mevcuttur. Bu antlaşmadan her firma farklı etkilenir. Perakendeciler SYE sistemlerindeki gibi sadece stoktaki üründe müşteri talebini karşılamakla sorumludur. Fakat dağıtıcıların rolü GSYE sistemlerinde değişmektedir.



Şekil 3.3. Genişletilmiş çok kademeli satıcı yönetimli envanter tedarik zinciri modeli

Dağıtıcılar GSYE sisteminde perakendecileri için stok yenileme planları oluştururken, üretici tarafından stoklarına doldurdukları miktarları kullanmakta, üst kademedeki herhangi bir sipariş talep etmemektedirler. Üreticiler ise SYE sistemindeki dağıtıcılar gibi, alt kademe stok yenileme sisteminden sorumlu olmakta, dağıtıcılardan farklı olarak üretim kararı oluşturmaktadır.

Önerilen modelde firmalar (r, Q) yeniden sipariş noktası sürekli gözden geçirme politikasının talep tahminleri yardımıyla dinamikleştirildiği DSKP (r_k, Q_k) yaklaşımını kullanmaktadır.

3.2. Değişken Teslim Zamanı Durumunda DSKP (r_k, Q_k) Politikası

DSKP yaklaşımın çalışmanın birinci bölümünde sunulan parametre hesaplama denklemleri sabit teslim zamanı koşulu altında sonuç vermektedir. Pratikte teslim sürelerinin sabit olduğu durumla karşılaşmak olası değildir. Bu bağlamda yeniden sipariş noktası (Denklem 1.3) ve sipariş miktarı değeri (Denklem 1.5) denklemlerinin teslim zamanının değişkenliği koşulu altında yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Değişken teslim zamanı söz konusu ise koruma aralığı boyunca ortaya çıkacak talebin standart sapmasını Silver (1998) aşağıdaki gibi belirtmiştir.

$$\sigma_D = \sqrt{E[L]Var[D] + (E[D])^2Var[L]} \quad (3.1)$$

σ_D : Teslim zamanı boyunca görülen talebin standart sapması

$E[L]$: Teslim süresinin beklenen değeri

$E[D]$: Teslim süresi boyunca toplam talebin beklenen değeri

$Var[L]$: Teslim süresinin varyansı

$Var[D]$: Teslim süresi boyunca Talebin toplam varyansı

Birinci bölümde verilen (1.3) denklemi yardımıyla (3.1) denkleminin yeniden düzenlenmiş hali aşağıda sunulmuştur.

$$r_k = \sum_{i=1}^{E[L]+1} F_{k+i-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{E[L]+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{E[L]+1} F_{k+i-1})^2}{E[L] + 1} \right) VAR[L]} \quad (3.2)$$

Eğer teslim zamanı ortalaması μ_L ve standart sapması σ_{L_k} olacak şekilde normal dağıldığı varsayılırsa; teslim zamanının beklenen değeri $E[L]=\mu_L$ ve varyansı $VAR[L] = \sigma_{L_k}^2$ olacağından formül aşağıdaki gibi güncellenebilir.

$$r_k = \sum_{i=1}^{\mu_L+1} F_{k+i-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{\mu_L+1} F_{k+i-1})^2}{\mu_L + 1}\right) \sigma_{L_k}^2} \quad (3.3)$$

Stok yenileme yapısının değişkenliğe daha iyi cevap verebilmesi için sipariş miktarı parametresinde de bir düzenleme gerekmektedir. Stok pozisyonunun yeniden sipariş noktasının altına düştüğü $I_{(k-1)}^P \leq r_k$ durumunda verilecek sipariş miktarı Q_k değerini değişken teslim zamanı koşulu altında hesaplayabilmek için, denklem (3.1) yardımıyla birinci bölümde sunulan (1.4) Silver-Meal Sezgisel Algoritması (SMA) maliyet denkleminin revize edilmesi ihtiyacı vardır.

SMA'nın esnek yapısından dolayı bazı araştırmacılar bunu uyarlama yaparak kullanmışlardır. Bregman ve Silver (1993) üst kademe tarafından yapılan indirim oranlarının bilindiği durumlarda, SMA'yı revize ederken, Omar ve Smith (2002) zaman bazlı değişen talep koşullarında satınalma ve üretim kararları verilirken uyarlanmış SMA kullanmışlardır. Ayrıca Şenyiğit (2009) yaptığı çalışmada talep ve fiyatın belirsiz olduğu durumlarda çalışacak şekilde SMA sistemini revize etmiştir.

DSKP yaklaşımının temel alındığı çalışmada Babai (2005) de bir uyarlama gerçekleştirerek algoritmayı çalıştırmıştır. Algoritmada ileriye yönelik beklenen elde bulundurma maliyeti ile sabit sipariş maliyeti dönemlik ortalamaları karşılaştırılarak, olası en az maliyet değerini sağlanacak N_k^* dönemini belirlenmeye çalışmışlardır. Yazar elde bulundurmanın beklenen değerini; N_k^* dönemlik talep tahminleri ile güvenlik miktarındaki olası artışları dikkate alarak hesaplamaktadır.

Değişken talep durumunda talep tahminleri fonksiyonu değişmemekle beraber, sipariş miktarı değeri için güvenlik miktarı aşağıdaki gibidir.

$$SQ_k^Q = \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{\mu_L+1} F_{k+i-1})^2}{\mu_L + 1}\right) \sigma_{L_k}^2} \quad (3.4)$$

Değişken teslim süresi durumunda ileriye yönelik elde bulundurma değerinin beklenen değeri, sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası güvenlik miktarı farklarından bulunmaktadır. Bu durum ışığında sezgisel algoritma denklemi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

$$C(N_k) = \frac{K + h \left[\sum_{j=\mu_L+1}^{\mu_L+N_k} [j - (\mu_L + 1)] F_{k,k+j-1} + N_k [SQ_k^Q - SQ_k^R] \right]}{N_k} \quad (3.5)$$

N_k : Verilecek Q kadar siparişin kapsayacağı dönem miktarı

$C(N_k)$: N_k dönemlik ortalama maliyet değeri

K : Sabit sipariş maliyeti

h : Birim elde bulundurma maliyeti

$\sum_{j=\mu_L+1}^{\mu_L+N_k} [j - (\mu_L + 1)] F_{k,k+j-1}$: Koruma aralığı sonrasındaki tahmini talep değeri

$\Phi^{-1}(CSL)$: Belirlenen hizmet seviyesi için normal dağılım tablo değeri

SQ_k^Q : Sipariş miktarı değeri için güvenlik miktarı değeri

SQ_k^R : Yeniden sipariş noktası güvenlik miktarı değeri

Firmalar ileriye yönelik olarak ertelenebilecek siparişler için bir tahmin gerçekleştirebiliyorsa, yani sipariş erteleme beklenen değeri tahmin edilebiliyorsa, o zaman SMA sistemi içerisinde elde bulundurmanın beklenen değerinin yeniden hesaplanmasında fayda vardır. Örneğin firma sipariş erteleme beklenen değerini, % 5 olarak belirlediği durumda, bu miktarın elde bulundurulamayacağı göz önün alınmalı ve SMA sistemi içerisinde hesaplanan elde bulundurma değerinin % 95 lik kısmı hesaplamalara katılmalıdır. Elde bulundurulan kısmın beklenen değerinin düşmesi ile N_k^* değerinin hesaplama değerlerinde yükselme gerçekleşebilir. Yüksek miktarda verilecek siparişler ise, sipariş erteme oranlarını düşürebileceğinden, SMA yapısındaki bu düzenleme ile ertelenen sipariş durumları ile karşılaşılma sayısının azaltılması amacı gerçekleştirilebilir.

Beklenen sipariş erteleme miktarı $E[B_k]$ olmak üzere SMA aşağıdaki gibi uyarlanmıştır.

$$C(N_k) = \frac{K + h \left[\sum_{j=\mu_L+1}^{\mu_L+N_k} [j - (\mu_L + 1)] F_{k,k+j-1} + N_k [SQ_k^Q - SQ_k^R] - E[B_k] \right]}{N_k} \quad (3.6)$$

Sezgisel algoritmanın optimum sonucu N_k^* olmak üzere, sipariş miktarı denklemi Q_k aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_k = \sum_{j=1}^{\mu_L+N_k^*} F_{k+j-1} + SQ_k^Q - I_{(k-1)}^P \quad (3.7)$$

Üretici kademesinde sipariş verme süreci yerini üretim kararı oluşturma sürecine bıraktığı için yeniden sipariş noktası r_k değeri yerine üretim noktası değeri $r_{p(k)}$ hesaplanmalıdır. Teslim zamanı L değişkeni yerine üretim süresi P değişkeni denklemlerde yer alacaktır.

$$r_{p(k)} = \sum_{i=1}^{\mu_P+1} P F_{k+i-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{\mu_P+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{\mu_P+1} P F_{k+i-1})^2}{\mu_P + 1} \right) \sigma_{L_k}^2} \quad (3.8)$$

SMA maliyet denklemi $C(N_k)$ hesaplanırken K değişkeni sabit sipariş maliyetini değil de üretime hazırlık maliyeti kavramını ifade etmektedir. Üretici kademesi için sezgisel algoritma maliyet denklemi SQ_k^P üretici için güvenlik miktarı olmak üzere, aşağıda sunulmuştur.

$$C(N_k) = \frac{K + h \left[\sum_{j=\mu_P+1}^{\mu_P+N_k} [j - (\mu_P + 1)] F_{k,k+j-1} + N_k [SQ_k^P - SQ_k^R] - E[B_k] \right]}{N_k} \quad (3.9)$$

Üretici kademesi için güvenlik miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$SQ_k^P = \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{\mu_P+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{\mu_P+1} P F_{k+i-1})^2}{\mu_P + 1} \right) \sigma_{P_k}^2} \quad (3.10)$$

(3.7) ve (3.10) denklemleri yardımıyla üretim miktarı $P_{(k)}$ denklemi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$P_{(k)} = \sum_{J=1}^{\mu_P + N_k^*} PF_{k+J-1} + SQ_k^P - I_{(k-1)}^P \quad (3.11)$$

3.2.1. Değişkenlik durumunda (r, Q) ve (r_k, Q_k) sistemlerinin karşılaştırılması

Tedarik zincirlerinde talebin bir dağılıma uyması teoride kullanılan bir yaklaşım olmasına rağmen, pratikte çok uygun değildir. Talep zaman içerisinde değişkenlik gösterir, çünkü talebi şekillendiren piyasa koşulları dinamiktir. İnternet ve bilişim teknolojilerindeki gelişime paralel olarak her ürüne dünyanın her yerinden ulaşılabilme imkanı, talebin yapısını daha karmaşıklaştırır. Talep kalıpları içerisinde mevsimsellik ve eğim bileşenlerini barındırabilir. Bu durumda temelinde talebin bir dağılıma uyması veya sabit kalması varsayımı bulunan yaklaşımlarla stok yönetimini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek mümkün olmayabilir.

Ürünlerin siparişlerinin teslim süreleri firmalar tarafından azaltılmaya çalışılması, rekabet önceliği açısından uygun bir yaklaşımdır. Ayrıca bu süreler tam olarak sabitlenmese de değişkenliği çok az olacak bir şekilde uygulanması hem alt kademe, hem de üst kademe elemanları açısından önemlidir.

3.2.1.1. Talep değişkenliği durumu

Statik ve dinamik stok kontrol yaklaşımları, talebin eğimli veya mevsimsel olması durumlarında farklılık göstermektedir.

(r, Q) yeniden sipariş noktası yaklaşımı temelde talebin değişmediği veya bir dağılıma uyduğu varsayımına dayanır. Bu bağlamda değişkenliğin yüksek olduğu pozitif eğimli talep durumunda stok yenileme sistemi uygun sonuç üretmeyebilir. Sabit olarak belirlenen parametreler talep bir eğimle yükseldiğinde yetersiz kalabilir. Bu durumda pozitif eğimli taleplere karşılık veremeyen statik yaklaşım, sistem stoğunu eksiye düşürecek ve parametre güncellemesi olmadan tekrar kararlı hale gelmeyecektir. Bu kararsız yapı sayesinde müşteri hizmet seviyeleri düşüp, firma için büyük maliyet kayıplarına yol açabilir.

(r_k, Q_k) modelinde ise, talep pozitif eğimle yükseldiğinde talep tahminleri de yükseleceğinden, parametre değerleri büyüyecek ve geç sipariş verme durumu ortadan kalktığı gibi sipariş miktarı da yükseleceği için müşteri hizmet seviyesi ve maliyet değerleri de korunacağı beklenmektedir.

Eğer eğim miktarı çok yükselir ise, talep tahminlerinin varyanslarının da yükseleceği beklenen bir durumdur. Bu durumda dinamik modelde yeniden sipariş noktası değeri yükselecek, daha erken sipariş verildiği için, sipariş miktarı değerleri de SMA maliyet denklemlerindeki değişkenliğin yükselmesinden dolayı düşecektir. Böylece DSKP sistemi değişkenliğin yüksek olduğu durumda dinamik bir tepki oluşturacaktır.

Negatif eğimli talep durumunda klasik statik yeniden sipariş noktası yönteminde parametre değerlerinin çok yüksek olması nedeniyle, firma çok kısa aralıklarla yüksek miktarlarda sipariş verme durumundadır. Stokların fazlasıyla yükseldiği durumda firma elde bulundurma maliyetlerinin yükselmesinden dolayı toplam maliyet fonksiyonunda kayıplarla karşılaşacaktır.

Dinamik stok yönetimi yaklaşımında parametre değerleri eğim yönü negatif olduğu için talep tahminlerinde bağlı olarak azalacak, uygun sipariş kalıpları dışına mümkün olduğunca çıkmayacaktır. Negatif eğimin çok yüksek olduğu durumdaki sistem tepkisi pozitif yüksek eğim durumundaki tepkiyle benzer olmaktadır.

(r, Q) yeniden sipariş noktası yönteminde mevsimsellik pozitif yönde ise sistem eksi stok durumuna düştüğünde, talep değerleri ortalamalarına dönse dahi, stoklarını pozitif değerlere yükseltmeyecektir. Bu durumda mutlaka parametre güncelleme gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Eğer mevsimsellik negatif eğimle gerçekleşiyorsa, statik sistem de bir süre sonra stok seviyelerinin düzenleyebilmekte, ama eskimiş stok problemi ile karşı karşıya kalmaktadır.

Talebin eğimini birden yükselip veya düşüp tekrar eski ortalama düzeyine dönmesi sonucunda dinamik sistem gerekli sistem tepkisini oluşturup, değişkenlik karşısında

en az kayıpla ve herhangi bir düzenleme gerektirmeden işleyişine devam edebilmektedir.

Eğimin çok düşük veya hiç olmadığı durumlarda (r, Q) parametreleri düzgün seçilmiş ise kararlı bir yapıda devam edeceği için uygun stok yenileme planlarını oluşturabilir. (r_k, Q_k) ise değişkenlik çok az veya olmadığı durumlarda klasik yeniden sipariş noktası yaklaşımı ile benzer sonuçlar üretebilir.

3.2.1.2. Teslim süresi değişkenliği durumu

Talep değişkenliği olmadığı durumlarda, denklemde yapılan düzenleme ile teslim süreleri bir dağılıma uyacak şekilde değiştiğinde, eğer sistem parametreleri uygun seçilmiş ise, yeniden sipariş noktası (r, Q) politikası doğru çalışmaktadır. Eğilimli talep durumu ile beraber teslim zamanı değiştiğinde ise politika geçerliliğini kaybedebilir.

DSKP sisteminde ise talep değişkenliğine bağlı olmaksızın teslim zamanı değişkenliğine etkin bir cevap geliştirip, sistemin kararlı bir yapıda devam etmesi gerçekleşmektedir.

3.3. Modelin İşleyişi

GSYE modeli işleyişi stokların izlenmesi, talep tahmini süreci, yeniden sipariş noktasının hesaplanması ve sipariş miktarının belirlenmesi başlıkları altında TZY ve SYE sistemleri ile karşılaştırılarak sunulacaktır.

3.3.1. Dönem sonu stokların izlenmesi

TZY sistemleri için bir kademe elemanının k . periyotta elinde bulunan stok değeri $I_{(k)}$; önceki dönem sonu stok değerlerine $I_{(k-1)}$, dönem içerisinde teslim alınan siparişlerin $Q^c_{(k)}$ eklenip, talep miktarının $D_{(k)}$ çıkarılması ile elde edilir. k . periyotta karşılanmayan miktarın $B_{(k)}$ sonraki dönemde karşılanmak üzere ertelendiği varsayılmaktadır.

$$I_{(k)} = \left(I_{(k-1)} + Q_{(k)}^c \right) - \left(D_{(k)} + B_{(k-1)} \right) \quad (3.12)$$

Denklem 3.12 bir üretici, i dağıtıcı ve i .dağıtıcıya bağlı j perakendeci için aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

$$I_{(k)} = \left(I_{(k-1)} + P_{(k)}^c \right) - \left(D_{(k)} + B_{(k-1)} \right) \quad (3.13)$$

$$I_{i(k)} = \left(I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c \right) - \left(D_{i(k)} + B_{i(k-1)} \right) \quad (3.14)$$

$$I_{ij(k)} = \left(I_{ij(k-1)} + Q_{ij(k)}^c \right) - \left(D_{ij(k)} + B_{ij(k-1)} \right) \quad (3.15)$$

Firmalar sipariş süreçlerinde kullanmak üzere stok pozisyonlarını da belirlemek durumundadır. Bir firma için stok pozisyonu değeri, fiili stok değerlerine yoldaki sipariş değerlerinin eklenmesi ile hesaplanır. Eğer teslim alınmayan sipariş yoksa stok pozisyonu ile fiili stok değerleri birbirlerine eşit olurlar. Siparişi verilen ama teslim alınmayan sipariş değeri $Q_{(k)}^o$ Stok pozisyonu değeri $I_{(k)}^P$ olmak üzere aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{(k)}^P = I_{(k-1)}, \\ I_{(k)}^P = I_{(k-1)} + \sum Q_{(k)}^o, \end{array} \quad \begin{array}{l} \sum Q_{(k)}^o = 0 \\ \sum Q_{(k)}^o > 0 \end{array} \right\} \quad (3.16)$$

3.3.2. Talep tahmini süreci

Çalışmada ele alınan zaman serisi, taleplerin zamanla değişiminin değişken olduğu göz önüne alındığında durağan olmayan özellikler gösterdiği söylenebilir. Literatürde bu tür serilerde kullanılması önerilen sistemlerin başında trendli üstel düzeltmeler (Holt ikili üstel düzeltmeler), trendli ve mevsimsellik parametrelili üstel düzeltmeler (Winter üçlü üstel düzeltmeler), Regresyon analizi, trend analizi ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar (ARIMA) yöntemleri gelmektedir. (Aburto ve Weber, 2007; Alon ve diğerleri, 2001; Li ve diğerleri, 2010; Tratar, 2010)

DSKP sistemlerinin çalışması için $2 * (L + 1)$ dönemlik ileriye yönelik talep tahmini ihtiyacı vardır. Regresyon ve trend analizi yaklaşımlarında tahmin periyodu teslim süresi uzunluğuna bağlı olarak arttığında negatif tahmin değerlerine ulaşılması ihtimali mevcuttur. ARIMA yönteminde verilerin otoregresif bir yapıda olması ve üçlü üstel düzeltmeler yönteminde ise mevsimsel değişen talep şartı mevcut olduğundan DSKP sistemine uygun olmadığı düşünülmektedir. Tedarik zincirlerinde en sık tercih edilen yöntemlerden birisi olması (Tratar, 2010; Ferbar ve diğerleri, 2009) ve ileriye yönelik “n” dönemlik farklı tahminler üretebilmesi nedeniyle (Chopra ve Meindl, 2006) çalışmamızda trendli üstel düzeltmelere yöntemi yardımıyla tahmin gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür.

Bu yöntemde talep tahmini iki farklı bileşenden oluşur. Birinci bileşen geçmiş talep ve talep tahmini değerlerinden α düzeltme katsayısı yardımıyla hesaplanan seviye değeridir. İkinci bileşen ise talebin eğiminin hesaplandığı ve β düzeltme katsayısı yardımıyla hesaplanan eğilim değeridir. Seviye değeri L_k^d ve eğilim değeri T_k^d olmak üzere, talep tahmini değeri F_t aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanır. (Chopra ve Meindl, 2006)

$$L_k^d = \alpha(D_k) + (1 - \alpha)(L_{k-1}^d + T_{k-1}^d) \quad (3.17)$$

$$T_k^d = \beta(L_k^d + L_{k-1}^d) + (1 - \beta)T_{k-1}^d \quad (3.18)$$

$$F_k = L_{k-1}^d + T_{k-1}^d \quad \text{ve} \quad F_{k+n} = L_{k-1}^d + (n + 1)T_{k-1}^d \quad (3.19)$$

Eğer trend gözlemlenmez ise $\beta = 0$ olacağından talep tahmini denklemi klasik tek parametrelili üstel düzeltmeler yöntemine dönüşmektedir.

Klasik tedarik zincirlerinde her eleman talep tahminini kendisi gerçekleştirmektedirler. SYE sistemlerinde ise perakendeciler için stok yenileme sorumluluğunu üstelenen dağıtıcılar, perakendeci için talep tahminleri gerçekleştirmek durumundadır. Bu süreci gerçekleştirebilmek için dağıtıcıların perakendeci taleplerine ulaşması gerekmektedir. İdeal SYE koşullarında bilgi

paylaşımı süreçleri ile bu bilgi direkt olarak üst kademe ile paylaşılabilir. Çalışmamızda alt kademenin bu bilgiyi paylaşmadığı durumda talep tahminlerini gerçekleştirmesinin yöntemi üzerinde durulacaktır.

Alt kademe olarak perakendeci belirlenirse, son iki dönem stok hareketleri değerlerinden, talep miktarı $D_{ij(k)}$ (3.12) denkleminde çekilerek aşağıdaki gibi bulunur.

$$D_{ij(k-1)} = I_{ij(k-2)} - I_{ij(k-1)} + Q_{ij(k-1)}^c - B_{ij(k-2)} \quad (3.20)$$

Eğer $k - 2$. periyotta ertelenen sipariş $B_{ij(k-2)}$ durumu söz konusu değil ise, $D_{ij(k-1)}$ kolayca hesaplanabilir. Erteleme söz konusu ise bu erteleme miktarının sadece stok izleme ile hesaplanması mümkün değildir. Bu durumda dağıtıcı perakendecilerin talep değerlerini, stoklardan okunan gerçek değerler olarak değil de, bir talep tahmini fonksiyonu olarak hesaplayacaktır. Bu hesaplanan yeni değer çalışmanın geri kalan kısmında sanal talep olarak adlandırılıp $D_{ij(k-1)}^v$ değişkeni ile belirtilmektedir.

Sistemin doğru parametreler ile çalışması durumunda eksi stoğa düşmesi beklenmemektedir. Bu açıdan bakıldığında stok yenileme sürecindeki tahminleme kısmında bir yüksek hata durumu söz konusu olduğu açıktır. Hatalı olan tahmin değerlerinden, sonraki dönemler hesaplanarak elde edilecek olan sanal talep değerleri ile sistemin pozitif stoğa ulaşması gecikecektir. Negatif stok durumlarında sipariş erteleme durumu sonucunda müşteri hizmet seviyeleri düşeceğinden, sanal talep değerlerinin hesabına bir düzeltme katsayısı eklemek uygun olacaktır. Bu düzeltme katsayısı ile stok değerlerinin pozitif çıkarmak amaçlanarak, sipariş erteleme durumunun önüne geçilmesi düşünülmektedir. Düzeltme katsayısı “ d ” olmak üzere sanal talep $D_{ij(k-1)}^v$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$D_{ij(k-1)}^v = dF_{ij(k-1)} \quad (3.21)$$

Firmalar arasındaki bilgi paylaşımı süreci ile satış bilgilerinin üst kademe ile paylaşılması gerçekleştiriliyorsa, sanal talep değerlerinin hesaplanmasına gerek yoktur. Sanal talebin değerleri sadece stok verisinin paylaşıldığı SYE sistemlerinde hesaplanan özel bir düzeltme değeri olduğu söylenebilir.

Dağıtıcılar sanal talep değerlerini belirledikten sonra bu değerler ışığında perakendeciler için talep tahminlerini gerçekleştirip, bu değerleri toplayıp kendi talep tahminlerini oluşturmaktadır. Bu esnada ayrıca bir talep tahmini süreci gerçekleştirilmemektedir.

TZY, SYE ve GSYE sistemlerindeki talep tahmini sürecinde kullanılan taleplerin durumu aşağıda sunulmuştur. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. TZY, SYE ve GSYE yaklaşımlarında talebin durumu

	TZY	SYE	GSYE
Üretici	Gerçek (Dağıtıcı Siparişleri)	Gerçek (Dağıtıcı Siparişleri)	Gerçek (Dağıtıcı Siparişleri)
Dağıtıcı	Gerçek (Perakendeci Siparişleri)	Gerçek (Perakendeci Siparişleri)	Sanal (Dağıtıcı Stok Hareketlerinden Okuma)
Perakendeci	Gerçek (Müşteri Talepleri)	Sanal (Perakendeci Stok Hareketlerinden Okuma)	Sanal (Perakendeci Stok Hareketlerinden Okuma)

Bir SYE sisteminde dağıtıcının bağlı perakendecileri için yaptığı talep tahmini değerleri $D_{iz}F_{(k)}$ olmak üzere, tahmini talep değeri $D_iF_{(k)}$ aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$D_iF_{(k)} = \sum_{z=1}^j D_{iz}F_{(k)} \quad (3.22)$$

GSYE yaklaşımında bütün perakendeciler için sanal talep değerleri bağlı oldukları dağıtıcılar, dağıtıcıların sanal talep değerleri ise üretici tarafından belirlenmektedir. Bu yüzden dağıtıcıların talepleri tahminlerin toplam fonksiyonu şeklinde yazılması yerine, üretici tarafından sanal talep kullanılarak yapılan talep tahminleri yardımıyla hesaplanır. Üretici talepleri ise dağıtıcıların taleplerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. Üretici talep tahmini denklemini aşağıda verilmiştir.

$$PF_{(k)} = \sum_{z=1}^j P_z F_{(k)} \quad (3.23)$$

TZY, SYE ve GSYE sistemlerinde talep tahmini süreçlerinin varlığı, var ise hangi ağ kademesi tarafından üstlenildiği Tablo 3.2 de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. TZY, SYE ve GSYE yaklaşımlarında talep tahmini süreçleri

	TZY	SYE	GSYE
Üretici	Var (Dağıtıcı siparişlerinden)	Var (Dağıtıcı siparişlerinden)	Var (Dağıtıcı taleplerinin okuma sürecinden)
Dağıtıcı	Var (Perakendeci siparişlerinden)	Var (Perakendeci taleplerinin okuma sürecinden)	Var (Perakendeci taleplerinin okuma sürecinden)
Perakendeci	Var (Müşteri taleplerinden)	Yok	Yok

3.3.3. Yeniden sipariş noktasının belirlenmesi

Tedarik zinciri elemanlarının zaman bazlı olarak DSKP parametrelerini belirlemesi gerekliliği vardır. Bu bağlamda her dönem stok pozisyonları ile karşılaştırmak üzere bir yeniden sipariş noktası değeri hesaplanmalıdır.

Yeniden sipariş noktası değerleri denklemleri uygulanan tedarik zinciri yaklaşımlarındaki talep tahmini süreçlerindeki değişimlerden dolayı farklılık göstermektedir.

Perakendeci kademesinde yeniden sipariş noktası denklemi TZY sistemi için aşağıdaki gibidir.

$$r_{ij(k)} = \sum_{y=1}^{\mu_L+1} R_{ij}F_{k+y-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{y=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+y-1}}^2 + \left(\frac{\left(\sum_{y=1}^{\mu_L+1} R_{ij}F_{k+y-1}\right)^2}{\mu_L + 1}\right)} \sigma_{Lk}^2 \quad (3.24)$$

SYE ve GSYE sistemlerinde perakendeci talep tahminleri sanal talep kullanılarak dağıtıcı tarafından yapılacağı için, denklemdaki perakendeci talep tahmini değerleri $R_{ij}F_{(k)}$ yerine dağıtıcının perakendeci için yaptığı talepler $D_{ij}F_{(k)}$ yer alacaktır.

$$r_{ij(k)} = \sum_{y=1}^{\mu_L+1} D_{ij}F_{k+y-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{y=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+y-1}}^2 + \left(\frac{\left(\sum_{y=1}^{\mu_L+1} D_{ij}F_{k+y-1}\right)^2}{\mu_L + 1}\right)} \sigma_{Lk}^2 \quad (3.25)$$

Dağıtıcı kademesinde ise TZY ve SYE sistemleri aynı denklemleri kullanmaktadır. Bu denklemler içerisindeki tek farklılık TZY sistemlerinde D_iF_{k+y-1} değeri trendli üstel düzeltmeler yöntemi ile hesaplanırken, SYE sistemindeki perakendeci talepleri fonksiyonu olan denklem (3.22) den gelmektedir.

$$r_{i(k)} = \sum_{y=1}^{\mu_L+1} D_iF_{k+y-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{y=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+y-1}}^2 + \left(\frac{\left(\sum_{y=1}^{\mu_L+1} D_iF_{k+y-1}\right)^2}{\mu_L + 1}\right)} \sigma_{Lk}^2 \quad (3.26)$$

GSYE sisteminde ise yeniden sipariş noktası denklemindeki tahmin değeri üretici tarafından hesaplandığından ifade aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir.

$$r_{i(k)} = \sum_{y=1}^{\mu_L+1} P_iF_{k+y-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{y=1}^{\mu_L+1} \sigma_{D_{k+y-1}}^2 + \left(\frac{\left(\sum_{y=1}^{\mu_L+1} P_iF_{k+y-1}\right)^2}{\mu_L + 1}\right)} \sigma_{Lk}^2 \quad (3.27)$$

Üreticiler açısından incelendiğinde yeniden sipariş noktası değeri yerine üretim noktası kavramı kullanılmaktadır. Bu değer de yeniden sipariş noktası denklemi

yardımıyla hesaplanmaktadır. Her üç model için aynı olan denklemde sadece GSYE modelindeki talep tahminlerinin denklem (3.23) den geldiği görülmektedir.

$$r_{p(k)} = \sum_{i=1}^{\mu_p+1} PF_{k+i-1} + \Phi^{-1}(CSL) \sqrt{\sum_{i=1}^{\mu_p+1} \sigma_{D_{k+i-1}}^2 + \left(\frac{(\sum_{i=1}^{\mu_p+1} PF_{k+i-1})^2}{\mu_p + 1} \right) \sigma_{P_k}^2} \quad (3.28)$$

3.3.4. Sipariş miktarının belirlenmesi

Sipariş miktarı değerleri stok pozisyonu değerlerinin yeniden sipariş noktası değerlerinden küçük olduğu $I_{ij(k-1)}^P > r_{ij(k)}$ durumunda hesaplanmaktadır.

Yeniden sipariş noktası belirleme sürecinde olduğu gibi, sipariş miktarı belirleme denklemleri de talep tahmini sürecindeki farklılıklardan dolayı TZY, SYE ve GSYE yönetim felsefeleri bazında yeniden düzenlenmelidir.

Perakendeci sipariş miktarı TZY sistemleri için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_{ij(k)}^o = \begin{cases} \sum_{y=1}^{\mu_L + N_k^*} R_{ij} F_{k+y-1} + SQ_k^Q - I_{ij(k-1)}^P, & I_{ij(k-1)}^P \leq r_{ij(k)} \\ 0, & I_{ij(k-1)}^P > r_{ij(k)} \end{cases} \quad (3.29)$$

SYE ve GSYE sistemlerinde perakendeci talep tahminleri sanal talep kullanılarak dağıtıcı tarafından yapılacağı için denklemdeki perakendeci talep tahmini değerleri $R_{ij} F_{(k)}$ yerine dağıtıcının perakendeci için yaptığı talepler $D_{ij} F_{(k)}$ yer alacaktır. Stok pozisyonu, sanal talep değerleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

$$Q_{ij(k)}^o = \begin{cases} \sum_{y=1}^{\mu_L + N_k^*} D_{ij} F_{k+y-1} + SQ_k^Q - I_{ij(k-1)}^P, & I_{ij(k-1)}^P \leq r_{ij(k)} \\ 0, & I_{ij(k-1)}^P > r_{ij(k)} \end{cases} \quad (3.30)$$

Dağıtıcı kademesinde ise TZY ve SYE sistemleri aynı denklemleri kullanmaktadır. Bu denklemler içerisindeki tek farklılık TZY sistemlerinde $D_i F_{k+y-1}$ değeri trendli üstel düzeltmeler yöntemi ile hesaplanırken, SYE sisteminde perakendeci talepleri fonksiyonundan (Denklem 3.22) gelmektedir.

$$Q_i^o(k) = \begin{cases} \sum_{y=1}^{\mu_L + N_k^*} D_i F_{k+y-1} + SQ_k^Q - I_{i(k-1)}^P, & I_{i(k-1)}^P \leq r_{i(k)} \\ 0, & I_{i(k-1)}^P > r_{i(k)} \end{cases} \quad (3.31)$$

GSYE sisteminde ise sipariş miktarı denklemindeki tahmin değeri üretici tarafından hesaplandığından ifade aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir.

$$Q_i^o(k) = \begin{cases} \sum_{y=1}^{\mu_L + N_k^*} P_i F_{k+y-1} + SQ_k^Q - I_{i(k-1)}^P, & I_{i(k-1)}^P \leq r_{i(k)} \\ 0, & I_{i(k-1)}^P > r_{i(k)} \end{cases} \quad (3.32)$$

Üreticiler açısından incelendiğinde sipariş miktarı değeri yerine üretim miktarı kavramı kullanılmaktadır. Bu değer de sipariş miktarı denklemi yardımıyla hesaplanmaktadır. Her üç model için aynı olan denklemde, sadece GSYE modelindeki talep tahminlerinin denklem (3.23) den geldiği görülmektedir. Üretim noktası değeri (3.10) denklemi dikkate alınarak aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$P_{(k)} = \begin{cases} \sum_{J=1}^{\mu_P + N_k^*} PF_{k+J-1} + SQ_k^P - I_{(k-1)}^P, & I_{(k-1)}^P \leq r_{P(k)} \\ 0, & I_{(k-1)}^P > r_{P(k)} \end{cases} \quad (3.33)$$

TZY, SYE ve GSYE sistemlerindeki DSKP politikaları parametre değerleri hesaplamalarının yapılmasına dair özet tablo, talep tahminlerinin yapısı dikkate alınarak Tablo 3.3 de sunulmuştur.

Tablo 3.3. TZY, SYE ve GSYE sistemleri için stok kontrol parametreleri hesaplama durumu

	TZY	SYE	GSYE
Üretici	Üretici (Dağıtıcı Siparişlerinden)	Üretici (Dağıtıcı Siparişlerinden)	Üretici (Dağıtıcı talep tahmini değerleri toplamından)
Dağıtıcı	Dağıtıcı (Perakendeci Siparişlerinden)	Dağıtıcı (Perakendeci talep tahmini değerleri toplamından)	Üretici (Dağıtıcı taleplerini okuma sürecinden)
Perakendeci	Perakendeci (Müşteri taleplerinden)	Dağıtıcı (Perakendeci taleplerini okuma sürecinden)	Dağıtıcı (Perakendeci taleplerini okuma sürecinden)

3.3.5. Siparişlerin dağıtım süreci

Tedarik zincirlerinde stok değerleri uygun olduğu her durumda alt kademe siparişleri, taşıma kapasiteleri de göz önüne alınarak, hemen gönderilir. Alt kademe siparişlerinin toplamı, üst kademe için stok pozisyonu değerinden düşük ise kısmi sipariş teslimi yapılarak, gönderilemeyen miktar sonraki dönemlere ertelenir.

Perakendeci kademesinde k . periyotta karşılanmayıp ertelenen miktar $B_{(k)}$, dönem başı elde bulundurulanan miktardan $(I_{(k-1)} + Q_{(k)}^c)$ gerçekleşen talebin çıkarılmasıyla bulunur.

$$B_{ij(k)} = \begin{cases} (I_{ij(k-1)} + Q_{ij(k)}^c) - D_{ij(k)}, & I_{ij(k-1)} + Q_{ij(k)}^c > D_{ij(k)} \\ 0 & I_{ij(k-1)} + Q_{ij(k)}^c \leq D_{ij(k)} \end{cases} \quad (3.34)$$

Dağıtıcı ve üretici kademesinde eksi stok durumunda ertelenen toplam sipariş miktarları (3.34). denklemi yardımıyla aşağıdaki hesaplanabilmektedir.

$$B_{(k)} = \begin{cases} (I_{(k-1)} + P_{(k)}^c) - D_{(k)}, & I_{(k-1)} + P_{(k)}^c > D_{(k)} \\ 0 & I_{(k-1)} + P_{(k)}^c \leq D_{(k)} \end{cases} \quad (3.35)$$

$$B_{i(k)} = \begin{cases} (I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c) - D_{i(k)}, & I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c > D_{i(k)} \\ 0 & I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c \leq D_{i(k)} \end{cases} \quad (3.36)$$

SYE ve GSYE modellerinde sipariş erteleme değerinin, sanal talep durumunda üst kademe tarafından belirlenemediği görülmektedir. Fakat pratikte bu değer üst kademe için bir anlamı yoktur. Stokları yenilenen alt kademe elemanları, siparişleri göndermek ve göndermediği sipariş değerlerinin sebep olduğu maliyetlere katlanmak durumundadır. Bu bağlamda SYE ve GSYE sistemlerinde sipariş erteleme değerlerinin denklemleri ve hesaplanma konumları değişmemektedir.

Üst kademe elemanı kontrol sonunda talebi karşılayamayacağını belirlerse, karşılama oranınca eldeki miktarı alt kademe elemanlarına paylaşır. Bu bağlamda dağıtıcının j . perakendecisinin $Q_{ij(k)}^o$ siparişindeki karşılayamadığı miktar $R_j B_{i(k)}$ ve siparişin karşılanan miktarı $Q_{ij(k+\mu_L+1)}^c$ ve üreticinin i . dağıtıcısının $Q_i^o(k)$ siparişindeki karşılayamadığı miktar $D_i B_{p(k)}$ ve siparişin karşılanan miktarı $Q_i^o(k+\mu_L+1)$ olmak üzere; karşılama oranı ve miktarı denklemleri aşağıda sunulmuştur.

$$Q_{j(k+\mu_L+1)}^c = \left(\frac{I_{(k-1)} + P_{(k)}^c}{D_{(k)}} \right) Q_i^o(k) \quad , \quad D_i B_{(k)} = \left(1 - \frac{I_{(k-1)} + P_{(k)}^c}{D_{(k)}} \right) Q_i^o(k) \quad (3.37)$$

$$Q_{ij(k+\mu_L+1)}^c = \left(\frac{I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c}{D_{i(k)}} \right) Q_{ij(k)}^o \quad , \quad R_j B_{i(k)} = \left(1 - \frac{I_{i(k-1)} + Q_{i(k)}^c}{D_{i(k)}} \right) Q_{ij(k)}^o \quad (3.38)$$

SYE ve GSYE sistemlerinde karşılama oranı ve miktarı sanal talep değerlerine bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_{j(k+\mu_L+1)}^c = \left(\frac{I_{(k-1)+P_i^c(k)}}{D_i^v(k)} \right) Q_{i(k)}^o \quad , \quad D_i B_{i(k)} = \left(1 - \frac{I_{(k-1)+P_i^c(k)}}{D_i^v(k)} \right) Q_{i(k)}^o \quad (3.39)$$

$$Q_{ij(k+\mu_L+1)}^c = \left(\frac{I_{i(k-1)+Q_i^c(k)}}{D_i^v(k)} \right) Q_{ij(k)}^o \quad , \quad R_j B_{i(k)} = \left(1 - \frac{I_{i(k-1)+Q_i^c(k)}}{D_i^v(k)} \right) Q_{ij(k)}^o \quad (3.40)$$

Üst kademenin stoklarının tükenmesi durumu literatürde “Tedarik Kıtlığı” kavramı ile karşılanmaktadır. TZY sistemlerinde alt kademe firmaları böyle bir kıtlığın varlığını fark ederlerse rasyonel bir yaklaşımla sipariş miktarlarını yükseltme eğiliminde olacaktırlar.

Kısmi sipariş teslim alındığında veya verilen siparişin söz verilen teslim süresi çok fazla aşılmasına rağmen gelmediği durumlarda, alt kademe elemanı üst kademe stoklarında bir kıtlık olduğunu varsayabilir. Bu durumda alt kademe elemanı sipariş belirleme sürecine bir müdahale gerçekleştirerek, oluşması gereken siparişleri bir miktar yükseltir. Bu yükseltme stok kontrolünü gerçekleştiren planlama departmanı tarafından gerçekleştirir. Oluşturulan yeni sipariş miktarı ile sonraki siparişler teslim alınırken herhangi bir dağıtım durumunda yüksek oran elde edilerek, kendi müşteri hizmet seviyelerini tutturma yolunda bir fayda sağlamasına karşın, üst kademe için negatif belirsizlik ve alt kademe için fazladan stoklama durumunu ortaya çıkarır. Bu nedenle kararlı yapılarda bu durumun önüne geçilmesi gerekmektedir.

SYE ve GSYE sistemlerinde sanal talep kullanımına bağlı olarak hesaplanan oranlar sonucunda gönderilen kısmi siparişlerden sonra alt kademe firmalarının oranlama oyunu oynamasına izin verilmez. Çünkü üst kademe alt kademe stok yönetimini devraldığından, yolda olan siparişler ve kendi kıtlık durumu ile bilgisi tam olmasının sonucu böyle bir sipariş yükseltme durumuna gerek kalmaz. Bu durum sonucunda firmaların sipariş kalıpları değişkenliği yükselmeyecek ve kamçı etkisi tetiklenmeyecektir.

Eğer tedarik kıtlığı durumu birden fazla dönem boyunca devam ederse, farklı alt kademe siparişleri birikeceğinden firmalar için karmaşık bir sevkiyat yapısı ortaya çıkacaktır. Bu durum karşısında üst kademe elemanları oranlama yaptıktan sonra, stoklarına giren ürün toplamının, gelen toplam siparişi karşılayamadığı anda, kıtlık

devam edeceğinden yeni bir oranlama yapacaktır. Firmalar müşteri memnuniyeti değerlerini aşağı çekmemek için ikinci bir oranlamaya ihtiyaç duyduğu durumlarda, öncelikle ilk oranlamadan teslim edilemeyen miktarlar var ise bunları göndermeyi tercih etmektedirler.

3.4. Önerilen GSYE Modeli Kamçı Etkisi İlişkisi

Yapılan literatür incelemesi sonucunda SYE sistemlerinin kamçı etkisini azaltma konusunda önemli faydalar sağladığı gözlemlenmiştir. (Lee ve diğerleri, 1997a,1997b) Bu durum sonucunda önerilen GSYE modelinin ağ boyunca kamçı etkisi konusunda başarılı sonuçlar üretmesi beklenmektedir.

3.4.1. Talep tahmini güncellemeleri

Talep tahmini güncellemeleri sonucunda ortaya çıkan kamçı etkisi, tamamen tahmin hatalarının kademeler yükseldikçe, kullanılan yöntemler yüzünden katlanarak çoğalması sonucu olduğu söylenebilir. Bu etki ile baş etmenin önemli bir yöntemi daha etkin gelişmiş talep tahmini yöntemlerinin kullanılması şeklinde olabilir. (Carbonneau ve diğerleri, 2008; De La Fuente ve Lozano, 2007; Liang ve Huang, 2006) Fakat yinede üst kademelere doğru, yöntem ne kadar iyi olursa olsun, kamçı etkisi değerinin yükseleceği beklenebilir.

Bundan dolayı da talep tahmini yöntemlerinin değiştirilmesinden ziyade, bu sürecinin ağ boyunca yeniden organize edilmesi ile kamçı etkisi ile daha etkin bir şekilde mücadele edilmesini sağlayabileceği düşünülmektedir. GSYE sistemleri tahmin süreçlerinin sayısını azaltarak, genel ağ tahmin yapısını değiştirip, hatanın katlanarak yükselmesini önlenmesi amaçlanabilir.

GSYE yaklaşımında dağıtıcılar perakendeci için, üretici ise dağıtıcıları için talep tahmini gerçekleştirir. Üreticiler talep tahmini yöntemlerini kullanarak yeniden bir tahmin gerçekleştirmek yerine, dağıtıcı için yaptığı tahminleri kendisi için kullanmaktadır. Tedarik ağı boyunca en yüksek değişkenlik üretici kademesinde

olduğundan, bu kademedede gerçekleştirilmiş olan düzenleme sonucunda değişkenlik ile mücadele edilebilmesi amacı gerçekleştirilebilir.

3.4.2. Tedarik kıtlığı ve oranlama oyunu

GSYE sistemleri TZY sistemlerinin aksine bütün ağ boyunca oranlama oyununa izin vermez, böylece yüksek miktar oluşan siparişler nedeni ile oluşacak değişkenliğin önüne geçilmesi beklenmektedir. SYE sistemlerinde ise belirlenen dağıtıcıya bağlı perakendecilerde oranlama oyunu söz konusu olmadığından, kısmen bir iyileştirme olabilir.

Oranlama oyunu söz konusu değil ise, sipariş kalıpları belli bir düzene oturacağından firmanın gereksiz stoklar üretmesi engellenecektir. Ayrıca gerçek endüstriyel koşullarda bu oyunun sonucu olarak ortaya çıkan sipariş iptalleri durumu GSYE sisteminde ortaya çıkmamaktadır.

3.4.3. Sipariş birleştirme

GSYE sistemlerinde perakendeci ve dağıtıcı kademesindeki sipariş kalıpları, TZY sistemlerine göre daha az değişkenlik göstermektedir. Sipariş miktarları, oranlama oyununun bir sonucu olarak azalacağından, firmalar daha sık sipariş oluşturma yolunu tercih edebilirler.

Perakendeci ve dağıtıcı sipariş değişkenliğinin azalması, üretici sipariş düzenlerini de etkileyip, bu kademe için de belirsizliği azaltabilir. Ayrıca üretici kademesinde talep tahminlerinin dağıtıcı toplam talep fonksiyonu şeklinde yazılmasıyla da, tahmin değerleri değişkenliği düşebileceğinden, sipariş değerlerindeki düzen sağlanabilir.

BÖLÜM 4. BENZETİM MODELİ TASARIMI

Bu bölümde TZY, SYE ve GSYE sistemleri için benzetim modeli akış şemaları ve işleyiş adımları ile birlikte sunulduktan sonra, modelin geçerliliğinin ve doğruluğunun araştırılması için çalıştırılarak, sonuçlar değerlendirilecektir.

4.1. Modelin İşleyişi ve Çalışma Adımları

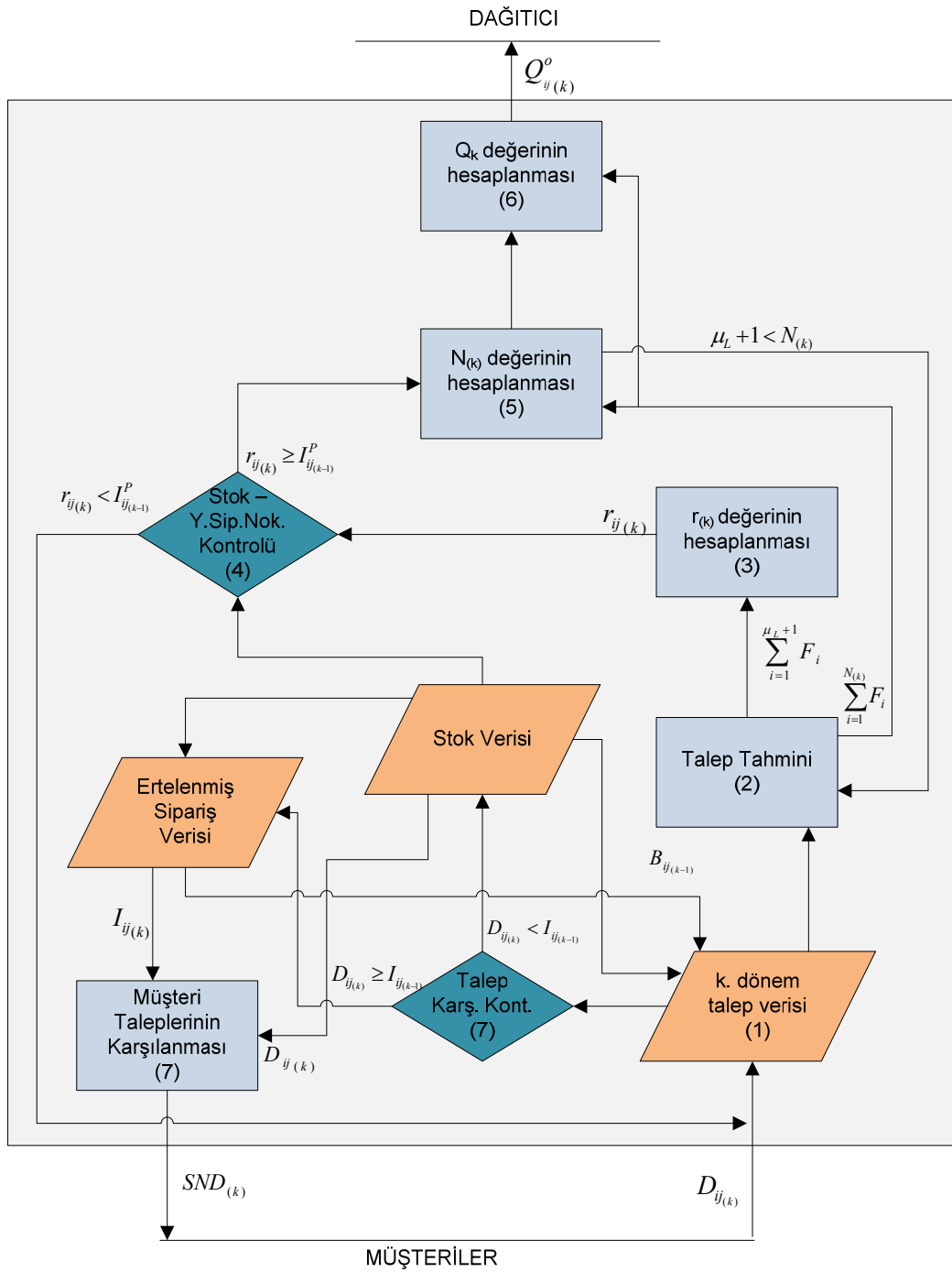
TZY gibi karmaşık yapılarda önerilen modellerin başarı düzeylerinin ölçülmesi için uzun dönemde çalıştırılması gerekliliği yüzünden, yapılan çalışmanın amacının doğrulanması ve sağlanması için bir benzetim modeli tasarlanacaktır. Bunun içinde, TZY, SYE ve GSYE yaklaşımları için aynı performans değerleri üzerinden doğrulama yapılacak şekilde bir benzetim modeli geliştirilmiştir.

Her tedarik kademesindeki firmaların süreçleri, izledikleri yönetim felsefesiyle şekilleneceği için, işleyiş adımları ve akış şemalarının bu felsefeler ışığında ayrı ayrı incelenecektir.

4.1.1. TZY modeli

TZY modelinde ağ içerisindeki firmalar DSKP yöntemi yardımıyla stok yenileme süreçlerini gerçekleştirirken, bu sürece ait parametreleri kendileri belirlemektedir. Bu durum ışığında ürünlerinin üretilmesinden, müşterilere ulaşmasına kadarki süreçte zincire dahil firmaların yürüttükleri işlemler kademe elemanı bazında incelenerek, işleyiş adımları belirlenip ve akış şemaları çizilerek benzetim modeli yapılandırılmıştır.

TZY yaklaşımında perakendecilere ait stok yenileme süreci adımları aşağıda sunulmuştur. (Şekil 4.1)



Şekil 4.1. Klasik tedarik zincirlerinde perakendeci kademesi için bilgi akışı diyagramı

Adım 1: Taleplerin elde edilmesi:

Müşteri talepleri, satış verilerinden elde edildikten sonra, firmanın kullandığı bilişim sistemi altyapısı ile talep tahmini sürecine aktarılır.

Adım 2: Talep tahmininin yapılması:

Firma belirlediği yöntem yardımıyla talep tahminini yaparak, yeniden sipariş noktasının belirlenmesi amacıyla, stok yenilemeden sorumlu birimine Elektronik veri değişimi prosedürleriyle ulaştırır.

Çalışmamızda kurulan modelde talep tahmini yapmak için, üçüncü bölümde belirlendiği üzere trendli üstel düzeltmeler yöntemi kullanılmıştır.

Tahmin yöntemi ile yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı parametrelerinin hesaplarında kullanılacak ileriye yönelik “ n ” dönemlik tahminlerinin oluşturulması gerekmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde de bahsedildiği gibi trendli üstel düzeltmelerin trend “ T ” bileşeni bu durumu mümkün kılmaktadır.

Talep tahmini süreci düzeltme katsayıları “ a ” ve “ β ” değerleri bir kereye mahsus olmak üzere belirlenmekte, n dönem boyunca sabit kabul edilmektedir.

Adım 3: Yeniden sipariş noktası $r_{ij(k)}$ değerinin hesaplanması:

Yeniden sipariş noktası değeri, talep tahmini, müşteri hizmet seviyesi ve teslim zamanının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Formül içerisinde yer alan müşteri hizmet seviyesi, belirlenen güven değeri için normal dağılım tablosundan çekilmektedir. Talep tahmini varyansı ise her bir tahminin genel tahmin ortalamasından farkının karesi şeklinde hesaplanmaktadır.

Adım 4: Stok pozisyonu $I_{ij(k-1)}^P$ yeniden sipariş noktası $r_{ij(k)}$ kontrolü:

Stok pozisyonu ile önceki adımda belirlenen yeniden sipariş noktası karşılaştırılır. Eğer stok pozisyonu $r_{ij(k)}$ değerinden büyük ise sipariş oluşturulmaz ve yedinci adıma geçilerek müşteri talepleri karşılama süreci gerçekleştirilir. Diğer durumda ise, beşinci adıma geçilerek N_k^* periyodu hesaplanır.

Adım 5: N_k^ periyodunun hesaplanması:*

Revize edilmiş SMA yardımıyla siparişin karşılanacağı toplam tahmin dönemi N_k^* değeri belirlenir.

Adım 6: Sipariş miktarı $Q_{ij(k)}$ değerinin hesaplanması:

Dördüncü adımda yapılan sipariş noktası, stok pozisyonu kontrolü sonucunda sipariş oluşturma kararı verilir ise, belirlenen N_k^* periyodundan stok pozisyonu $I_{ij(k-1)}$ değeri çıkarılarak sipariş miktarı hesaplanır.

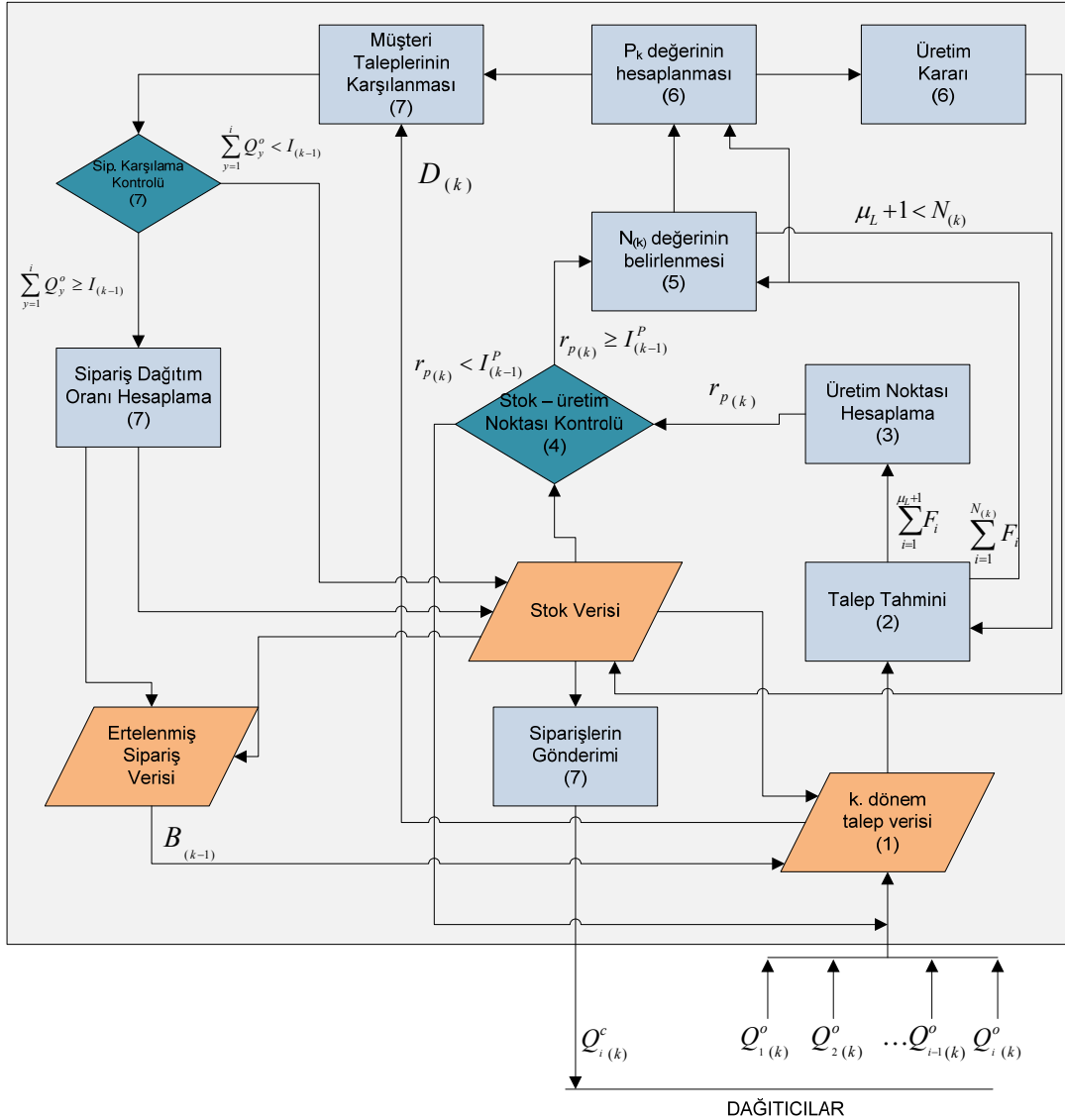
Adım 7: Müşteri taleplerinin karşılanması:

Birinci adımda elde edilen müşteri talepleri sipariş karşılama kontrolü gerçekleştirilerek elde bulundurulanan miktardan karşılanır. Kontrol sonucunda karşılanamayan miktar ($B_{ij(k)}$) sonraki döneme ertelenir. Böylece perakendeciler için gerekli hesaplamalar tamamlanmış olur.

Dağıtıcılar da yukarıda anlatılan yöntemle benzer şekilde yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarını belirlerler. (Şekil 4.2)

Yedinci adımda yürütülen sipariş karşılama adımı dağıtıcılarda perakendecilerden farklılık göstermektedir. Dağıtıcılar perakendecilerinden gelen siparişlerin toplamı ile stoklarını karşılaştırır. Eğer bu miktar siparişlerin tamamını karşılamaya yeterli ise gerekli hazırlığı yapıp sevkiyat işlemlerini başlatır. Sipariş erteleme durumu söz konusu ise o zaman öncelikle toplam siparişleri ile stokları oranlayıp, sipariş karşılama yüzdesi belirlenir. Bu şekilde alt kademe siparişlerinin belirli yüzdeyi karşılayan miktarı gönderilirken, kalan kısım sonraki dönemlere ertelenir.

TZY sistemleri temelde perakendecilerin oranlama oyununu oynadığı sistemlerdir. Bu yüzden kaynak kıtlığı durumunda, alt kademe oluşturması gerekli miktardan daha fazlasını sipariş ederek, oranlama oyununda daha fazla sipariş payı almaya çalışır. Bu



Şekil 4.3. Klasik tedarik zincirlerinde üretici kademesi için bilgi akışı diyagramı

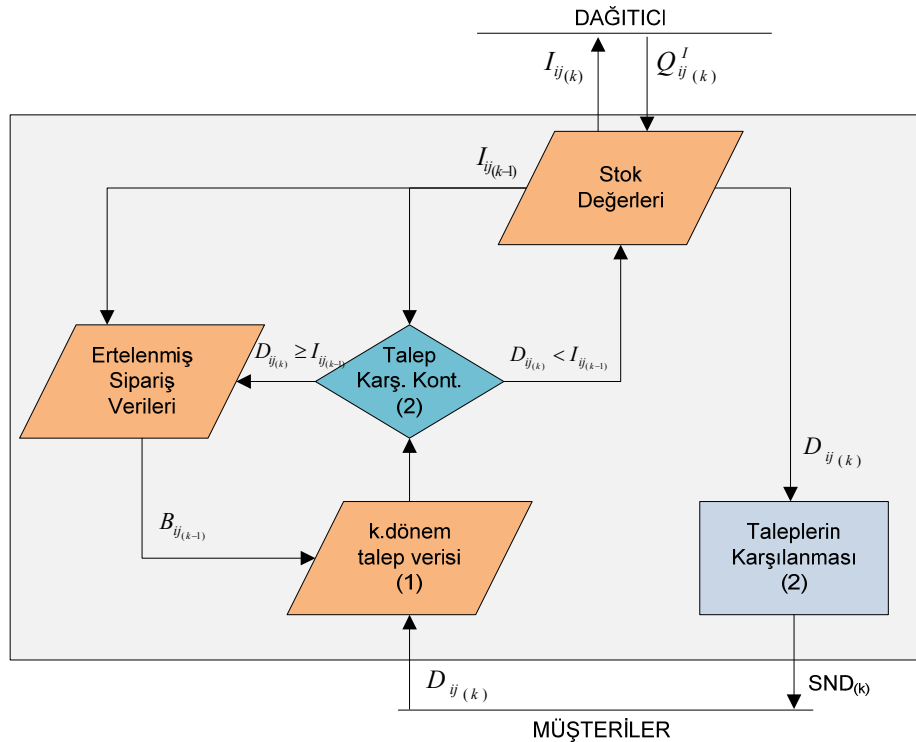
4.1.2. SYE modeli

SYE modelinde alt kademe stok verilerinin paylaşılması ile stok yönetimi sorumluluğunun üst kademeye alınması esastır. Bu açıdan bakıldığında stok verilerine ulaşılmasının yöntemi önem taşımaktadır. SYE sistemlerinin tedarik ağlarında kullanım amaçlarından biri de, alt kademe tarafından ortaya çıkarılabilen spekülatif durumlardan kaçınmaktır. Örneğin alt akdeme elemanının sipariş dağıtım oranlarındaki paylarını artırma isteği sonucunda ortaya çıkan oranlama oyunu, SYE sistemlerinde eleminde edilmelidir. (Disney ve Towill, 2003a) Eğer alt kademe stok değerlerini kendisi gönderir veya bilişim sistemine girerse, oranlama oyununun

oynanmasının önüne geçilmeyebilir. Bu bağlamda SYE sistemlerinde veri paylaşımı süreci aslında alt kademe stok alanlarının üst kademe tarafından izlenmesi ile gerçekleştirilip, alt kademedeki stok değerleri alınmayıp, bu değerler direkt olarak stok izleme yazılımları ile sağlanabilir.

SYE modelinde bir veya daha fazla dağıtıcı firma yapmış olduğu anlaşmalar gereğince, perakendecilerinin stok yenileme sürecinin sorumluluğunu ele alabilirler. Böylece perakendeciler sadece stokları miktarlarından olası talepleri karşılama işlemlerini yerine getirmektedir. Stok yenileme süreci bu aşamada gerçekleşmediği için talep tahminleri de gerçekleşmemektedir. (Şekil 4.4)

Çok kademeli TZ de SYE uygulandığı dağıtıcı ve perakendecileri arasındaki kısmi sipariş teslimi durumunda, üst kademenin sipariş değerlerini belirlemesinden dolayı, alt kademe elemanlarının herhangi bir oranlama oyunu oynaması söz konusu değildir.



Şekil 4.4. SYE de perakendeci kademesi için bilgi akışı diyagramı

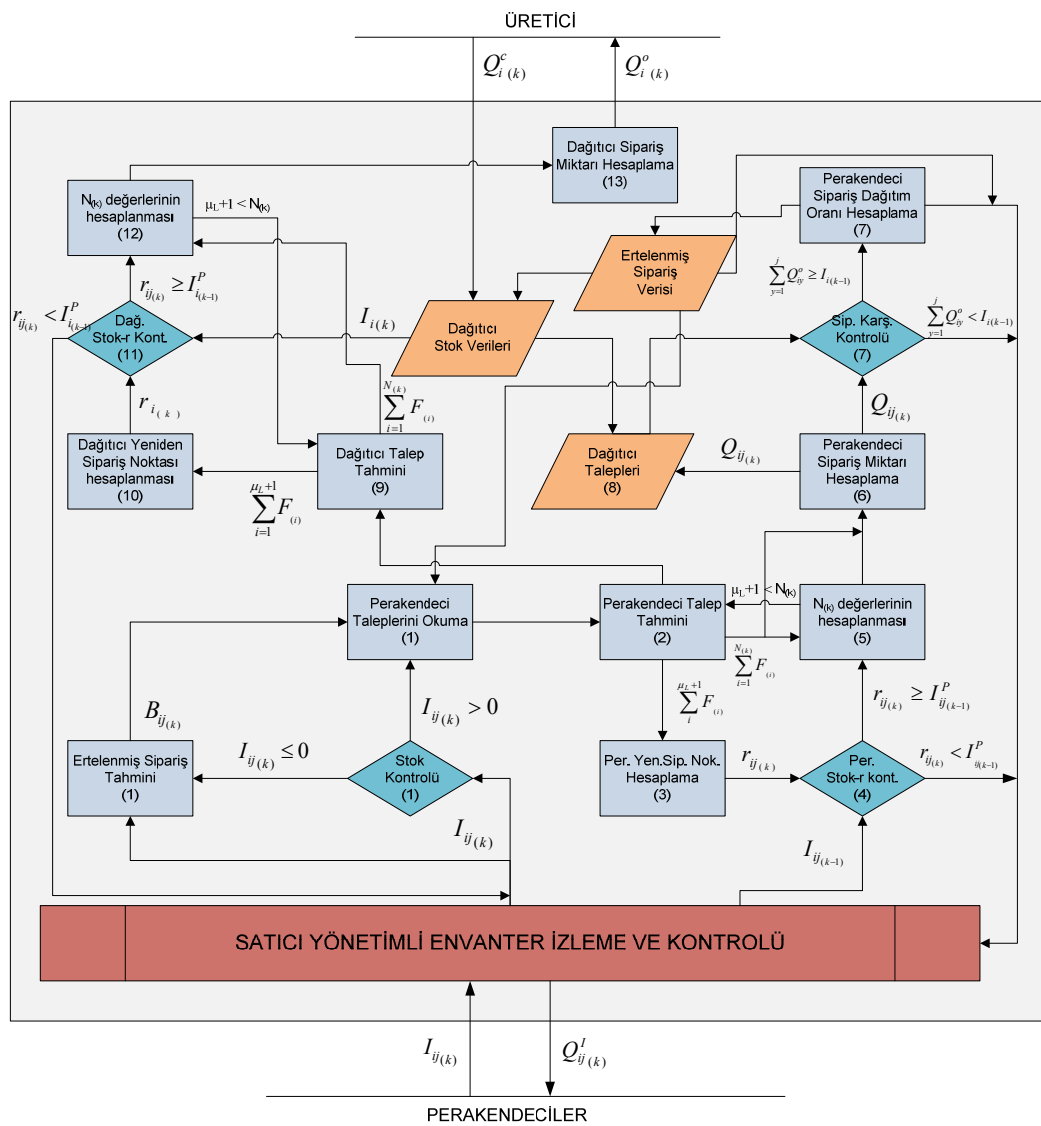
Adım 1: Taleplerin elde edilmesi:

Müşteri talepleri alınarak k . periyottaki toplam müşteri talebi belirlenir.

Adım 2: Müşteri taleplerinin karşılanması:

Birinci adımda elde edilen müşteri talepleri elde bulundurulan miktardan karşılanır.

Karşılanamayan miktar ($B_{ij(k)}$) sonraki döneme ertelenir.



Şekil 4.5. SYE de dağıtıcı kademesi için bilgi akışı diyagramı

Dağıtıcı kademesinde ise, alt kademe elemanlarının stok yenileme sürecinin de yürütülmesi ile iş yükü artmaktadır. Bu yüzden genel ağ performansını dikkate aldığımızda bu kademedeki alınan kararlar kilit önem taşımaktadır. (Şekil 4.5)

SYE sistemlerinde dağıtıcı kademesinde yürütülen işlemler aşağıda adım adım özetlenmiştir.

Adım 1: Perakendeci taleplerinin okunması:

Talep tahmini sürecinde önceki dönem talep ve tahmin bilgileri kullanılmaktadır. Bu yüzden stok hareketleri okunarak, önceki dönem talebinin belirlenmesi DSKP için kilit öneme sahiptir. Bu aşamada talep okuma süreci sonucunda belirlenen taleplerin stok değerlerinin sıfır olduğu durumlarda gerçek taleplere eşit olmadığı, bu durumda sanal talep değeri hesaplama gereği olduğu ortaya çıkmaktadır.

$(k-1)$. döneme ait sanal talep değeri; iki dönem önceki dönem sonu stok değerinden $(I_{ij(k-2)})$, önceki dönem sonu stok değeri $(I_{ij(k-1)})$ çıkarılır ve dönem içerisinde gelen sipariş miktarı $(Q_{ij(k-1)}^c)$ toplanarak bulunur. Eğer $I_{ij(k-1)}$ dönem sonu stok değeri sıfır ise, ertelenmiş sipariş ihtimali olacağından sanal talep, gerçek talebe eşit olmayacaktır. Bu aşamada bir talep tahmini değeri ile sanal talep belirlenir ve sistemin işlerliğinin devamı sağlanabilir. Bu durumda sanal talep değeri, son dönem talep tahminlerinin bir düzeltme katsayısı ile çarpılması ile bulunabilir. Düzeltme katsayısı kullanılmasının amacı; sistemin eksi stoğa düşmesinin temel nedeni olan talep tahminlerinin negatif hata üretme durumunu ortadan kaldırılması amacını taşımaktadır. Bir SYE sisteminde bütün çalışma zamanı boyunca elde edilen talep değerleri toplamı, kullanılan sanal talep değerlerine eşittir. Çünkü sanal talep değerleri belirlendikten sonra, bu değerlerin hesaplanmasındaki hatalar hesaplanarak, geriye doğru olarak sanal talep değerleri güncellenerek, gerçek talepler ile arasındaki fark ortadan kaldırılır.

Adım 2: Perakendeciler için talep tahmini yapılması:

Belirlenen sanal talepler ışığında ileriye yönelik talep tahminleri gerçekleştirilir. Fakat sanal talep değerleri düzeltme katsayısının bir sonucu olarak gerçek talep değerlerinden farklı çıkacağından, tahmin sürecinden önce sanal talep değerlerinin hataların geri yayılması yöntemiyle tekrar düzeltilmesi gerekmektedir.

Sanal talep hesabında arka arkaya iki dönem pozitif stok değeri ile karşılaşırsa, ikinci artı stok döneminden itibaren gerçek talep değerlerine eşit olmaya başlamaktadır. Bu dönem öncesindeki sanal talep değeri sistem kararlılığı sağlanması amacıyla, toplam sanal talep hatasının geri yayılımı yöntemiyle düzeltilmektedir. Düzeltilen bu yeni değer yardımıyla yapılan tahminlerin daha iyi sonuç verebileceği düşünülmektedir.

Adım 3: Perakendeci yeniden sipariş noktasının $r_{ij(k)}$ hesaplanması:

Perakendeci $r_{ij(k)}$ değeri koruma aralığı boyunca tahmini talep değerlerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır.

Adım 4: Perakendeciler için stok pozisyonu $I_{ij(k-1)}^P$ yeniden sipariş noktası $r_{ij(k)}$ kontrolü:

Perakendeci stok pozisyonu değeri ile önceki adımda belirlenen yeniden sipariş noktası değeri karşılaştırılır. Eğer stok pozisyonu, $r_{ij(k)}$ değerinden fazla ise sipariş oluşturulmaz ve sekizinci adıma geçilerek dağıtıcı stok yenileme parametreleri belirleme süreci gerçekleştirilir. Aksi halde beşinci adıma geçilerek N_k^* periyodu hesaplanır.

Adım 5: Perakendeciler için N_k^ periyodunun hesaplanması:*

Revize edilmiş SMA yardımıyla kaç periyot boyunca talebin karşılanması gerektiği belirlenir. Algoritmanın çalışabilmesi için her yeni N_k değeri için, yeni talep tahminleri ikinci adımda oluşturulan tahmin denklemi yardımıyla hesaplanır.

Adım 6: Perakendeci sipariş miktarı $Q_{ij(k)}$ değerlerinin hesaplanması:

Dördüncü adımda yapılan sipariş noktası, stok pozisyonu kontrolü sonucunda sipariş oluşturma kararı verilir ise, altıncı adımda belirlenen N_k^* değerinden stok pozisyonu $I_{ij(k-1)}^P$ değeri çıkarılarak perakendeci için sipariş miktarı hesaplanır.

Adım 7: Perakendeci taleplerinin karşılanması:

Altıncı adımda belirlenen sipariş miktarı $Q_{ij(k)}$ perakendeciye gönderilir. Toplam perakendeci talebi dağıtıcının önceki dönem stoğu $I_{i(k-1)}$ den büyük ise, oranlama gerçekleştirilerek her perakendeci siparişinin belli bir kısmı gönderilir.

Adım 8: Dağıtıcı talebinin belirlenmesi:

Altıncı adımda belirlenen $Q_{ij(k)}$ değerleri toplanarak k . periyot için talepler oluşturulur.

Adım 9: Dağıtıcı talep tahminlerinin yapılması:

Dağıtıcılar perakendeci taleplerinin tahmini sürecini kendileri üstlendiği için, perakendeci talep tahminlerinin bir fonksiyonu olarak kendi taleplerini belirlerler. Bu sayede talep tahmini hatalarının kademeler boyunca katlanarak yükselmesinin ve fazla değişkenlik gösteren sipariş kalıplarının önüne geçilecektir.

Adım 10: Dağıtıcı yeniden sipariş noktası $r_{i(k)}$ değerinin hesaplanması:

Yeniden sipariş noktası $r_{i(k)}$ değeri koruma aralığı boyunca perakendeci taleplerinin toplamından hesaplanır.

Adım 11: Dağıtıcı stok pozisyonu $I_{i(k-1)}^P$ yeniden sipariş noktası $r_{i(k)}$ kontrolü:

Dağıtıcılar da perakendeci kademesinde olduğu gibi stok pozisyonu ve yeniden sipariş noktası kontrolü gerçekleştirirler.

Adım 12: Dağıtıcı N_k^ periyodunun hesaplanması:*

Revize edilmiş SMA yardımıyla kaç periyot boyunca talebin karşılanması gerektiği belirlenir. Algoritmanın çalışabilmesi için her yeni N_k değeri için, yeni talep tahminleri, perakendeciler için gerçekleştirilen talep tahmini sürecinin devam ettirilmesi ile hesaplanır.

Adım 13: Dağıtıcı sipariş miktarı $Q_{i(k)}^o$ değerinin hesaplanması:

$N_{(k)}$ periyodu kadar talebi karşılayacak şekilde $Q_{i(k)}^o$ değeri, talep tahmini esaslı olarak belirlenir. Bu miktar üreticiden talep edilir.

SYE sistemindeki üretici kademesinde yürütülen işlemler ve süreçler klasik tedarik zinciri ile tamamen aynıdır.

4.1.3. Önerilen GSYE modeli

GSYE yaklaşımında perakendeciler, SYE sistemindeki gibi sadece stoklardan talep karşılama işlemini gerçekleştirmektedir.

Dağıtıcılar ise perakendeci stok yenileme sürecini gerçekleştirirken, kendi süreçlerinin kontrolünü üreticilere vermektedirler. Perakendeci için yeniden sipariş

Adım 3: Dağıtıcıların yeniden sipariş noktalarının $r_{i(k)}$ hesaplanması:

Koruma aralığı boyunca tahmini talep değerlerinin bir fonksiyonu olarak dağıtıcı $r_{i(k)}$ değeri hesaplanır.

Adım 4: Dağıtıcılar için stok pozisyonu $I_{i(k-1)}^P$ yeniden sipariş noktası $r_{i(k)}$ kontrolü:

Dağıtıcı stok pozisyonu değeri ile önceki adımda belirlenen yeniden sipariş noktası değeri karşılaştırılır. Eğer stok pozisyonu $r_{i(k)}$ değerinden yüksek ise sipariş oluşturulmaz ve sekizinci adıma geçilerek üretici stok yenileme parametreleri belirleme süreci gerçekleştirilir. Aksi halde beşinci adıma geçilerek sipariş miktarı hesaplanması sürecine devam edilir.

Adım 5: Dağıtıcılar için N_k^ periyodunun hesaplanması:*

Revize edilmiş SMA yardımıyla kaç periyot boyunca talebin karşılanması gerektiği belirlenir. Algoritmanın çalışabilmesi için her yeni N_k değeri için, yeni talep tahminleri ikinci adımda oluşturulan tahmin denklemi yardımıyla hesaplanır.

Adım 6: Dağıtıcı sipariş miktarı $Q_{i(k)}$ değerlerinin hesaplanması:

Dördüncü adımda yapılan sipariş noktası, stok pozisyonu kontrolü sonucunda sipariş oluşturma kararı verilir ise, altıncı adımda belirlenen N_k^* değerinden stok pozisyonu $I_{i(k-1)}^P$ değeri çıkarılarak dağıtıcı için sipariş miktarı hesaplanır.

Adım 7: Dağıtıcı taleplerinin karşılanması:

Altıncı adımda belirlenen sipariş miktarı $Q_{i(k)}$ hemen dağıtıcıya gönderilir. Toplam perakendeci talebi dağıtıcının önceki dönem stoğu $I_{(k-1)}$ den büyük ise, oranlama gerçekleştirilerek her perakendeci siparişinin belli bir kısmı gönderilir.

Adım 8: Üretici talebinin belirlenmesi:

Altıncı adımda belirlenen $Q_{i(k)}$ değerleri toplanarak k . periyot için talepler oluşturulur.

Adım 9: Üretici talep tahminlerinin yapılması:

Üreticiler, dağıtıcılarına ait taleplerinin tahmini süreçlerini kendileri üstlendiği için, dağıtıcı talep tahminlerini toplayarak dönem taleplerini belirlerler.

Adım 10: Üretici üretim noktası $r_{P(k)}$ değerinin hesaplanması:

Koruma aralığı boyunca dağıtıcı talep tahminlerinin toplam fonksiyonu olarak üretim noktası $r_{P(k)}$ hesaplanır.

Adım 11: Üretici önceki dönem stoğu $I_{P(k-1)}$ üretim noktası $r_{P(k)}$ kontrolü:

Üretici stok pozisyonu değeri ile önceki adımda belirlenen üretim noktası değerini karşılaştırılır. Eğer stok pozisyonu $r_{P(k)}$ değerinden fazla ise üretim kararı oluşturulmaz.

Adım 12: Üretici N_k^ periyodunun hesaplanması:*

Revize edilmiş SMA yardımıyla kaç periyot boyunca talebin karşılanması gerektiği belirlenir. Algoritmanın çalışabilmesi için her yeni N_k değeri için, yeni talep tahminleri, perakendeciler için gerçekleştirilen talep tahmini sürecinin devam ettirilmesi ile hesaplanır.

Adım 13: Üretici üretim miktarı $P(k)$ değerinin hesaplanması:

$N(k)$ periyodu kadar talebi karşılayacak şekilde $P(k)$ değeri talep tahmini bazlı olarak belirlenip bu miktar üretilecektir.

4.2. Sistem Performans Ölçütleri

TZY, SYE ve GSYE yaklaşımları için performans ölçütü olarak toplam tedarik zinciri maliyeti, kamçı etkisi değeri, sipariş erteleme miktarları ve stok miktarı seçilmiştir.

Performans ölçütü olarak toplam maliyet fonksiyonu literatürde yer alan şekliyle üç temel bileşeni içermektedir. k . dönemdeki toplam maliyet $C_{(k)}$; sabit sipariş maliyeti K , bir birimi elde bulundurmanın maliyeti h , bir birim sipariş erteleme maliyeti ρ ve ertelenen sipariş miktarı $B_{(k)}$ nin bir fonksiyonu olarak yazılır.

$$C_{(k)} = K + h \left[\frac{I_{(k-1)} + I_{(k)}}{2} \right] + \rho B_{(k)} \quad (4.1)$$

Kamçı etkisi temelde sipariş ve taleplerin değişkenliklerinin bir oranı şeklinde ifade edilebilir. Burada önemli olan hangi değişkenlik ölçütü kullanılacağıdır. Bazı çalışmalarda değişkenlik ölçütü olarak varyans alınırken, (Disney ve Towill, 2003a) diğer çalışmalarda standart sapmanın yüzdesel değeri ele alınmıştır. (Fransoo ve Wouters, 2000)

Çalışmamızda değişkenlik ölçütü olarak standart sapmanın yüzde değeri ele alınmış olup, temel model olarak Fransoo ve Wouters (2000) tarafından önerilen yaklaşım ele alınacaktır.

Bir tedarik zinciri elemanı için alt kademe tarafından talep edilen değer D_{in} ve aynı elemanın üst kademeden istediği değer D_{out} olmak üzere, değişkenlik ölçütleri SS_{in} ve SS_{out} aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$SS_{in} = \frac{\sigma_{D_{in}(k,k+T)}}{\mu_{D_{in}(k,k+T)}} \quad (4.2)$$

$$SS_{out} = \frac{\sigma_{D_{out}(k,k+T)}}{\mu_{D_{out}(k,k+T)}} \quad (4.3)$$

Kamçı etkisi değeri ω aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\omega = \frac{SS_{out}}{SS_{in}} \quad (4.4)$$

Perakendeci, dağıtıcı ve üretici kademesi için ω değerleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\omega_P = \frac{SS_{out}^P}{SS_{in}^P} \quad (4.5)$$

$$\omega_D = \frac{SS_{out}^D}{SS_{in}^D} \quad (4.6)$$

$$\omega_R = \frac{SS_{out}^R}{SS_{in}^R} \quad (4.7)$$

Üç kademeli bir zincir için kamçı etkisi değeri, toplam çıktı değişkenliğinin toplam girdi değişkenliğine oranı olarak ifade edilmektedir.

$$\omega = \omega_P \cdot \omega_D \cdot \omega_R = \frac{SS_{out}^P}{SS_{in}^P} \cdot \frac{SS_{out}^D}{SS_{in}^D} \cdot \frac{SS_{out}^R}{SS_{in}^R} \quad (4.8)$$

Zincir boyunca seri bağlı yapıda kademe toplam çıktısının üst kademe için toplam girdi değerlerine eşit olmaktadır. Bu bağlamda $SS_{out}^R = SS_{in}^D$ ve $SS_{out}^D = SS_{in}^P$ eşitlikleri yazılabilir. Bu eşitlikler 4.8. denkleminde yerine yazılırsa kamçı ifadesi aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir.

$$\omega = \frac{SS_{out}^P}{SS_{out}^D} \cdot \frac{SS_{out}^D}{SS_{out}^R} \cdot \frac{SS_{out}^R}{SS_{in}^R} = \frac{SS_{out}^P}{SS_{in}^R} \quad (4.9)$$

Elde edilen bu kamçı etkisi denklemini, son kademenin oluşturmuş olduğu sipariş veya üretim değerlerindeki değişkenliğin en alt kademedeki gerçek taleplerdeki değişkenliklere oranı olarak ifade edilmektedir.

Sipariş erteleme değerleri alt kademeye söz verilen dönemden geç teslim edilen her birim için denklem (4.1) deki hesaplanmaktadır.

Stok değerleri ise dönemlik olarak toplam sistem stoğunun ortalaması olarak hesaplanmaktadır.

4.3. Benzetim Modelinin Doğrulanması ve Geçerliliği

Benzetim modelleri kurulduktan sonra, kurulan modellerinin doğrulanması ve geçerliliğinin sağlanması gerekmektedir. Geçerli ve doğru olmayan modellerin ürettiği sonuçlar üzerinden önerme ve çıkarsama yapmak uygun olmayabilir.

Benzetim modellerinin doğrulanması “*kurulan modelin doğru olması*” şeklinde ifade edilebilir. (Banks ve diğerleri, 2010) Bu ifade “*kavramsal modelleme denklemlerinin uygun bir şekilde benzetim modeline aktarılması*” şeklinde açıklanabilir. Doğrulanması gereken modelde iki temel soruya cevap verilmesi gerekir. (Sokolowski ve Banks, 2009)

1. Benzetim modelinin programlama yapısı matematiksel kavramsal modeli tam olarak karşılıyor mu?
2. Benzetim modeli uygun biçimde veri seti sunulduğunda sonuç üretebiliyor mu?

Benzetim modellerinin geçerliliği ise “*doğru modelin kurulmuş olması*” şeklinde ifade edilebilir. (Banks ve diğerleri, 2010) Bu ifade “*kurulan kavramsal modelin gerçek sistemleri temsil edebilmesi durumu*” şeklinde açıklanabilir. (Sokolowski ve Banks, 2009) Gerçek sistemlerin kavramsal modeldeki ve yazılım uygulaması sonuçlarındaki temsil durumunun incelenmesi ile geçerlilik süreci gerçekleştirilir. Geçerlilik süreci, model sonuçları kabul edilebilir değerlere ulaşana kadar, yenileme ve güncelleme yapılarak gerçekleştirilir.

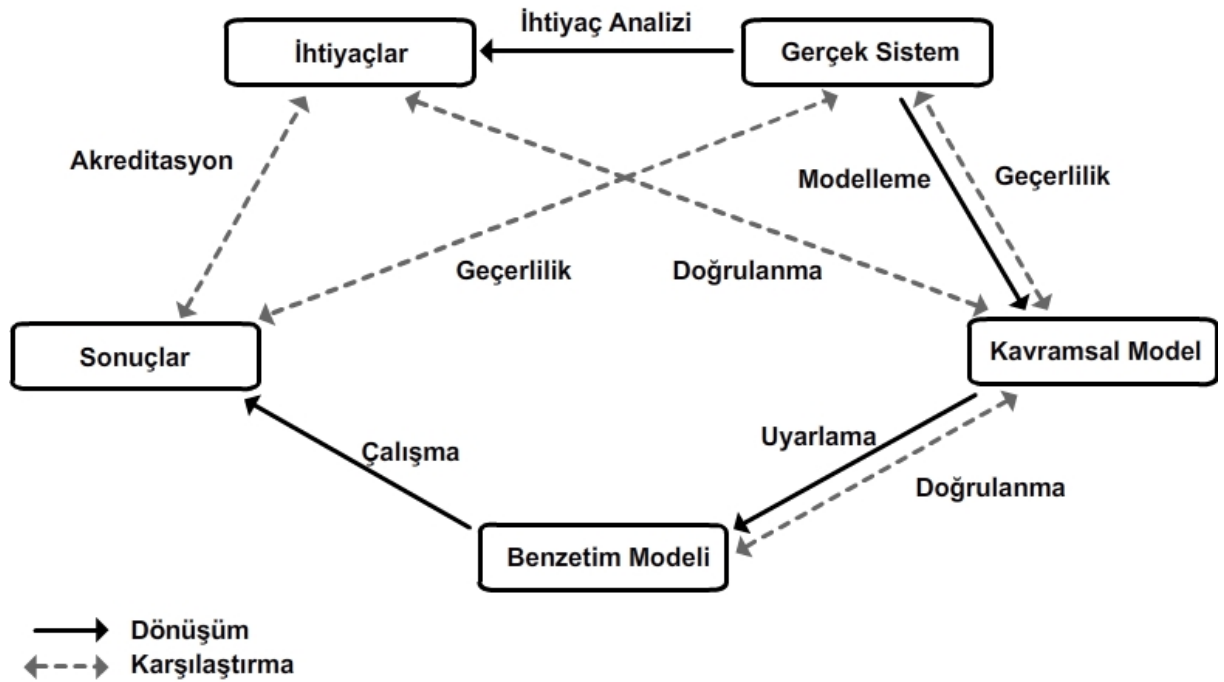
Model geçerliliği sürecinde iki sorunun cevabı araştırılır. (Sokolowski ve Banks, 2009)

1. Benzetim modelinin sonuçları gerçek sistemlerin sonuçlarına ne kadar yaklaşımaktadır?
2. Hangi girdi aralığında benzetim modeli sonuçları değerlendirilebilir ve kullanılabilir?

Modelin geçerliliğinin araştırılması süreci çoğu zaman analiz sonuçlarının sezgisel değerlendirilmesi ile modelin geçerli olduğu kabulü şeklinde gerçekleştirilir. Gerçek sistem sonuçlarına her zaman ulaşılması mümkün olmadığından, geçerlilik süreci gerçek sistem hakkında yapılan önermeler ile benzetim yazılımı sonuçlarının karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilebilir. Örneğin düşük stoklama önermesi ile kurulan modelin, kavramsal yapısı doğru ise model sonuçlarında stokların düşük olması beklenir. Eğer tersi bir durum gerçekleşirse, geçerlilik durumu sağlanmadığından, sistematik yapı gerekirse başka uzmanlar yardımıyla incelenerek gerekli düzeltmeler gerçekleştirilir.

Geçerlilik sürecinde araştırılan bir diğer unsurda, hangi durumlarda benzetim uygulamalarının uygun sonuçlar üreteceğidir. Bu bağlamda modellerin kullanılacağı sektörler, veri yapıları, tedarik ağları gibi değişkenler incelenerek, gerekli kısıtlamalar belirlenebilir. (Sokolowski ve Banks, 2009)

Bir benzetim modelinin doğrulanması ve geçerliliğinin araştırılması süreci Şekil 4.8 de sunulmuştur.



Şekil 4.8. Benzetim modellerinin doğrulanması ve geçerliliği süreci gösterimi (Sokolowski ve Banks, 2009)

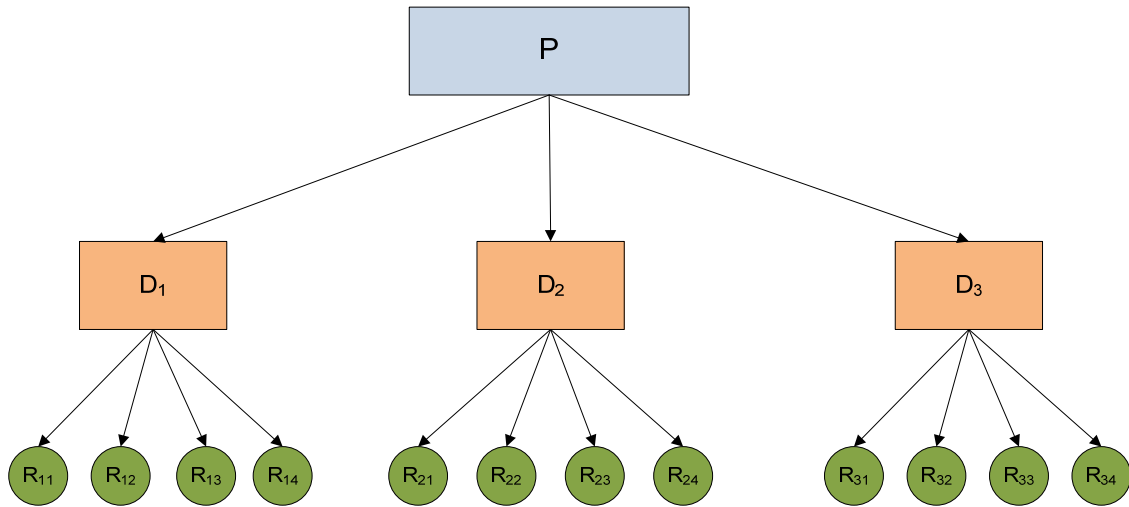
Çalışmamızda benzetim modelinin doğrulanması amacıyla, kavramsal model denklemleri elle çözülerek, aynı veri seti için benzetim uygulaması sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma sürecinde stok yenileme parametreleri olan yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı değerleri hesaplanacaktır.

Geçerlilik sürecinde ise, SYE ve GSYE sistemleri hakkında literatürde yer alan çalışma sonuçları incelenerek, yeni tasarlanan kavramsal model yapısı sonuçları ile karşılaştırılması düşünülmektedir. Çalışmalar incelendiğinde, SYE ile toplam zincir maliyetlerinin düşebileceği, (Achabal ve diğerleri, 2000; Tyan ve Wee, 2003; Bichescu ve Fry, 2007), kamçı etkisinin azalabileceği, (Disney ve Towill, 2003a; Disney ve diğerleri, 2004; Miao ve diğerleri, 2003; Lin ve diğerleri, 2010) sipariş erteleme oranlarının yükselebileceği, (Çetinkaya ve Lee, 2000) ve stok miktarlarının düşebileceği (Achabal ve diğerleri, 2000; Tyan ve Wee, 2003) öngörülmektedir. Bu bağlamda belirlenen, toplam zincir maliyeti, kamçı etkisi, sipariş erteleme ve stok miktarı değerleri bakımından incelenerek, sonuçların değerlendirilmesi ile geçerlilik süreci gerçekleştirilmeye çalışılacaktır.

Doğrulanma ve geçerlilik sürecinde model denklemlerinin elle ve benzetim yazılımı ile ayrı ayrı çalıştırılması gerekmektedir. Kavramsal modeldeki denklemlerdeki hesaplama zorlukları göz önüne alınarak, modelin kısa dönemde çalıştırılması düşünülmektedir. Ayrıca olası başlangıç etkisi durumunda sonuçların yorumlanabilmesi durumu da dikkate alınarak, belirlenen parametre ve veri setleri ile modellerin 120 dönemlik (4 aylık) süreçte çalıştırılması uygun görülmüştür.

4.3.1. Modelin kısa dönemde çalıştırılması

Matematiksel model yapısının, i dağıtıcı ve j perakendeci için esnek bir yapıda olmasından dolayı, modelin test edilebilmesi için gerekli kademe elemanı sayısında bir kısıtlama söz konusu olmamaktadır. Bu durum dikkate alınarak kurulan TZ yapısında bir üretici, üç dağıtıcı ve bu dağıtıcılara bağlı dörder tane perakendeci bulunmaktadır. (Şekil 4.9)



Şekil 4.9 . Geçerlilik ve doğruluğun araştırılması için kurulan örnek TZ modeli

TZY, SYE ve GSYE modelleri aynı tedarik ağı yapısı için, seçilen parametreler ve belirlenen girdi seti ile çalıştırılıp, geçerlilikleri ve doğrulukları değerlendirilecektir.

Çalışmada SYE modelinde sadece üçüncü dağıtıcı ile bağlı perakendecileri arasında bir SYE antlaşması olduğu varsayılmıştır. Ağın geri kalanı klasik tedarik zinciri yaklaşımları ile yönetilmektedir.

4.3.1.1. Model girdileri

Benzetim modelinin geçerliği ve doğruluğunun araştırıldığı test modeline girdi olarak 120 dönemlik perakendeci talepleri, teslim ve üretim süreleri girilecektir.

Perakendeci talepleri “*The U.S. Energy Information Administration (EIA)*” kurumunun internetten kullanıma açtığı verilerden türetilmiştir. Veriler bir petrokimya ürününün 25 yıllık aylık talep değerlerinden oluşmaktadır. Kısa dönem çalıştırma süreci için gerekli olan 12 perakendeciye ait 120 dönemlik veriler, 300 aylık verilerden her biri 4 aylık olacak ve birbiri ile eşdeğer olmayacak şekilde belirlenen 297 örnek veriden rastgele örneklem çekilip, rassal şekilde perakendecilere atanması şeklinde oluşturulmuştur. Bu kısımdaki “297 örnek” ifadesi birbiri ile aynı olmayan en fazla sayıdaki örnek sayısı değerini karşılamaktadır. DSKP sisteminin çalışması için gerekli olan günlük veriler ise, belirlenmiş olan 4 aylık örneğin her ayına ait değerlerin normal dağılıma uyacak şekilde %3 standart sapma ile MS Excel programının rassal sayı üretme fonksiyonu yardımıyla oluşturulmuştur. Bu işlem sırasında her ayın 30 gün olduğu varsayılmıştır.

Teslim ve üretim süreleri verileri ise yine MS Excel programı yardımı ile ortalaması 4.5 ve standart sapması 0.5 olacak şekilde normal dağılımla rassal olarak üretilmiştir.

4.3.1.2. Model parametreleri

Benzetim modelinin çalışması için, teslim sürelerinin ortalaması ve standart sapması, birim maliyet değerleri, başlangıç stoğu miktarı, müşteri hizmet seviyesi, talep tahmini düzeltme katsayıları ve sipariş erteleme beklenen değeri başlangıç parametrelerine ihtiyaç vardır.

Teslim süreleri ortalamaları ve standart sapmaları her kademe elemanı için sırasıyla 4.5 ve 0.5 olarak alınmıştır. Üretim süreleri değerleri de teslim süreleri ile aynı alınmıştır.

Birim maliyet değerleri; sabit sipariş, elde bulundurma ve sipariş erteleme maliyetlerini kapsar. Test modeli için seçilen parametreler aşağıdaki tabloda sunulmuştur. (Tablo 4.1) Tabloda birimler “pb (para birimi)” olarak ifade edilmektedir.

Tablo 4.1. Geçerlik ve doğrulama modeli için belirlenen birim maliyet değerleri

Kademe Elemanı	Sabit Sipariş Maliyeti (K)	Birim Elde Bulundurma Maliyeti (h)	Birim Sipariş Erteleme Maliyeti (ρ)
P	60000	0,20	2
D_1	25000	0,25	2,5
D_2	25000	0,25	2,5
D_3	25000	0,25	2,5
R_{11}	6000	0,30	3
R_{12}	6000	0,30	3
R_{13}	6000	0,30	3
R_{14}	6000	0,30	3
R_{21}	6000	0,30	3
R_{22}	6000	0,30	3
R_{23}	6000	0,30	3
R_{24}	6000	0,30	3
R_{31}	6000	0,30	3
R_{32}	6000	0,30	3
R_{33}	6000	0,30	3
R_{34}	6000	0,30	3

Başlangıç stoğu değerleri tahmini talep ve yeniden sipariş noktaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Böylece olası başlangıç etkisinin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda belirlenen değerler tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Geçerlik ve doğrulama modeli için belirlenen başlangıç stoğu değerleri

Kademe Elemanı	Başlangıç Stoğu	Kademe Elemanı	Başlangıç Stoğu
P	80000	R_{21}	10000
D_1	40000	R_{22}	10000
D_2	40000	R_{23}	10000
D_3	40000	R_{24}	10000
R_{11}	10000	R_{31}	10000
R_{12}	10000	R_{32}	10000
R_{13}	10000	R_{33}	10000
R_{14}	10000	R_{34}	10000

Müşteri hizmet seviyesi değeri her kademe elemanı için %95 olarak belirlenirken, üstel düzeltmeler tahmin yöntemi düzeltme katsayıları $\alpha = 0,2$ ve $\beta = 0,2$ olarak seçilmiştir.

Sistemin üretim ve stoklama kısıtları olmadığından çok az sayıda sipariş erteleyeceği düşünülmektedir. Bu durumdan dolayı beklenen sipariş erteleme miktarı değeri sıfır olarak belirlenmiştir.

4.3.2. Benzetim modelinin doğruluğunun değerlendirilmesi

Benzetim modelinin doğrulanması için, kavramsal modelde tasarlanan formüllerin sonuçları hesaplanarak, yazılım sonuçları ile karşılaştırılması gerçekleştirilmelidir. Bu bağlamda sistem parametreleri olan yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı değerleri hesaplanıp modelin geçerliği incelenecektir.

Yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı değerlerini belirleyebilmek için öncelikle o dönemlere ait talep tahminlerine ulaşmamız gerekmektedir. Örnek olarak TZY modelindeki üçüncü dağıtıcıya bağlı üçüncü perakendeci (R_{33}) için, 51. dönemde yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı değerleri belirlenmeye çalışılacaktır.

Yeniden sipariş noktası değerlerini hesaplayabilmek için koruma aralığı değeri olan $L+I$ dönemlik talep tahminlerine ihtiyaç vardır. Ortalama değeri tamsayıya tamamlanırsa, gerekli olan talep tahmini dönemi değeri 6 olarak bulunur. Sipariş

miktarı değeri hesaplanırken de ek olarak talep tahmini gerektiği için model içerisinde her zaman $2 * (L + 1)$ dönemlik talep tahminleri hesaplanmaktadır. R_{33} için 65. dönemde gerçekleştirilen talep tahminleri yazılımdan çekilerek aşağıda sunulmuştur. (Tablo 4.3)

Tablo 4.3. R_{33} perakendecisi için 65. dönemde yapılan sonraki 12 dönemlik talep tahmini değerleri

Tahmin Dönemi	Tahmin Değeri	Tahmin Dönemi	Tahmin Değeri
65	2493,09	71	2234,33
66	2449,96	72	2191,20
67	2406,84	73	2148,07
68	2363,71	74	2104,94
69	2320,58	75	2061,82
70	2277,45	76	2018,69

Yeniden sipariş noktası denkleminde yer alan ifadeleri ayrıştırarak R_{33} perakendecisi için 46.dönemdeki yeniden sipariş noktası Tablo 4.4 de sunulmuştur. Tabloda yer alan ifadelerden hizmet seviyesi değeri belirlenen yüzde için normal dağılım tablosundan çekilmiştir. Talep tahmini varyansları ise tahmin değerinin ortalama değerden çıkarılmasının karesi şeklinde hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. R_{33} perakendecisi için yeniden sipariş noktası hesabı

Denklem İfadesi	İfade açıklaması	Hesaplama Değeri
$\sum_{y=1}^6 R_{33}F_{65+y-1}$	Koruma aralığı boyunca toplam talep tahmini değeri	14311,63
$\Phi^{-1}(0,95)$	Perakendeci için hizmet seviyesi	1,6449
$\sum_{y=1}^5 \sigma_{D_{65+y-1}}^2$	Talep tahminleri varyansları toplamı	32549,55
$\frac{(\sum_{y=1}^5 R_{33}F_{65+y-1})}{6}$	Koruma aralığı boyunca ortalama talep	2385,27
$\sigma_{L_k}^2$	Teslim süresi varyansı	0,25

Tablo 4.4 deki değerler ışığında yeniden sipariş noktası aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$r_{33(51)} = 14311,63 + 1,6449 * \sqrt{32549,55 + (2385,27)^2 * 0,25} = 16296$$

Geliştirilen yazılımda da aynı dönem için yeniden sipariş noktasını 16296 olarak bulmuştur ve bu değer formülle hesaplanan değere eşittir. (Bkz. Ek A)

R_{33} perakendecisinin stok pozisyonu 15740 değeri $r_{33(51)}=18551$ değerinden küçük olduğundan sipariş oluşturulması kararı verilir. Buradaki stok pozisyonu teslim alınmamış sipariş toplamı 5959 değeri ile önceki dönem sonu stok değeri 9781 in toplamı şeklinde hesaplanır. Benzetim uygulaması ile N_k^* değeri 3 bulunmuştur. Bu durumda Q değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. (Tablo 4.5)

Tablo 4.5. R_{33} perakendecisi için sipariş miktarı hesabı

Denklem İfadesi	İfade açıklaması	Hesaplama Değeri
$\sum_{y=1}^8 R_{33}F_{65+y-1}$	$\mu_L + N_k^* = 8$ dönemlik toplam talep tahmini değeri	18737,15
$\Phi^{-1}(0,95)$	Perakendeci için hizmet seviyesi	1,6449
$\sum_{y=1}^8 \sigma_{D_{65+y-1}}^2$	Talep tahminleri varyansları toplamı	78118,93
$\frac{(\sum_{y=1}^8 R_{33}F_{65+y-1})}{8}$	$\mu_L + N_k^* = 8$ dönemlik ortalama talep	2342,14
$\sigma_{L_k}^2$	Teslim süresi varyansı	0,25

Tablo 4.5 deki değerler ışığında sipariş miktarı değeri, stok pozisyonun 15740 olduğu göz önüne alınarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_{33(51)} = 18737,15 + 1,6449 * \sqrt{78118,93 + (2342,14)^2 * 0,25} - 15740 = 4977$$

Hesaplama sonucu bulunan $Q_{33(51)} = 4977$ değeri benzetim uygulaması sonucu ile aynıdır. (Bkz. Ek A)

Sipariş parametre değerlerinin kavramsal modelde oluşturulan formülleri ile uygulama sonuçları aynı olduğundan benzetim modelinin doğrulandığı sonucuna ulaşılabilir.

4.3.3. Benzetim modelinin geçerliliğinin değerlendirilmesi

Benzetim modeli doğruluğunun ispatı için öncelikle kavramsal modelin, oluşturulan sistem yaklaşımlarıyla elde edilecek sonuçlar için öngörülerin belirlenmesi gerekmektedir.

Performans ölçütleri bazında değerlendirirsek, GSYE sisteminin en az kamçı etkisi, maliyet ve stok değerlerine ulaşması beklenmektedir. Sipariş erteleme miktarları ise stoklarda beklenen yüksek düşüşler nedeniyle TZY yaklaşımına göre bir miktar yükselebilir. (Çetinkaya ve Lee, 2000)

SYE sistemi ise uygulamanın temeli olan D_3 dağıtıcısında GSYE modeli öngörülerini sağlaması beklenmektedir. Bu durumdan dolayı TZY sistemlerine göre maliyet değerleri, stok ve kamçı etkisi değerlerinde tüm sistem göz önüne alındığında, GSYE sistemi kadar olmasa da bir miktar iyileştirme sağlayabilir.

TZY sistemi ise dört ölçüt açısından sipariş erteleme miktarı dışında diğer modellerden iyi olması beklenmemektedir.

120 dönemlik çalıştırma sürecinin ilk yarısı, olası başlangıç etkisinin azaltılması amacıyla değerlendirme sürecine alınmamıştır.

60 dönemlik sipariş kalıplarından elde edilen kamçı etkisi değerleri aşağıdaki gibidir. (Tablo 4.6)

Tablo 4.6. Doğrulanma ve geçerlilik modeli kamçı etkisi değerleri

Model	Kamçı Etkisi Değeri
TZY	17,41
SYE	13,86
GSYE	12,53

Kamçı etkisi değerleri incelendiğinde beklenen durum oluşmuştur. GSYE modeli diğer iki modele göre daha düşük kamçı değerine sahiptir.

Toplam maliyet değerleri ise; maliyet kalemleri bazlı olarak aşağıda sunulmuştur. (Tablo 4.7)

Tablo 4.7. Doğrulanma ve geçerlilik modeli toplam ağ maliyeti değerleri

	Sabit Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Sipariş Erteleme Maliyeti	Toplam Maliyet
TZY	2.476.000	5.971.788	0	8.447.788
SYE	2.503.000	5.676.867	110.770	8.290.637
GSYE	2.823.000	4.712.690	8.638	7.544.328

Yukarıdaki tabloyu incelediğimizde maliyet değerleri TZY sisteminden GSYE sistemine doğru düşmektedir. Ayrıca SYE felsefesi gereği daha fazla sipariş oluşturulması ve daha az stok tutulması beklenen bir durumdur. Bu açıdan baktığımızda GSYE sistemi en yüksek sabit sipariş maliyeti ve en düşük elde bulundurma maliyeti değerlerine ulaştığı görülmekte, ve kavramsal yapı içerisinde öngörülen durum gerçekleşmektedir. Tablo 4.7 de beklenmeyen durum SYE sisteminin fazla sipariş erteleme maliyetidir. Bu durum ise kısa dönemde elemine edilmesi çok zor olan benzetim başlangıç etkisi ile açıklanabilir. Kademe esaslı ayrıntılı maliyet değerleri tablosu EK-B de sunulmuştur.

Sipariş erteleme durumu ise aşağıdaki tablo 4.8 de verilmektedir.

Tablo 4.8. Doğrulanma ve geçerlilik modeli sipariş erteleme değerleri

Model	Sipariş Erteleme Miktarı
TZY	% 0,00
SYE	% 1,49
GSYE	% 0,12

SYE sistemlerinde sipariş erteleme değerlerinin TZY sistemlerine yakın olması veya azalması, GSYE sistemlerinde ise bu değerlerin yükselmesi beklenmektedir. Bu açıdan bakınca SYE yaklaşımı ile ertelenen %1,49 luk miktarın çok yüksek olmadığı ve kısa dönemde benzetim uygulamaları başlangıç etkisinin tamamen elemine edilemeyeceği durumları dikkate alınarak, kavramsal model önermeleri dışında değerlendirilmeyecektir.

Sistem stokları kademe bazlı olarak tablo 4.9 da sunulmuştur.

Tablo 4.9. Doğrulanma ve geçerlilik modeli stok değerleri

Model	Perakendeci Stokları	Dağıtıcı Stokları	Üretici Stokları	Toplam Stoklar
TZY	78067	122705	227166	427939
SYE	78077	104781	224981	407839
GSYE	78077	131744	110928	320750

Stok değerleri GSYE sisteminde en az değerlere ulaşırken, bu durum üretici stoklarındaki düşüşler sonucudur. Sistemin odak noktasında üretici olduğundan, stokların bu kademedeki düşüşü beklenmektedir. SYE sistemlerinde ise üçüncü dağıtıcı odak noktası olduğundan toplam dağıtıcı stoklarında önemli düşüşler gözlemlenmektedir.

Performans ölçütleri yardımıyla, kısa dönem çalıştırma sonuçları üzerinde yapılan analizler sonucunda, kurulan benzetim modeli geçerliliğinin sağlandığı sonucuna ulaşılabilir.

BÖLÜM 5. DENEYSEL TASARIM VE SONUÇLAR

Bu bölümde benzetim modeli uygulamasının gerçekleştirilebilmesi için, model varsayımlarının, girdi ve parametre setlerinin belirlendiği ve model çalışma süresinin hesaplandığı deneysel tasarım süreci gerçekleştirilecektir. Daha sonra yapılan deneysel tasarım sonucu elde edilen veriler, performans ölçütleri açısından karşılaştırılıp, yorumlanacaktır.

5.1. Deneysel Tasarım

Çalışmanın amacının gerçekleştirilmesi için kurulan benzetim modeli, farklı koşullar altında test edilerek, kurulan kavramsal yapının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla farklı veri setleri farklı senaryolar ile önerilen modeller üzerindeki deneylerin yapılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Benzetim modeli ile yapılacak TZY, SYE ve GSYE sistem karşılaştırmalarının sağlıklı yapılabilmesi için deneylerin tasarlanacağı tedarik ağı yapısının her üç model için farklı senaryolarda aynı olması gerekmektedir. Bu amaçla TZ ağı yapısı önceki bölümde kısa dönemde çalıştırılan bir üretici, üç dağıtıcı ve toplam on iki perakendecili yapı bu bölümde de kullanılmıştır.

Farklı senaryolarda uzun dönemlerde ve olay bağımlılıktan kurtarmak amacıyla yapılan tekrar çalıştırma süreçlerini göz önüne alarak C# dilinde hazırlanmış bir yazılımla sonuçlar elde edilmiştir.

Geliştirilen yazılımdan aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir.

- Yeniden sipariş noktası,
- Sipariş miktarı,
- Sipariş teslimat planları (teslim süresi ve teslim miktarı),

- Dönem sonu stok,
- Elde bulundurma, sabit sipariş ve sipariş erteleme maliyetleri

5.1.1. Modelin varsayımları

Modelin gerçekleştirilmesi için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır.

- Tedarik ağı içerisindeki perakendeciler sadece bağlı oldukları dağıtıcılardan sipariş oluşturmaktadırlar. Diğer dağıtıcılar ile herhangi bir ürün alışverişi gerçekleştirmemektedirler.
- Her kademe elemanı için stoklama kapasitesi ve dağıtım kapasitesi sınırsız olarak alınmıştır.
- Bütün ağ boyunca tek tip ürün dolaşımı gerçekleşmektedir.
- Başlangıç parametrelerinin her model ve kademe elemanı için belirli olduğu varsayılmıştır.
- Maliyet değeri parametreleri bütün modeller için belirli ve aynıdır.
- GSYE ve TZY modellerinde stok yönetimi gerçekleştirilirken alt kademeye ait maliyet değerlerinin bilindiği ve bu değerler üzerinden hesaplamaların gerçekleştirildiği varsayılmıştır.
- Her kademe elemanı üst kademedeki bir sipariş ile talep oluşturduğunda, üst kademe elemanı tahmini teslim süresini bildirir. Eğer ürün bu süreden geç teslim edilmiş ise, geç teslim edilen kısım sonraki dönemlerde gönderilmek üzere ertelendiği ve bu ertelemenin bir ceza maliyeti (sipariş erteleme maliyeti) olduğu kabul edilmiştir.
- Dönem içerisinde teslim alınan sipariş, önceki dönemlerden kalan herhangi bir ertelenmiş sipariş olduğu durumlarda hemen gönderilir.
- Sipariş sevkiyatları, önceki dönemden ertelenen sipariş olmadığı müddetçe dönem başlarında sisteme girilmiş olan değişken teslim süreleri dikkate alınarak gönderilir.
- Stoklama kayıpları, taşıma hataları ve üretim hattında kusurlu ürün durumu olmadığı varsayılmıştır.

- Benzetim modeli alıştırma dönemi gün olarak alınmış olup, bir ayın 30 gün ve bir yılın 360 gün olduğu varsayılmıştır.

5.1.2. Modelin girdileri

Benzetim modeli yazılımı için girdi seti olarak, perakendeci talepleri, teslim ve üretim süreleri değerlerinden oluşan veriler MS Excel programı yardımıyla sunulmaktadır.

Girdi setindeki talep değerleri “*The U.S. Energy Information Administration (EIA)*” kurumunun internetten kullanıma açtığı verilerden türetilmiştir. İnternette alınan temel veriler bir petrokimya ürününe ait 25 yıllık aylık talep değerlerinden oluşmaktadır. Girdi seti olarak bu talep verilerinin seçilmesinin amacı, verilerin gerçek piyasa koşulları ile şekillenip belirli bir dağılıma uymayacak şekilde değişkenlik göstermesidir.

Çalışmanın, modelleri karşılaştırma amacını gerçekleştirebilmesi için verilerin uzun dönemde işlenmesi gerekliliği vardır. Benzetim çalışmalarında ısınma zamanı (başlangıç etkisi) durumundan dolayı verilerin ancak belirli kısmı ile analiz gerçekleştirme imkanı olduğundan, karşılaştırma aralığının uzun kalabilmesi için yazılımların 3 yıla ile çalıştırılması düşünülmektedir. Kavramsal modelin sipariş politikası gereği günlük verilere ihtiyaç duyulduğundan aylık verilerin günlük değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir.

25 yıllık 300 aylık veriler her örnek birbirinden farklı olacak şekilde 265 örneğe bölünmüştür. Bu bölünme sırasında talebin zaman içinde değişim durumunun ortadan kalkmaması için, örnek setleri birbirini takip eden talep değerlerinden alınmıştır. Olası başlangıç etkisi durumunda karşılaştırmalı analizler için yeterli bir dönem sayısının kalabilmesi için, alıştırma dönemi uzunluğu fazla tutularak 3 yıl (36 ay) olarak belirlenmiştir. Her bir perakendeci için MS Excel programı vasıtasıyla 1-265 rakamları arasından, birbirinden farklı olmak koşulu ile 12 örnek çekilerek yine rassal olarak 12 farklı perakendeciye atanmıştır. Perakendecilere atanmış olan aylık veriler ise %3 lük standart sapma koşulu ile normal dağılıma uygun şekilde

rassal olarak günlük değerlere dönüştürülmüştür. Dönüştürme işleminde her ay 30 gün olarak kabul edilmiş ve toplam 1080 dönemlik veri elde edilmiştir. Dönüştürme sonucunda bir aylık rassal değerler toplamı, aylık gerçek toplam talebe eşit olmaktadır.

Teslim süreleri verileri ise yine MS Excel programı yardımı ile ortalaması ve standart sapması, farklı teslim zamanı senaryolarına göre belirlenerek, normal dağılımla rassal olarak üretilmiştir.

5.1.3. Model parametreleri

Model parametreleri yazılım başlangıcında, her üç tedarik zinciri yaklaşımında aynı olmak üzere senaryo bazlı olarak belirlenmektedir. Benzetim uygulaması için belirlenen başlangıç parametreleri aşağıdaki gibidir.

- Talep tahminin katsayıları
- Müşteri hizmet seviyesi
- Başlangıç stokları
- Sanal talep düzeltme katsayısı (SYE ve GSYE sistemleri için)
- Teslim ve üretim süreleri ortalamaları ve standart sapmaları
- Sabit sipariş, elde bulundurma ve sipariş erteleme birim maliyet değerleri
- Beklenen sipariş erteleme oranı (Tedarik kıtlığı senaryolarında)

Çalışmamızda model güvenirliliğini sağlamak amacıyla farklı koşullar altında test etme gerekliliğinden dolayı, farklı senaryolar tasarlanmıştır. Tedarik kıtlığı, sipariş miktarının ve teslim sürelerinin farklılaşması koşullarına göre üç farklı senaryo yapısı kurulmuştur. Her üç senaryo yapısında birim maliyet değerleri, teslim ve üretim süreleri ortalama ve standart sapmaları ve beklenen sipariş erteleme oranı model parametreleri farklılıklar göstermesine rağmen, üstel düzeltme katsayıları, müşteri hizmet seviyesi, başlangıç stoğu ve sanal talep düzeltme katsayısı değerleri aynıdır.

Talep tahmini yöntemi parametreleri olan üstel düzeltme katsayıları her üç model için belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla talepleri belirli olan perakendeci kademesi verilerinden çekilen 10 adet örnek üzerinde α ve β değerlerinin 0,05, 0,1 ve 0,2 olarak alınması ile ortalama mutlak hata oranları karşılaştırılmış ve en iyi parametre ikilisi belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 5.1 deki ortalama mutlak hata değerleri incelendiğinde, en düşük talep tahmini hatasını öngören $\alpha = 0,2$ ve $\beta = 0,2$ değerleri seçilmiştir.

Tablo 5.1. Üstel düzeltme parametre setleri için ortalama mutlak hata değerleri tablosu

Örnek No	Üstel Düzeltme Parametreleri								
	$\alpha = 0,05$ $\beta = 0,05$	$\alpha = 0,05$ $\beta = 0,1$	$\alpha = 0,05$ $\beta = 0,2$	$\alpha = 0,1$ $\beta = 0,05$	$\alpha = 0,1$ $\beta = 0,1$	$\alpha = 0,1$ $\beta = 0,2$	$\alpha = 0,2$ $\beta = 0,05$	$\alpha = 0,2$ $\beta = 0,1$	$\alpha = 0,2$ $\beta = 0,2$
1	212,3	192,3	195,8	128,6	122,5	127,8	88,5	88,6	88,2
2	283,3	274,3	297,7	181,6	180,6	184,0	128,0	128,9	130,9
3	260,2	273,2	267,4	163,7	166,6	169,1	114,1	114,4	110,9
4	198,0	182,0	204,1	123,3	122,4	120,0	84,5	83,3	83,7
5	274,2	292,8	294,8	176,3	176,9	171,4	119,9	118,1	119,9
6	323,9	301,4	340,2	202,8	205,7	204,0	139,2	139,5	140,8
7	143,2	140,9	151,3	89,4	90,6	87,3	61,6	60,7	59,2
8	198,7	219,9	231,4	134,8	137,7	131,5	92,1	91,6	89,7
9	281,3	271,9	233,9	170,7	159,5	172,8	117,3	117,4	118,8
10	177,9	159,2	168,9	105,8	102,8	105,8	70,9	71,0	70,4
Ort. Mutlak Hata	235,3	230,8	238,6	147,7	146,5	147,4	101,6	101,3	101,2

Müşteri hizmet seviyesi de üç farklı TZ kademesi için aynı olmak koşulu ile 0,95 olarak belirlenmiştir.

Bütün benzetim çalışmalarında kullanılacak olan başlangıç stoğu değerleri üretici için 150.000, her bir dağıtıcı için 100.000 ve her bir perakendeci için 50.000 olarak belirlenmiştir.

Sanal talep düzeltme katsayısının doğru belirlenmesi SYE ve GSYE sistemleri için çok önemlidir. Sanal talebin sadece negatif stok durumunda hesapladığı üçüncü bölümde belirtilmiştir. Bu bilgi ışığında negatif stoktan hemen kurtulmak için daha yüksek talep tahmini değeri ile sanal talep oluşturulması gerektiğinden, bu değer

pozitif ve birden büyük olarak oluşturulması uygun olabilir. Talep tahminleri yanlış dahi olsa geçmiş talep kalıpları hakkında bilgi verebilir. Bu bağlamda d katsayısının talep tahminlerinin bir fonksiyonu şeklinde yazılması uygun olacaktır.

Önerilen modelde düzeltme parametresi, önceki son on dönemdeki en büyük talep tahmini değeri olarak seçilmiştir. Son on dönemdeki en büyük talep tahmini değeri $F_{ij(EB)}$ iken sanal talep düzeltme katsayısı d değeri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$d = \frac{F_{ij(B)}}{F_{ij(k-1)}} \quad (5.1)$$

(5.1) denklemini (3.20) sanal talep denkleminde yerine yazılırsa sanal talep değeri son on dönemki en yüksek talep değerine eşit olacaktır.

$$D_{ij(k-1)}^v = F_{ij(B)} \quad (5.2)$$

Bu değer sadece SYE sistemindeki üçüncü dağıtıcıya bağlı perakendecilerde ve GSY sisteminde üretici hariç diğer kademe elemanlarında yukarıdaki formül ışığında dinamik olarak yazılım içerisinde hesaplanmaktadır.

5.1.3.1. Sipariş miktarı değişkenliği senaryoları

DSKP sistemlerinde sipariş miktarları SMA algoritması ile elde edilen dönem değerine bağlı olarak değişmektedir. Bu dönem değerleri yüksek çıkarsa sistem boyunca oluşturulan siparişlerin boyutu da yükselecektir. Bu durumun üç model açısından etkisinin araştırılacağı deneylerin SMA yapısı dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir.

SMA sabit sipariş maliyeti değerlerinin düşürülmesi veya elde bulundurma maliyetlerinin yükseltilmesi ile algoritma daha düşük dönem değerleri üretecektir. Bu bağlamda iki maliyet kalemi elde bulundurma ve sipariş erteleme maliyetleri sabit tutularak, sabit sipariş maliyetlerinin değiştirilmesi ile sipariş miktarlarının

değişimi sağlanacaktır. Bu amaçla üç farklı, kademe bazlı sabit sipariş maliyeti parametre seti sisteme girilecektir. K_1 senaryosu düşük, K_2 senaryosu orta ve K_3 senaryosu yüksek sabit sipariş maliyetleri değerlerini karşılamak üzere, her üç senaryo için birim sabit sipariş maliyeti değerleri Tablo 5.2 de verilmiştir.

Tablo 5.2. Sipariş miktarı değişkenliği senaryoları için sabit sipariş maliyeti değerleri

Senaryo	Sabit Sipariş Maliyeti (pb)		
	Üretici	Dağıtıcı	Perakendeci
K_1	40000	15000	4000
K_2	50000	20000	5000
K_3	60000	25000	6000

Her üç senaryo için elde bulundurma maliyetleri üretici için 0,20, dağıtıcılar için 0,25 ve perakendeciler için 0,30 dur. Sipariş erteleme maliyeti ise sırasıyla 2, 2.5 ve 3 olarak belirlenmiştir.

5.1.3.2. Tedarik kıtlığı durumu senaryoları

Tedarik zincirlerinde üst kademede meydana gelen bir kıtlık sonucunda, alt kademe firması oranlama oyunu gerçekleştirmektedir. Bu oranlama oyunu ise kamçı etkisinin en önemli nedenlerindedir. Bu bağlamda kıtlık varlığı ile KE ilişkisi incelenmesi gerekmektedir. Tedarik kıtlığının olmadığı (T_1), tedarik kıtlığının toplam 50 dönemde olduğu (T_2) ve tedarik kıtlığının toplam 100 dönemde olduğu (T_3) üç farklı senaryo tasarlanarak, bu kıtlık durumundaki sistem performansları değerlendirilmiştir. T_2 ve T_3 senaryoları için kıtlık dönemi başlangıcı ve kıtlık uzunluğu Tablo 5.3 de verilmiştir.

Tablo 5.3. Tedarik kıtlığı durumu senaryoları için kıtlık başlangıç dönemi ve uzunluğu

T_2 Senaryosu		T_3 Senaryosu	
Başlangıç Dönemi	Kıtlık Uzunluğu	Başlangıç Dönemi	Kıtlık Uzunluğu
211	8 dönem	99	12 dönem
430	9 dönem	153	8 dönem
614	10 dönem	238	10 dönem
850	11 dönem	380	10 dönem
988	12 dönem	530	11 dönem
		596	11 dönem
		664	9 dönem
		748	9 dönem
		849	10 dönem
		985	10 dönem
TOPLAM	50 dönem	TOPLAM	100 dönem

Ortalama teslim ve üretim sürelerinin dörder dönem olduğu göz önüne alınarak, sistem boyunca ortalama koruma aralığı beş dönem olduğu varsayılabilir. T_2 senaryosu için ortalama on dönemlik beş kıtlık durumunun 1080 dönemde ortaya çıktığı Tablo 5.3 den anlaşılmaktadır. Koruma aralığını karşılayacak kadar stok miktarının stoklarda olabileceği öngörülürse, her bir kıtlık durumunda yaklaşık beş dönemlik erteleme olabilir. 1080 dönem toplam çalışma sürecinde T_2 senaryosu için toplam beş adet kıtlık olduğu dikkate alındığında 25 dönemlik bir erteleme ihtimali hesaplanabilir. Yüzdesel olarak bu değeri ifade edersek toplam sipariş miktarlarının % 2,5 inin sonraki dönemlere karşılanmak üzere ertelenebileceği öngörülebilir. T_3 senaryosu için de beklenen sipariş erteleme oranı da, T_2 senaryosundaki gibi hesaplanırsa yaklaşık olarak % 5 olarak bulunabilir. Bu tahmin edilen sipariş erteleme miktarlarının, SMA hesabında elde bulundurulan miktar değerleri belirlerlerken dikkate alınması gerekir.

Önceki bölümlerde de vurgulandığı gibi, herhangi bir tedarik kıtlığı durumunda TZY sistemlerinde ve SYE sistemlerinin bir kısmında oranlama oyunu oynanmaktadır. Oranlama oyunu, firmaların sipariş yönetiminden sorumlu bölüm yöneticileri tarafından, tecrübelerine dayalı oluşturulan ve olması gereken sipariş kalıplarının dışında gerçekleşen sipariş miktarları belirlendiği bir süreçtir. Bu süreçte amaç aynı ürünü, aynı dağıtıcıdan tedarik eden firmalar arasında bir kıtlık durumunda olası en yüksek miktarda ürünü üst kademedeki almaya çalışmaktır. Planlamacılar bu

durumlarda sipariş miktarlarını, beklenen değerlerin çok üstüne çıkarmak için farklı yöntemler izleyebilir. Tamamen endüstri koşulları, firma kaynakları ve kapasiteleri ile alakalı olan bu durum, sayısal kısıtlar altında sezgisel bir karar alma sürecini gerektirebilir. Bu bağlamda çok fazla değişken olan bu karar alma sürecini modelleyebilmek oldukça zordur. Çalışmamızda bu koşullar dikkate alınarak, bir oranlama yöntemi belirlenip her tedarik kademesi elemanında aynı olacak şekilde üç farklı modelde uygulanması amaçlanmaktadır.

Tedarik ağlarında alt kademe elemanının oranlama oyununu oynayabilmesi için üst kademede ki kısıtlı durumunu fark edebilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada üst kademeden sipariş teslimatının kısmi olduğu durumlarda “tedarik kıtlığı” olduğu düşünülerek, sipariş kalıplarının değiştirilmesi süreci gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda siparişler kısmi teslimat anında stok pozisyonu dikkate alınmayarak hesaplanmakta ve teslim alınmayan toplam miktar verilecek sonraki siparişin üstüne eklenmektedir. Örneğin ortalama 5000 birim sipariş veren bir perakendeci, 1000 birimlik kısmi sipariş teslimatı anında, sonraki siparişi 4000 birim arttırarak oluşturmaktadır. Böylece sipariş beklenen ortalama değer üstünde olmakta ve stoklardaki olası yükselmenin sonucu sonraki sipariş verme dönemi ötelenmektedir.

5.1.3.3. Teslim süresi değişkenliği senaryoları

TZY, SYE ve GSYE modellerinin farklı ortalamalı teslim süreleri veya sabit teslim süresi durumunda nasıl tepkiler verebileceğinin araştırılması amacıyla dört farklı senaryo tasarlanmıştır. L_1 düşük ortalamalı değişken teslim süresi, L_2 normal ortalamalı değişken teslim süresi, L_3 yüksek ortalamalı değişken teslim süresi ve L_4 yüksek sabit teslim süresi olacak şekilde senaryolar kodlanmıştır. Bu teslim süresi senaryoları için ortalama, standart sapma miktarı ve yüzdesel değişim değerleri Tablo 5.4 de verilmiştir.

Tablo 5.4. Teslim süresi değişkenliği senaryoları için teslim süresi ortalama ve standart sapma değerleri

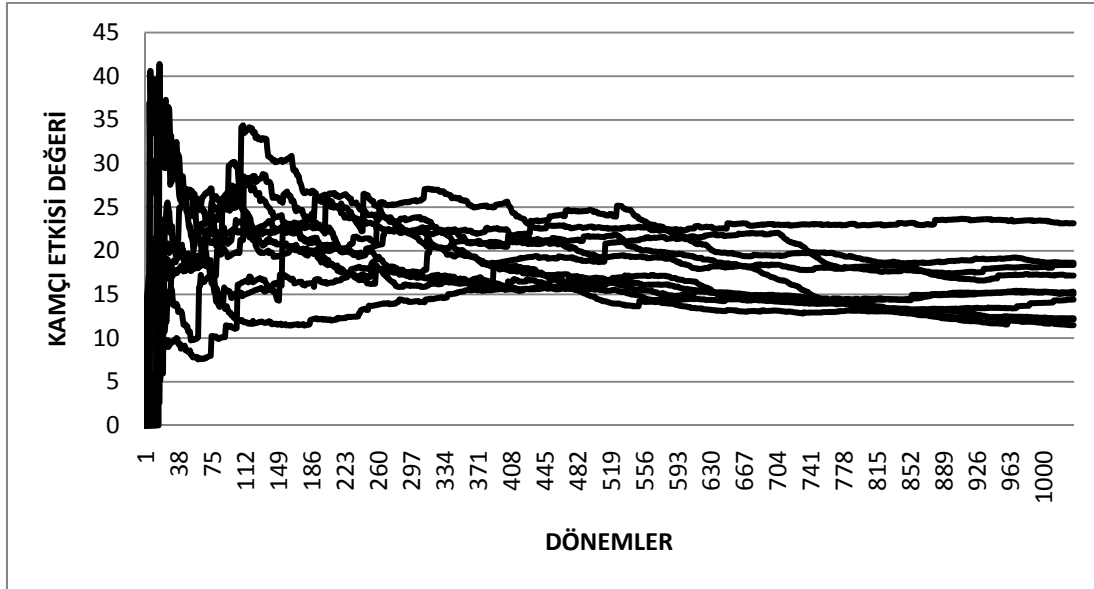
Senaryo	Teslim Süresi Ortalaması	Teslim Süresi Standart Sapması	Standart Sapma Yüzdesele Değişim
L_1	2,5	0,5	% 20,0
L_2	3,5	0,5	% 14,3
L_3	4,5	0,5	% 11,1
L_4	4	0	% 0,00

5.1.4. Model çalışma sayısı ve süresi

Parametre tasarımı gerçekleştirilmiş üç farklı senaryo, üç farklı model dikkate alındığında çalışma sayısı $3 (TZY, SYE, GSYE) \times 3 (K_1, K_2, K_3) \times 4 (L_1, L_2, L_3, L_4) \times 3 (T_1, T_2, T_3) = 108$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca tasarlanan deneylerin olay bağımlılığından kurtulması için her deney 10 defa tekrarlanmış ve toplam çalışma sayısı $108 \times 10 = 1080$ olarak belirlenmiştir.

Her benzetim modeli belli bir ısınma süresinden (başlangıç etkisinden) sonra kararlı hale geçmektedir. Kararlı yapının hangi noktadan itibaren oluştuğunun belirlenmesi amacıyla KE değişkenlik ölçütünden faydalanılmıştır.

TZY sistemleri içerisinde rassal olarak çekilen on adet sonuç kamçı etkisinin zamanla değişimi açısından incelenmiştir. Tedarik kıtlığı durumlarında kamçı etkisinin tetiklenmesi durumunda, kamçı değerlerinde meydana gelebilecek ani yükseliş ve düşüşler yüzünden ısınma süresinin belirlenmesinde yanlışlık olabileceği dikkate alınarak, sadece T_1 senaryosunu içeren sonuçlardan örneklem çekimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen KE değerine bağlı ısınma süresi görsel grafiği şekil 5.1 de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Kamçı etkisine göre benzetim modeli ısınma dönemi grafiği

Grafik dikkatlice incelendiğinde, seçilen on farklı örnek seti için yaklaşık 300 ila 400 dönem arasında kamçı değerlerinin dengelendiği gözlemlenmektedir. Bu durum dikkate alınarak girilen 1080 dönemlik verinin ilk 360 dönemi (üçte biri) ısınma süresi kabul edilerek, karşılaştırma analizlerinde alınmayacaktır.

5.2. Deneysel Sonuçlar

Tasarımları gerçekleştirilmiş olan deneyler C# programlama dili ile yazılmış olan bilgisayar yazılımı sonuçları MS Excel çıktısı olarak elde edilmiştir. Sonuç dosyaları, sistem stoğu, yeniden sipariş noktası, sipariş miktarı, teslim süreleri ve teslim edilen sipariş bilgileri ile birlikte her dönem için ayrı ayrı hesaplanan maliyet değerlerinde oluşmaktadır.

Elde edilen sonuçlar her bir model için dört farklı performans ölçütü açısından incelenerek, ortalama değerleri, deney senaryoları açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sürecinin istatistiki olarak değerlendirilmesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yaklaşımı ile gerçekleştirilerek, ortalamaların farklarının anlamlılık düzeyleri sorgulanmıştır. Ayrıca Tukey HSD test değerleri yardımıyla, modellerin

ikişerli olarak ortalamalarının anlamlılığı incelenmiştir. Bütün istatistiki testlerde anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

ANOVA analizi ile test edilecek genel H_0 ve H_1 hipotezi aşağıdaki gibidir.

H_0 : Belirlenen performans ölçütü bakımından, incelenen senaryoda, TZY, SYE ve GSYE modellerinden elde edilen sonuçların ortalamaları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : Belirlenen performans ölçütü bakımından, incelenen senaryoda, TZY, SYE ve GSYE modellerinin sonuçların ortalamaları arasında istatistiki açıdan farklılık vardır.

Bu bağlamda performans ölçütleri başlıkları altında, senaryo bazlı olarak her bir modelin ürettiği sonuçlara ait özet tablolar, bu değerlerin istatistiki olarak değerlendirildiği ANOVA analizi ve Tukey HSD test sonuçları EK-C de ve EK-D de sunulmuştur.

5.2.1. Toplam tedarik zinciri maliyeti açısından sonuçlar

Farklı senaryolar açısından toplam zincir maliyetlerinin her bir modeldeki değişimlerinin araştırılması amacıyla hazırlanan özet tablolar ve istatistiksel analiz sonuçları bu bölüm içerisinde incelenmiştir.

Sipariş miktarlarının değişkenliği senaryolarına göre özet sonuçlar Tablo 5.5 de ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5.6 da sunulmuştur.

Tablo 5.5. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Maliyet	Ortalama Maliyet	Yüzdesele Değişim	Ortalama Maliyet	Yüzdesele Değişim
K_1	85.411.737	82.025.647	-3,65	78.283.537	-8,11
K_2	90.101.419	88.359.287	-1,87	84.129.616	-6,53
K_3	97.520.809	95.375.603	-2,10	90.007.978	-7,46

Tablo 5.6. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değeri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
K_1	28,952	,000	,001	,000	,000
K_2	26,596	,000	,098	,000	,000
K_3	33,319	,000	,063	,000	,000

K_1 , K_2 ve K_3 senaryo değerleri için Tablo 5.5 incelendiğinde, her üç senaryoda da TZY sistemi en fazla maliyeti üretirken, GSYE sistemleri en düşük maliyetli yaklaşımlardır. Farklı senaryo durumları açısından incelendiğinde elde edilen benzetim sonuçlarında önemli bir değişkenlik görülmektedir. Tablo 5.6 incelendiğinde ANOVA olasılık değerinin çok düşük olmasından dolayı, senaryo türlerinde elde edilen maliyet değerlerinin birbirinden farklı olduğu anlaşılmaktadır. Fakat K_2 ve K_3 senaryolarında TZY ve SYE sistemlerinin maliyet değerleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı Tukey HSD değerleri ile anlaşılmaktadır.

Tablo 5.7. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu

Senaryo	Model	Sabit Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Sipariş Erteleme Maliyeti	Toplam Maliyet
K_1	TZY	26.157.395	55.784.187	3.515.006	85.456.587
	SYE	27.389.555	50.900.078	3.753.910	82.043.542
	GSYE	29.211.462	42.951.338	6.120.737	78.283.537
K_2	TZY	29.823.875	57.646.242	2.631.302	90.101.419
	SYE	30.595.167	54.967.040	2.797.080	88.359.287
	GSYE	32.327.583	46.927.766	4.874.267	84.129.616
K_3	TZY	31.514.125	63.812.566	2.194.118	97.520.809
	SYE	32.823.017	59.960.111	2.592.476	95.375.603
	GSYE	34.845.808	50.844.507	4.317.662	90.007.978

Sipariş miktarlarının artması veya azalması durumunda GSYE sistemi en iyi sonucu vermektedir. Tablo 5.7 incelendiğinde sipariş miktarlarının artması sonucu, toplam maliyet değerlerinin her üç modelde de arttığı gözlemlenmektedir. Bu artışın nedeni sabit sipariş maliyetlerinin artması ve sipariş aralıklarının uzamasından dolayı elde bulundurma maliyetlerinin yükselmesidir. Her ne kadar sipariş erteleme maliyetleri, sistem stoğunun artması ile bir miktar düşse de, maliyet değerlerindeki artışın önüne geçilememiştir. Sipariş miktarlarının artması ile, SYE sistemlerinin TZY üzerindeki maliyet avantajının ortadan kalktığı istatistiksel testler sonucunda anlaşılmaktadır.

Tedarik kısıtlılığı durumu senaryoları bazında maliyet değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.8 da ve istatistik analiz sonuçları Tablo 5.9 de sunulmuştur.

Tablo 5.8. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Maliyet	Ortalama Maliyet	Yüzdesel Değişim	Ortalama Maliyet	Yüzdesel Değişim
T_1	88.392.368	86.182.408	-2,45	81.693.768	-7,46
T_2	91.581.910	89.237.414	-2,45	84.508.684	-7,57
T_3	93.059.686	90.340.715	-2,72	86.182.519	-7,07

Tablo 5.9. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
T_1	20,804	,000	,094	,000	,000
T_2	20,082	,000	,099	,000	,000
T_3	19,764	,000	,037	,000	,000

Tablo 5.8 deki değerler incelendiğinde T_1 , T_2 ve T_3 senaryolarında GSYE sistemi en iyi sonucu üretmektedir. Her üç senaryoda modellerin aralarındaki maliyet değerlerinin yüzdesel farkları değişmemektedir. Bu açıdan bakıldığında tedarik kısıtlılığı durumunda üç sistemde benzer tepkiler ürettiği söylenebilir. Tablo 5.9 deki istatistik test değerleri incelendiğinde T_1 ve T_2 senaryolarında TZY ve SYE sistemleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

Ayrıntılı olarak Tablo 5.10 da verilen maliyet değerleri incelendiğinde GSYE yaklaşımında tedarik kısıtlılığı senaryoları sabit sipariş ve elde bulundurma maliyetleri açısından çok fazla değişkenlik göstermemektedir. Sadece sipariş erteleme değerleri yükseldiğinden, bu değere bağlı maliyetleri yükselterek toplam maliyetleri arttırmıştır. TZY ve SYE yaklaşımlarında ise stok değerleri oranlama oyununun sonucu olarak az da olsa yükselmektedir. Sipariş erteleme maliyetleri ise GSYE sistemindeki gibi TZY ve SYE de de artış göstermektedir.

Tablo 5.10. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu

Senaryo	Model	Sabit Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Sipariş Erteleme Maliyeti	Toplam Maliyet
T_1	TZY	29.365.100	57.664.393	1.362.875	88.392.368
	SYE	30.521.425	54.263.631	1.397.352	86.182.408
	GSYE	32.309.975	47.123.385	2.260.048	81.693.768
T_2	TZY	29.277.167	59.376.516	2.928.228	91.581.911
	SYE	30.395.425	55.582.072	3.259.927	89.237.414
	GSYE	32.300.850	47.069.823	5.138.011	84.508.684
T_3	TZY	28.839.900	60.159.129	4.060.658	93.059.687
	SYE	29.874.108	55.932.530	4.534.077	90.340.715
	GSYE	31.753.192	46.471.925	7.957.402	86.182.519

Teslim süresi değişkenliği senaryoları bazında maliyet değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.11 da ve istatistik analiz sonuçları Tablo 5.12 de sunulmuştur.

Tablo 5.11. Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre ortalama maliyet değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Maliyet	Ortalama Maliyet	Yüzdesel Değişim	Ortalama Maliyet	Yüzdesel Değişim
L_1	91.165.351	90.079.714	-0,94	85.699.022	-5,58
L_2	91.103.770	88.733.691	-2,52	84.861.766	-6,78
L_3	96.786.669	93.410.863	-3,42	87.401.330	-9,61
L_4	84.989.496	82.123.114	-3,28	78.551.176	-7,50

Tablo 5.12. Teslim süresi değişkenliği senaryolarında maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
L_1	7,202	,001	,757	,001	,012
L_2	17,870	,000	,065	,000	,001
L_3	39,970	,000	,005	,000	,000
L_4	24,611	,000	,006	,000	,000

Teslim süresi senaryoları ortalama değerlerinin sunulduğu tablo 5.11 da maliyet değerleri açısından GSYE sisteminin en iyi olduğu görülmektedir. Senaryo bazlı farkların maliyet açısından istatistiksel anlamlılığının araştırıldığı ANOVA testi

değerlerine göre, üç modelin ortalama maliyet değerlerinin farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkişerli incelemede ise L_1 , ve L_2 senaryolarında TZY ve SYE yaklaşımları arasındaki farkın istatistiki açıdan anlam ifade etmediği, bu değerlerin aynı kabul edilebileceği anlaşılmaktadır.

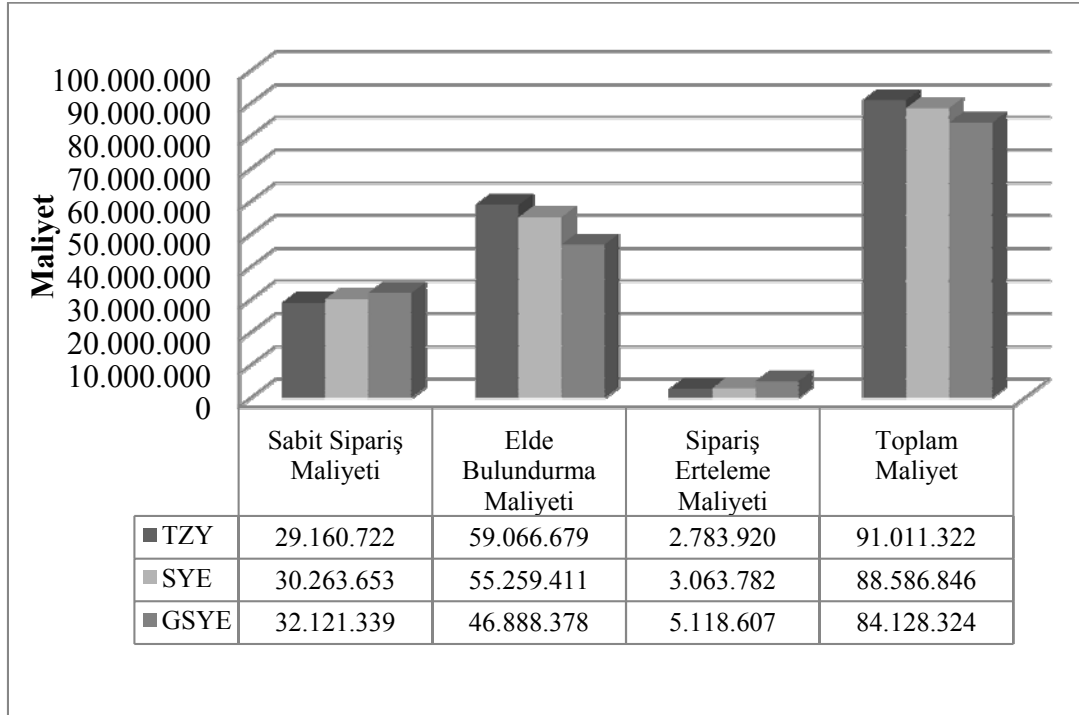
Ayrıntılı maliyet değerlerinin sunulduğu Tablo 5.13 incelendiğinde teslim zamanlarının değişken olduğu L_1 , L_2 ve L_3 senaryolarında, ortalama teslim süresi uzadığında verilen sipariş sayısının azalmasından dolayı sabit sipariş maliyetleri düşerken, sipariş miktarları arttığından elde bulundurma değerleri yükselmektedir. Sipariş erteleme maliyetleri ise stok değerleri ile ters yönde bir paralellik göstermekte ve en kısa teslim süresi senaryosunda (L_1) en yüksek sipariş erteleme maliyeti değerlerine ulaşılmaktadır. L_1 senaryosunda ki sipariş değişkenliğinin yüzdesel değeri, $0,5/2,5 = 0,20$ olurken, uzun teslim süresi senaryosunda (L_3) ise $0,5/4,5 = 0,11$ olmaktadır. Değişkenliğin yükselen değeri sisteme yükselen oranlarda ertelenen sipariş olarak geri dönmektedir.

Sabit sipariş süresi senaryosu olan L_4 de stok miktarları diğer senaryolara göre çok daha azdır. Çünkü bu senaryoda güvenlik miktarı değeri sadece talep tahmini varyanslarından hesaplandığından dolayı oldukça düşüktür. Talep tahminlerindeki meydana gelen hataların bir kısmının elemine edilmesi için gerekli olan güvenlik miktarı değerinin azlığı, tahmin hatalarının yüksek olduğu durumlarda önemli problemlere yol açmaktadır.

Tablo 5.13. Sipariş değişkenliği senaryolarına göre ayrıntılı maliyet değerleri tablosu

Senaryo	Model	Sabit Sipariş Maliyeti	Elde Bulundurma Maliyeti	Sipariş Erteleme Maliyeti	Toplam Maliyet
L_1	TZY	30.462.733	55.980.887	4.721.731	91.165.351
	SYE	31.368.633	53.093.784	5.617.296	90.079.713
	GSYE	33.452.033	45.922.562	6.324.427	85.699.022
L_2	TZY	29.316.956	60.006.197	1.780.618	91.103.771
	SYE	30.476.700	56.643.094	1.613.898	88.733.692
	GSYE	32.316.444	49.198.568	3.346.754	84.861.766
L_3	TZY	27.854.233	67.603.818	1.328.618	96.786.669
	SYE	29.123.078	62.775.673	1.512.113	93.410.864
	GSYE	31.131.156	52.381.563	3.898.611	87.401.330
L_4	TZY	29.008.967	52.675.815	3.304.714	84.989.496
	SYE	30.086.200	48.525.093	3.511.821	82.123.114
	GSYE	31.585.722	40.060.828	6.904.636	78.551.186

Senaryoların maliyet değerlerinin değişiminin incelenmesi sonrasında, genel bir yorum yapmak amacıyla her koşuldaki bütün çalıştırma sonuçları şekil 5.2 de ve bu ortalamalara ait istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 5.14 de sunulmuştur.



Şekil 5.2. TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama maliyet değerleri

Tablo 5.14. Maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
		TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
58,056	,000	,001	,000	,000

Benzetim uygulaması çalışmasıyla elde edilen bütün sonuçlar incelendiğinde, GSYE sisteminin en düşük toplam TZ maliyeti değerine ulaştığı görülmektedir. TZY sistemi ise en yüksek maliyet değerlerine sahiptir. GSYE sistemindeki iyileştirme oranı TZY sistemine göre % 7.37 olmaktadır. Ayrıca SYE sistemi de TZY sisteminde göre yaklaşık olarak % 2.54 lük bir maliyet avantajı getirmiştir.

GSYE sistemlerinde talep tahmini süreçlerinin üreticide elenmesi ile birlikte, bu kademe için hesaplanan stok yenileme parametreleri olan yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarı değerlerindeki değişkenlik de azalacak ve sipariş verme aralığı ve miktarları düzenli bir hal alacaktır. Bu durumun sonucunda sıklıkla ve düşük miktarlarda siparişler olduğundan, üretici stoklarında önemli düşüşler sağlanacaktır. Elde bulundurma maliyeti düşüşü olarak toplam maliyet fonksiyonuna yansıyan bu durum, ayrıca düşük stok yüksek sipariş erteleme ikilemi nedeniyle müşteri hizmet seviyelerinde belli düşüslere yol açacaktır.

Dağıtıcı ve perakendeci kademelerindeki maliyet değerlerinin ise TZY, SYE ve GSYE sistemleri arasında çok fazla farklılaşmaması beklenmektedir. Bu amaçla kademe elemanı bazındaki maliyet değerleri Tablo 5.15 de ve analiz sonuçları Tablo 5.16 da sunulmuştur.

Tablo 5.15. Ortalama maliyet değerlerinin kademe bazlı değişimi

Model	Perakendeci Maliyetleri	Dağıtıcı Maliyetleri	Üretici Maliyetleri
TZY	29.893.739	29.796.403	31.321.180
SYE (Değişim Yüzdesi)	29.994.898 (0,34)	29.026.929 (-2,58)	29.565.018 (-5,61)
GSYE (Değişim Yüzdesi)	30.143.622 (0,84)	30.251.104 (1,53)	23.733.597 (-24,23)

Tablo 5.15 den de görüleceği üzere GSYE sistemi üretici kademesinde çok yüksek maliyet düşüşleri sağlarken, bu düşüşleri diğer kademe elemanlarının maliyet değerlerinde önemli bir değişiklik gerçekleştirmeden yapmaktadır.

Tablo 5.16. Kademe bazlı maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Kademe	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
Perakendeci	,687	,503	,885	,474	,767
Dağıtıcı	13,695	,000	,003	,133	,000
Üretici	426,194	,000	,000	,000	,000

Perakendeci kademesi için % 0,84 lük yükseliş ile dağıtıcı kademesinde meydana gelen % 1,53 lük yükselişin istatistikî açıdan bir farklılık arz etmediği Tablo 5.16 da yer alan Tukey HSD testleri olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca her üç modelde perakendeci maliyetleri açısından farklı değerlere ulaşılmamaktadır.

Dağıtıcı kademesinde ise SYE sisteminin sonuçlarının diğer yöntemlere göre farklılık arz ettiği Tukey HSD sonuçlarından anlaşılmaktadır. Bu farklılığın araştırılması için hazırlanan Tablo 5.17 dan da görüleceği üzere SYE sisteminin düşük dağıtıcı maliyeti üretmesinin nedeni D_3 dağıtıcısında sağladığı maliyet indirimleridir.

Tablo 5.17. Dağıtıcılar için ortalama maliyet değerleri

Model	D_1 Dağıtıcısı Maliyeti	D_2 Dağıtıcısı Maliyeti	D_3 Dağıtıcısı Maliyeti	Toplam Dağıtıcı Maliyeti
TZY	9.787.891	9.876.165	10.132.346	29.796.402
SYE	9.845.621	9.913.146	9.268.162	29.026.929
GSYE	9.990.434	10.032.303	10.228.368	30.251.105

Tablo 5.18. Dağıtıcı maliyet değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
D_1 Dağıtıcısı	3,116	,045	,769	,041	,194
D_2 Dağıtıcısı	1,056	,348	,942	,346	,538
D_3 Dağıtıcısı	38,024	,000	,000	,708	,000

Tablo 5.18 de D_1 ve D_3 dağıtıcı ortalama maliyet değerleri arasında, istatistiksel testlerde bir farklılık olduğu sonucuna varılmıştır. D_1 dağıtıcısı için Tukey HSD sonuçları incelenirse sadece TZY ve GSYE arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmektedir. D_3 dağıtıcısında ise sadece TZY ve GSYE arasındaki farkın anlamlı olmadığı, SYE sisteminin ise her modele göre farklı sonuç ürettiği görülmektedir.

SYE sistemleri D_3 dağıtıcısı odaklı olduğundan bu kademede fayda sağlayacağı beklenen bir durumdur. Fakat çok kademeli bir yapı içerisinde, faydanın beklenildiği kadar yüksek olmadığı da söylenebilir.

5.2.2. Kamçı etkisi açısından sonuçlar

Kamçı etkisi değeri, tedarik ağında kademeler yükseldikçe yükselen ve en üst kademede en yüksek değerine ulaşan bir negatif değişkenlik ölçütüdür. Bu değer ne kadar yüksek olursa, tedarik ağının kontrolü o kadar zorlaşmaktadır. Bu amaçla üç

TZY modelinin hangi senaryolarda, ne ölçüde kamçı etkisinin azalttığının belirlemek için, çalışma sonuçları senaryo bazlı olarak sunulacaktır.

Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarındaki ortalama kamçı etkisi değeri Tablo 5.19 de ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5.20 da verilmiştir.

Tablo 5.19. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
K_1	20,58	19,60	10,59
K_2	18,16	17,66	9,75
K_3	16,20	15,60	9,75

Tablo 5.20. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
K_1	152,568	,000	,267	,000	,000
K_2	115,609	,000	,706	,000	,000
K_3	99,607	,000	,456	,000	,000

Tablo 5.19 incelendiğinde GSYE modeli üç farklı senaryoda da en düşük kamçı etkisi değerlerine ulaşmaktadır. Bu farkın istatistiksel anlamlılığı ise yapılan varyans analizi sonuçlarında görülmektedir. GSYE modeli üç farklı senaryo tipinde de benzer sonuçlar üretmektedir. Fakat TZY ve SYE modellerinin sipariş miktarının artışı ile birlikte, kamçı değerlerinde bir düşüş sağladığı belirlenmiştir. Bu durumun nedeni düşük sabit sipariş maliyeti ile daha fazla sipariş verilerek yönetilen TZY ve SYE sistemlerinin, stok değerlerini de düşürmesinin bir sonucu olarak, ertelenen sipariş durumlarını ortaya çıkarmasıdır. Sipariş erteleme sayılarının artması ile birlikte oranlama oyununun etkisi de artacak ve kamçı etkisi değerlerini yükseltecektir. Fakat yüksek stok, az sayıda sipariş mantığı ile yürütülen K_3 senaryosunda oranlama oyunu daha az görülecek, yani kamçı etkisi değeri daha az yükselecek ve diğer senaryolara göre daha aşağıda değerlerde kalacaktır. GSYE sistemlerindeki düşük stok miktarları ve yüksek sipariş erteleme durumlarında oranlama oyununa izin verilmemesi ve değişkenlikle mücadeleyi sağlayan yeni talep tahmini yapısı

sayesinde sipariş miktarının değişiminden etkilenmeyerek, çok düşük kamçı etkisi değerlerine ulaşılması sağlanacaktır.

Tedarik kısıtlılığı durumunda oranlama oyunun ortaya çıkması ve dolaylı yoldan kamçı etkisinin yükselmesi beklenen bir durumdur. Bu durumu incelemek amacıyla oluşturulan tedarik kısıtlılığı durumu senaryoları kamçı değerler Tablo 5.21 de ve bu değerler ilgili analiz sonuçları Tablo 5.22 de sunulmuştur.

Tablo 5.21. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
T_1	17,12	16,78	9,53
T_2	18,73	17,73	10,06
T_3	19,10	18,35	10,50

Tablo 5.22. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
T_1	99,750	,000	,848	,000	,000
T_2	136,770	,000	,189	,000	,000
T_3	107,999	,000	,485	,000	,000

T_1 , T_2 ve T_3 senaryoları açısından incelendiğinde GSYE modeli en düşük kamçı etkisi değerlerine ulaşmaktadır. Her üç senaryo için ANOVA sonuçları değerler arasındaki farklılığı istatistiksel olarak doğrularken, Tukey HSD test değerleri Tablo 5.22 den incelendiğinde TZY ve SYE sistemlerinin kamçı etkisi değerleri arasındaki farkın anlamı olmadığı ve bu modellerin aynı kamçı değerini ürettikleri görülmektedir.

Senaryolardaki kısıtlık oranları yükseldiğinde kamçı değerleri her üç model içinde yükselmektedir. TZY ve SYE sistemlerinde bu durum oranlama oyunun etkisi ile açıklanabilir. GSYE sistemindeki uzun kısıtlık dönemlerinin bir sonucu olarak, sanal talep düzeltme katsayısının belli oranda değişkenlik ortaya çıkardığı düşünülmektedir. Çünkü sistem eksi stokta iken bu durumdan kurtulmak için yapılan düzeltmelerle

anlık olarak sipariş miktarlarında meydana gelen yükselişlerin sonucu kamçı değeri çok az da olsa yükselmektedir. GSYE sistemindeki sanal talep düzeltme katsayısı ile ortaya çıkan sipariş miktarının yükselme oranı, diğer sistemlerde oranlama oyununu sonucu ortaya çıkandan çok daha düşüktür. Sanal talep düzeltme katsayısı değişkenliği, kısıtlı dönemlerinin frekansının ve uzunluğunun düştüğü durumlarda sipariş miktarını daha az yükselteceği için kamçı değeri üzerindeki etkisi daha da azalabileceği düşünülmektedir.

Teslim süresi değişkenliği senaryoları ortalama kamçı değerleri Tablo 5.23 de ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5.24 de sunulmuştur.

Tablo 5.23. Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre ortalama kamçı etkisi değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
L_1	17,72	17,31	10,28
L_2	18,06	17,36	9,92
L_3	17,90	17,53	9,61
L_4	19,57	18,28	10,32

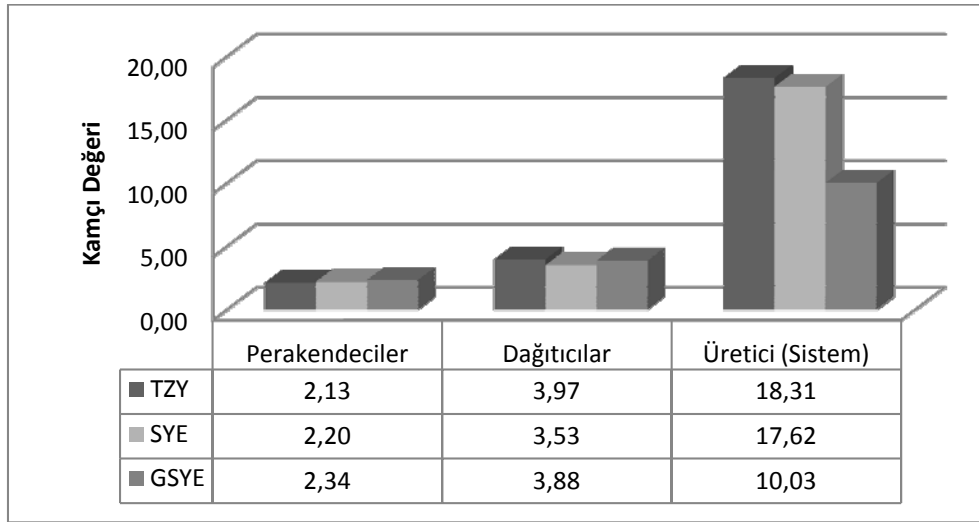
Tablo 5.24. Teslim süresi değişkenliği senaryolarında kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
L_1	68,470	,000	,837	,000	,000
L_2	120,414	,000	,459	,000	,000
L_3	111,640	,000	,819	,000	,000
L_4	65,682	,000	,303	,000	,000

GSYE sistemi dört farklı teslim süresi senaryosunda da kamçı değeri açısından en iyi sonucu elde etmektedir. TZY ve SYE sistemlerinin farklı teslim süreleri durumlarında ürettiği kamçı değerleri arasında fark yoktur.

Teslim sürelerinin değişkenliğinin kamçı etkisi doğuracağı beklenen bir durumdur. Çünkü değişkenliğin sonucu olarak bazı siparişlerin beklenenden geç gelmesi ile birlikte ortaya çıkan sipariş ertelemeler kamçı etkisinin dolaylı yoldan (oranlama oyunu ve sanal talep düzeltme katsayısı) tetiklemektedir. L_1 senaryosunun

değişkenlik oranı (standart sapmanın yüzdesel değeri % 20) diğer senaryolara göre daha yüksek olduğundan, her ne kadar teslim süreleri kısalsa da kamçı etkisi daha belirgindir. Sabit teslim süresi durumunda ise güvenlik miktarının çok düşük değerlerde olması sonucu, talep tahminleri hatalarının yüksek olduğu üretici kademesinde sipariş erteleme değerlerine yol açtığından kamçı etkisi yükselmektedir. Fakat sabit daha düşük ortalamalı teslim süreleri olduğunda kamçı değerinin biraz daha düşmesi beklenebilir.



Şekil 5.3. TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama kamçı etkisi değerleri

Kademe bazlı olarak hesaplanan kamçı değerleri şekil 5.3 de sunulmuştur. Perakendeci ve dağıtıcı için hesaplanan değerler, lokal kamçı değeri ve üretici için hesaplanan değerler ise sistemin toplam kamçı değeri olmaktadır. Şekil 5.3 deki değerler ile ilgili gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5.25 de verilmiştir. Her üç kademe içinde hesaplanan kamçı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca perakendeci ve üretici kademesinde TZY ve SYE arasındaki ve dağıtıcı kademesindeki TZY ve GSYE arasındaki farkın anlamlı olmadığı ve aynı değerler ürettiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5.25. Kademe bazlı kamçı etkisi değeri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
Perakendeci	12,994	,000	,183	,000	,003
Dağıtıcı	27,777	,000	,000	,343	,000
Üretici	335,508	,000	,125	,000	,000

SYE sisteminin dağıtıcı ve GSYE sisteminin üretici odaklı yapıları gereği bu kademelerdeki değişkenlikleri azalttığı önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bu bağlamda dağıtıcı ve üretici kademesindeki sonuçlar model önermeleri gereği beklenmektedir. Bu bağlamda dağıtıcı kademesinde kamçı değerlerindeki değişimin daha net anlaşılabilmesi için üç farklı dağıtıcı lokal kamçı değerleri Tablo 5.26 de ve istatistiksel analiz sonuçları tablo 5.27 da sunulmuştur.

Tablo 5.26. Dağıtıcı kademesi için ortalama kamçı etkisi değerleri

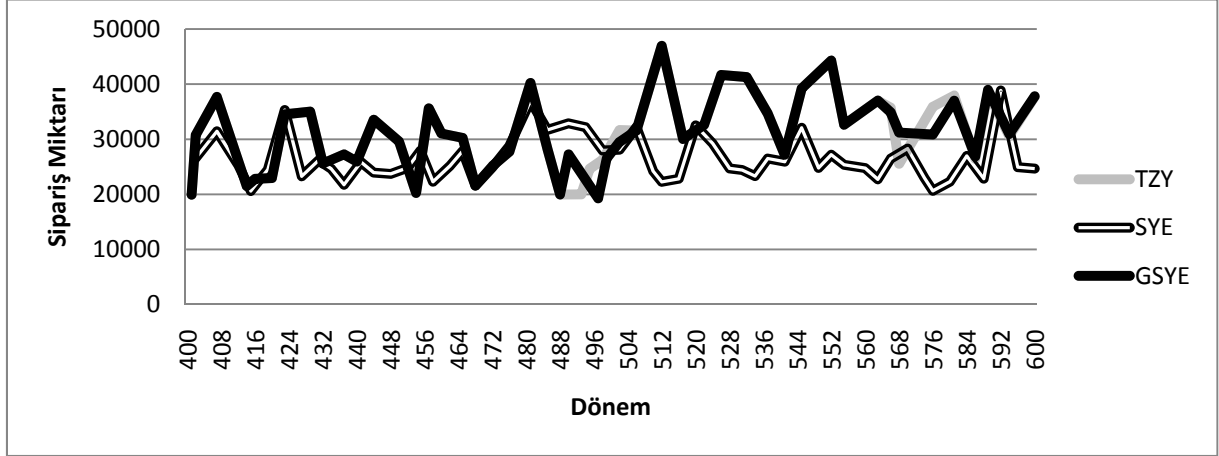
	D_1 Dağıtıcısı	D_2 Dağıtıcısı	D_3 Dağıtıcısı
TZY	3,76	3,93	4,22
SYE	3,83	3,98	2,78
GSYE	3,72	3,88	4,05

Tablo 5.27. Dağıtıcı kademesi kamçı etkisi değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
D_1 Dağıtıcısı	0,890	,411	,684	,877	,384
D_2 Dağıtıcısı	0,598	,550	,836	,860	,518
D_3 Dağıtıcısı	120,688	,000	,000	,187	,000

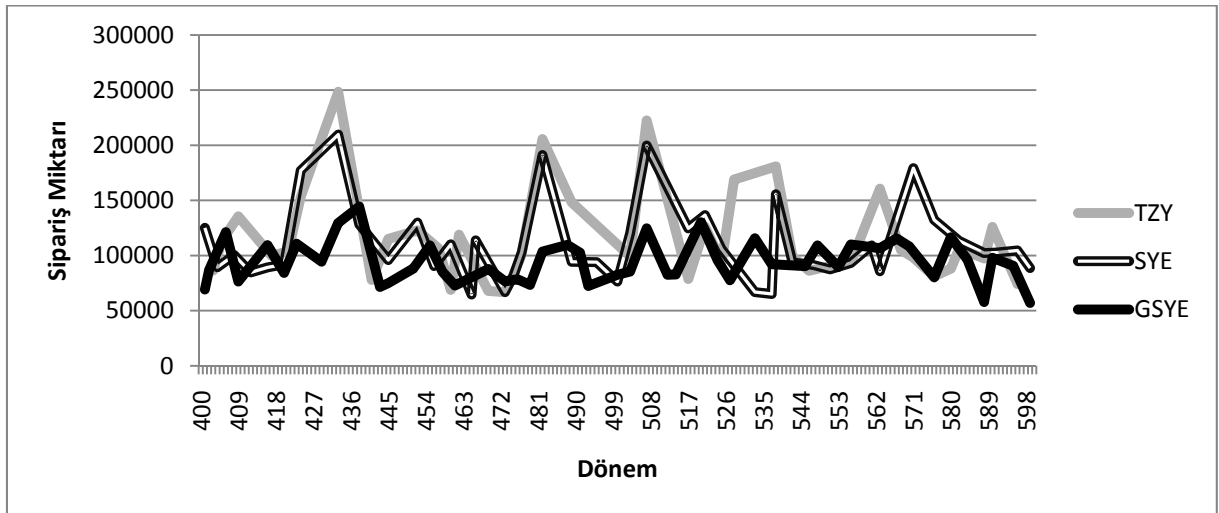
Tablo 5.26 ve Tablo 5.27 incelendiğinde D_1 ve D_2 dağıtıcısı için üç farklı modelin ürettiği kamçı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. D_3 dağıtıcısında ise SYE sistemindeki talep tahmini sürecinin elimine edilmesinin bir sonucu en iyi sonuç bu modelde elde edilmektedir. Bu durum sipariş kalıplarındaki değişkenliğin azalması sonucudur. Sipariş kalıplarındaki değişkenliğin daha az olduğunun görülmesi için

alınan örnek bir çalıştırma sonucu grafik şekil 5.4 de sunulmuştur. (Grafiğin daha iyi anlaşılması için 200 dönemlik sipariş kalıpları incelenmiştir.)



Şekil 5.4. D₃ dağıtıcısı için örnek çalışmadaki 200 dönemlik sipariş değişkenliği

Şekil 5.4 den de görüleceği gibi SYE sistemlerindeki siparişlerin değişkenliği düşük olmakta, TZY ve GSYE yaklaşımlarında ise değişkenlik oranı birbirlerine yakın olmak üzere, çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Benzer durumun üretici kademesinde GSYE sistemi için geçerli olduğu şekil 5.5 den anlaşılmaktadır.



Şekil 5.5. Üretici için örnek çalışmadaki 200 dönemlik sipariş değişkenliği

Kamçı etkisinin genelde sipariş ertelemelerin varlığı durumuna göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Ertelenen sipariş durumunda TZY sistemleri oranlama oynarken, GSYE sistemleri gerçek talebe ulaşamadığında sanal talep düzeltmesi gerçekleştirmektedir. SYE sistemlerinde ise her iki durumda mevcuttur. Müşteri hizmet seviyesi düşüşlerinde her sistemin kendine özgü bir tepki oluşturarak bu durumla mücadele etmesi beklenen bir durumdur.

Örneğin DSKP değil de klasik periyodik gözden geçirme yöntemlerinden (s, S) politikası yardımıyla stok yönetimi gerçekleştirilen bir firma düşünürsek, sipariş erteleme durumu ile uzun süreler boyunca karşılaşırsa firma, talebin yapısının değiştiğini varsayarak bu durumu sistem parametrelerini güncellemek için bir sinyal olarak algılayabilir. Bu durum sonucunda yeniden belirlenen parametreler ile sipariş miktarlarının değişebileceği beklenebilir. Sistem genelinde gerçekleştirilen her bir değişimin kademeler boyunca etkisinin artacağı düşünülürse, kamçı değerlerinin de yükseleceği sonucuna ulaşılabilir.

5.2.3. Sipariş erteleme oranı açısından sonuçlar

Tedarik ağı boyunca TZY, SYE ve GSYE modellerindeki sipariş erteleme oranlarının senaryo bazlı incelendiği özet tablolar ve ilgili istatistiksel analiz sonuçları bu bölümde sunulacaktır.

Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarındaki sipariş erteleme oranları değerleri Tablo 5.28 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.29 de gösterilmektedir.

Tablo 5.28. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına sipariş erteleme oranı değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
K_1	3,18	3,38	5,42
K_2	2,38	2,48	4,41
K_3	2,00	2,29	4,00

Tablo 5.29. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
K_1	13,685	,000	,910	,000	,000
K_2	19,764	,000	,959	,000	,000
K_3	20,491	,000	,674	,000	,000

K_1 , K_2 ve K_3 senaryolarında sipariş erteleme oranları açısından en yüksek değerlere GSYE sistemleri ulaşmaktadır. Bu değerlerin TZY ve SYE sistemleri değerlerinden istatistiksel açıdan farklı olduğu Tablo 5.29 olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Aynı tablodaki Tukey HSD değerleri incelendiğinde ise sipariş erteleme oranları açısından TZY ve SYE sistemleri açısından bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.28 deki değerler incelendiğinde sipariş miktarlarının artması ile birlikte ertelenen sipariş oranlarının düştüğü gözlemlenmektedir. Bu durum K_1 senaryosundan ve K_3 senaryosuna doğru gidildikçe stok miktarlarının artması ve dolaylı yoldan müşteri hizmet seviyesinin yükselmesinin sonucudur. GSYE sistemlerinde ise ortalama stok miktarlarının önemli ölçüde azalması ise müşteri hizmet seviyesi kayıpları ortaya çıkmaktadır. Fakat sistemin parametre hesaplarında ele alınan hedef müşteri hizmet seviyesinin %95 olduğu göz önünde alındığında, GSYE sistemi ertelenen sipariş oranlarının yükselme durumunun kabul edilebilir değerlerde olduğu yorumlanabilir.

Tedarik kıtlığı durumu senaryolarındaki sipariş erteleme oranları değerleri Tablo 5.30 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.31 de sunulmuştur.

Tablo 5.30. Tedarik kıtlığı durumu senaryolarına göre sipariş erteleme oranı değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
T_1	1,25	1,25	2,09
T_2	2,65	2,85	4,62
T_3	3,67	4,04	7,12

Tablo 5.31. Tedarik kıtlığı durumu senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
T_1	4,838	,008	1,000	,020	,021
T_2	23,440	,000	,792	,000	,000
T_3	40,486	,000	,652	,000	,000

GSYE sistemi tedarik kıtlığı durumlarına göre de en yüksek sipariş erteleme oranlarına sahiptir. Fakat bu oranların T_1 ve T_2 senaryolarında müşteri hizmet seviyesi hedef düzeyi açısından yeterli olduğu yorumu yapılabilir. T_3 senaryosundaki %10 oranındaki yüksek kıtlık durumu dikkate alındığında % 7,12 sipariş erteleme değerinin kabul edilebilir olabileceği de düşünülebilir.

TZY ve SYE sistemleri üç farklı senaryo tipinde de elde edilen sipariş erteleme oranları ile müşteri hizmet seviyesi hedeflerini tutturmakta olup, istatistiksel analiz tabloları incelendiğinde bu iki sistem açısından senaryo bazlı bir fark oluşmadığı Tukey HSD test değerlerinden görülmektedir.

Kıtlık oranının yükselmesi ile birlikte sipariş erteleme oranlarının yükselmesi önermesi, elde edilen benzetim sonuçları ile de gerçekleşmiştir.

Teslim süresi değişkenliği senaryolarındaki sipariş erteleme oranları değerleri Tablo 5.32 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.33 de sunulmuştur.

Tablo 5.32. Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre sipariş erteleme oranı değerleri

Senaryo	TZY	SYE	GSYE
L_1	3,95	4,61	5,25
L_2	1,64	1,52	3,10
L_3	1,28	1,42	3,73
L_4	3,22	3,32	6,36

Tablo 5.33. Teslim süresi değişkenliği senaryolarında sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
L_1	1,923	,148	,580	,124	,599
L_2	24,866	,000	,880	,000	,000
L_3	70,594	,000	,835	,000	,000
L_4	38,222	,000	,967	,000	,000

Teslim süresi değişkenliği senaryolarında da GSYE en yüksek sipariş erteleme oranlarına ulaşmaktadır. Fakat L_1 düşük teslim zamanı ortalaması senaryosunda üç sistemin ürettiği ertelenen sipariş oranları arasındaki farkın istatistiki açıdan anlamlı olmadığı Tablo 5.33 daki Tukey HSD değerlerinden elde edilmektedir. Dört farklı senaryoda da TZY ve SYE sipariş erteleme oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlam ifade etmemektedir.

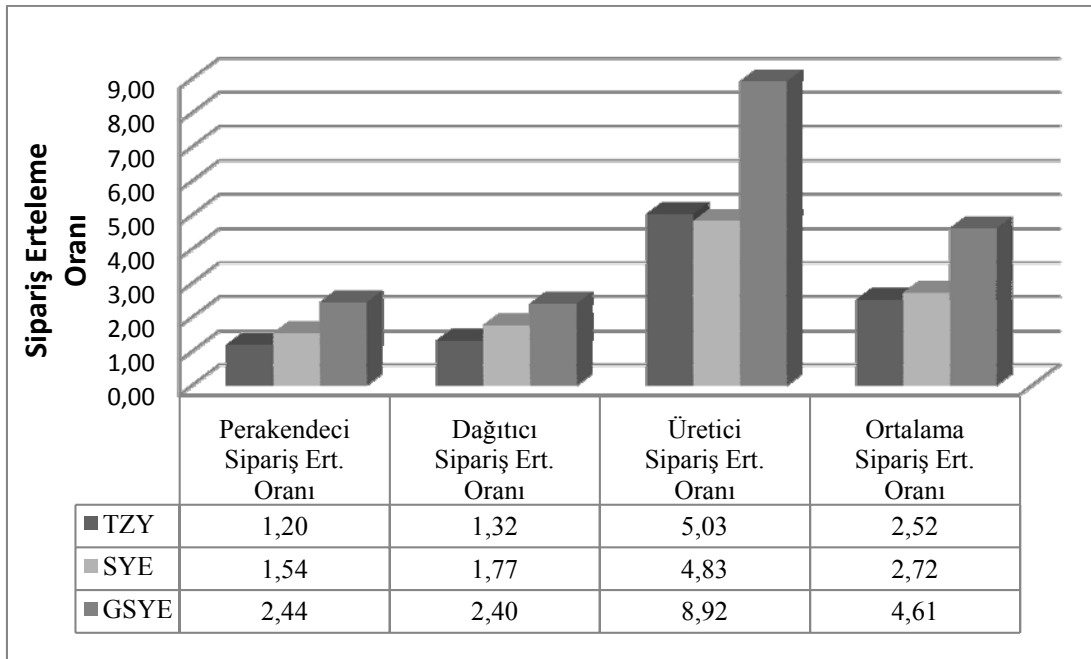
Teslim zamanı ortalamaları uzadıkça stok değerlerinin artmasıyla ve yüksek teslim zamanı senaryolarındaki standart sapmaların yüzdesel değerinin düşük olması sonucu ertelenen siparişler daha az görülmektedir.

GSYE sistemlerinde ortalama sipariş erteleme değeri, üretici kademesindeki yükselişten dolayı diğer sistemlere göre belirginleşmektedir. Şekil 5.6 dan da görüleceği üzere dağıtıcı ve perakendeciler için erteleme oranları aslında % 2 civarında seyretmektedir. Bu oranın hedef müşteri hizmet seviyesi açısından yeterli olabileceği söylenebilir. Üretici kademesinde GSYE sistemindeki yüksek değeri daha ayrıntılı yorumlayarak aslında bu değer maliyet açısından bir anlam ifade etmesine rağmen, müşteri hizmet seviyesi için o kadar belirleyici olamayacağı söylenebilir.

Sipariş erteleme oranı alt kademe siparişlerinin söz verilen teslim zamanı içerisinde teslim edilmeyen kısımlardan hesaplanmaktadır. GSYE sistemlerinde stok yönetimi yapısı gereği alt kademe sipariş oluşturma süreci olmadığından, söz verilen teslim süresi durumu da söz konusu olmamaktadır. Bu açıdan baktığımızda dağıtıcı için stoklarının dolu olduğu her durumda, müşteri hizmet seviyesi açısından sorun olmaması gerekmektedir. Benzetim modellerinde karşılaştırma sürecinde iki farklı

sipariş erteleme yapısı kullanılarak, karşılaştırma modelinin geçerliğinin azaltılmaması için üretici kademesinde rassal teslim süresi değerinden geç gönderilen siparişler, ertelenmiş sipariş olarak kayıt altına alınmaktadır.

GSYE sistemlerinde tek stok yönetimi adımı hem dağıtıcı hem de üretici için sipariş planları oluşturulur. Üretici tarafından gerçekleştirilen bu yönetim sürecinin temelinde müşteri hizmet seviyesi dağıtıcının alt kademeye göndermediği siparişler olarak ele alınabilir. Bu bağlamda sipariş erteleme değerleri ile sağlık yorum yapmak uygun olmayabilir. Her üç sistemde de gerçek sipariş erteleme oranlama değerlerine sahip tek kademe olarak perakendeciler için ertelenen sipariş değerleri incelendiğinde, modeller bazında % 2,5 değerinin altında kaldığı görüldüğünden, bütün sistem için ertelenen sipariş değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı söylenebilir.



Şekil 5.6. TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama sipariş erteleme miktarı oranları

Tablo 5.34 den de görüleceği üzere kademeler ve toplam ağ açısından bakıldığında dağıtıcı kademesi dışında sipariş erteleme değerleri arasındaki farkların TZY ve SYE modelleri için anlamlı olmadığı, GSYE modelinin ise diğer iki modele göre daha fazla sipariş ertelediği sonucuna ulaşılabilir.

Tablo 5.34. Kademe bazlı sipariş erteleme oranı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
Perakendeci	9,728	,000	,458	,000	,006
Dağıtıcı	18,904	,000	,029	,000	,001
Üretici	85,548	,000	,842	,000	,000
Ortalama	49,741	,000	,680	,000	,000

5.2.4. Stok değerleri açısından sonuçlar

Sistem stokları açısından her üç model kademe bazlı olarak farklı senaryo koşulları altına incelenmiş ve bu inceleme sonuçları özet değer tabloları ve istatistiksel anlamlılık test sonuçları ile birlikte sunulmuştur. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarındaki stok değerleri Tablo 5.35 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.36 de gösterilmektedir.

Tablo 5.35. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarına göre stok miktarı değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Stok Miktarı	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesel Değişim	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesel Değişim
K_1	328.272	297.342	-8,87	240.698	-25,97
K_2	338.542	321.731	-4,79	264.086	-21,68
K_3	375.356	351.567	-6,07	285.556	-23,41

Tablo 5.36. Sipariş miktarı değişkenliği senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
K_1	161,158	,000	,000	,000	,000
K_2	136,498	,000	,001	,000	,000
K_3	140,824	,000	,000	,000	,000

GSYE sistemi her üç sipariş miktarı değişkenliği senaryosunda da en düşük stok değerlerine ulaşmaktadır. SYE yaklaşımı ile de TZY sistemine göre daha az stok

tutulması sağlanacağı Tablo 5.35 den anlaşılmakta ve yapılan analizler sonucunda her üç modelin ürettiği sonuçların istatistiksel olarak da farklı olduğu Tablo 5.36 yardımıyla anlaşılmaktadır.

Sipariş miktarlarının artması ve sipariş aralıklarının uzamasıyla birlikte, stok miktarlarının da artacağı öngörülebilir bir durumdur. Senaryo ortalama değerleri incelendiğinde K_3 senaryosundaki ortalama stok değerlerinin K_1 senaryosuna göre %15 – %20 arasında arttığı görülmektedir. Bu durumla birlikte GSYE modelinin her üç senaryo yapısında da %2 ila %25 arasında bir stok avantajı sağladığı belirlenmiştir.

Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarındaki stok değerleri Tablo 5.37 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.38 de sunulmuştur.

Tablo 5.37. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarına göre stok miktarı değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Stok Miktarı	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesele Değişim	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesele Değişim
T_1	338.308	317.117	-6,16	264.946	-21,22
T_2	349.218	325.413	-6,50	264.267	-24,00
T_3	354.645	328.110	-7,07	261.127	-25,84

Tablo 5.38. Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
T_1	96,734	,000	,000	,000	,000
T_2	114,319	,000	,000	,000	,000
T_3	136,330	,000	,000	,000	,000

Tedarik kısıtlılığı durumu senaryolarında her koşulda GSYE en düşük stok değerlerine ulaşmakta ve kısıtlılığın yoğunluğuna göre stok değerlerini değiştirmemektedir. Bu durumun bir sonucu olarak kısıtlılıkla karşılaşıldığında diğer sistemlere yüzdesele olarak

stoklama avantajı yükselmektedir. SYE yaklaşımı ile her üç senaryo durumunda da TZY ye göre stokların daha az tutulduğu Tablo 5.37 den anlaşılmaktadır. Her üç model arasındaki bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu Tablo 5.38 deki test değerlerinden görülmektedir.

Tedarik kısıtlılığı arttığında TZY ve SYE sistemleri stoklarını bir miktar arttırmakta, GSYE sistemi ise genel sipariş kalıplarını değiştirmeyip stok değerlerini korumaktadır.

Teslim süresi değişkenliği senaryolarındaki stok değerleri tablo 5.39 de ve istatistiksel analiz sonuç değerleri Tablo 5.40 de sunulmuştur.

Tablo 5.39. Teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre stok miktarı değerleri

Senaryo	TZY	SYE		GSYE	
	Ortalama Stok Miktarı	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesele Değişim	Ortalama Stok Miktarı	Yüzdesele Değişim
L_1	326.171	308.373	-5,02	258.110	-19,85
L_2	351.089	329.757	-5,90	275.941	-21,23
L_3	400.985	370.497	-7,45	294.160	-26,48
L_4	311.316	285.560	-7,93	225.575	-27,19

Tablo 5.40. Teslim süresi değişkenliği senaryolarında stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Senaryo	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değeri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
L_1	64,827	,000	,012	,000	,000
L_2	173,518	,000	,000	,000	,000
L_3	279,580	,000	,000	,000	,000
L_4	256,775	,000	,000	,000	,000

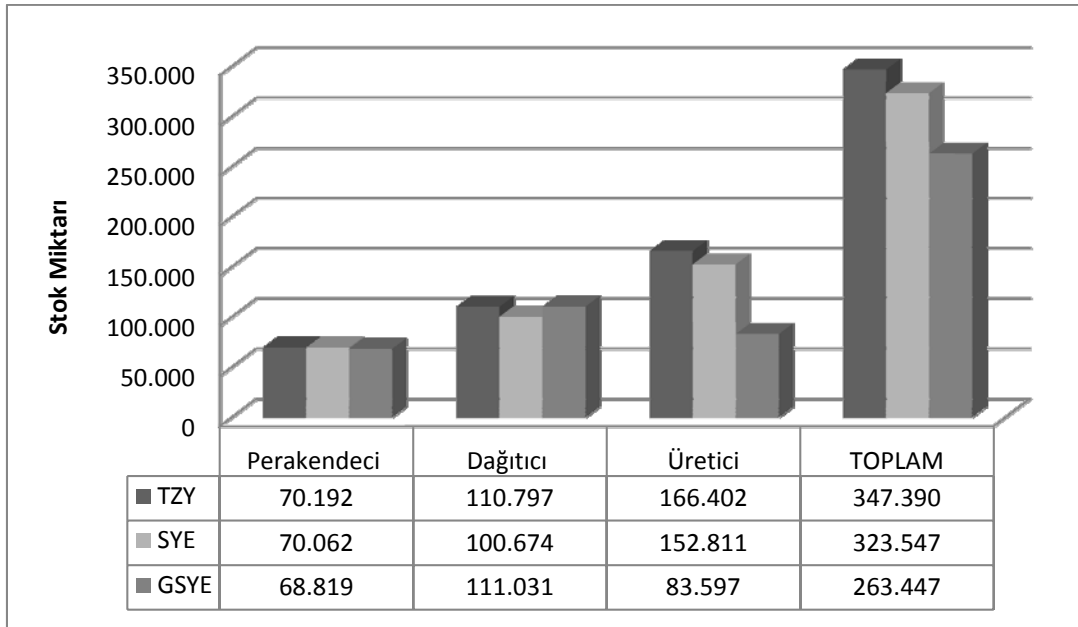
Teslim sürelerinin değişkenliği senaryolarında da GSYE sistemi en düşük stok değerlerine ulaşmaktadır. SYE modeli ise TZY ye göre daha az stok tutmaktadır.

Yapılan analizlerle bu değerlerin farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olduğu Tablo 5.40 deki test sonuçlarından anlaşılmaktadır.

Teslim sürelerinin değişken olduğu L_1 , L_2 ve L_3 senaryolarında ortalama teslim sürelerinin yükselmesinin bir sonucu olarak, stok değerleri de yükselmektedir. TZY sistemlerinde bu yükseliş daha keskin olmakta, böylece SYE ve GSYE sistemlerinin stok avantajlarının yüzdesel değerleri daha da yükselmektedir. Örneğin L_1 senaryolarındaki GSYE nin TZY üzerindeki stok avantajı % 19,85 olurken L_3 senaryolarında bu değer % 26,48 olmaktadır.

Sabit teslim zamanı senaryosunda (L_4) her üç model için en düşük stok değerlerine ulaşılmıştır.

Kademe bazlı olarak ortalama stok miktarları grafiği şekil 5.7 de değer tabloları ile birlikte sunulurken, istatistiksel analiz test ve olasılık değerleri Tablo 5.41 de verilmiştir.



Şekil 5.7. TZY, SYE ve GSYE sistemlerinin ortalama stok miktarı oranları

Tablo 5.41. Kademe bazlı stok miktarı değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

Kademe	F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
			TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
Perakendeci	2,106	,122	,983	,151	,212
Dağıtıcı	59,500	,000	,000	,975	,000
Üretici	1045,336	,000	,000	,000	,000
Toplam Sistem	344,438	,000	,000	,000	,000

Kademe bazlı değerlere bakıldığında perakendeci kademesinde GSYE sisteminin stok değerlerinde yaklaşık % 2 düşüş sağlamasına rağmen, bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tablo 5.41 yardımıyla şekil 5.7 de görülmektedir. Dağıtıcı kademesinde ise SYE modelinin üçüncü dağıtıcıda sağladığı faydalar sonucunda ortalama stok miktarı düşmektedir. GSYE sistemi ise üretici kademesinde yaklaşık % 50 lik bir stok düşüşü gerçekleştirmektedir.

SYE sisteminin dağıtıcı kademesindeki sağladığı faydanın incelendiği Tablo 5.42 ve 5.43 aşağıda sunulmuştur.

Tablo 5.42. Üçüncü dağıtıcı için stok miktarı değerleri

Model	Üçüncü Dağıtıcı Stokları	Yüzdesele Değişim
TZY	37.772	-
SYE	27.206	-27,97
GSYE	37.391	-1,01

Tablo 5.43. Üçüncü dağıtıcı stok değerleri için ANOVA ve Tukey HSD değerleri

F Testi Değeri	Olasılık Değeri	Tukey HSD Testi Olasılık Değerleri		
		TZY-SYE	TZY-GSYE	SYE-GSYE
264,125	,000	,000	,745	,000

Üçüncü dağıtıcıya ait değerler incelendiğinde SYE sisteminin % 27,97 oranıyla 10.566 birim stok değeri düşüşü gerçekleştirdiği görülmektedir. TZY ve GSYE sistemleri arasındaki farklılık çok az olmakta ve Tablo 5.43 deki Tukey HSD değerleri incelendiğinde bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı

görülmektedir. SYE sistemlerindeki odak nokta dağıtıcı olduğu için bu kademedeki önemli stok avantajları sağlaması beklenmektedir. Ama bu kademedeki stok düşüşünün yüzdesel değerinin (yaklaşık % 28) üretici kademesinde GSYE sistemi tarafından sağlanan yüzdesel düşüş değerinden (yaklaşık % 50) daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni daha alt kademedeki yer alan dağıtıcıların karşılaştığı değişkenlik durumlarının, üretici kademesine göre daha az olmasıdır. TZY, SYE ve GSYE modelleri için senaryo bazlı olarak performans ölçütlerinin değerleri Tablo 5.44 de özetlenmiştir.

Tablo 5.44. TZY, SYE ve GSYE modellerinin senaryo bazlı performans ölçütü değerleri

Senaryo	TOPLAM MALİYET			KAMÇI ETKİSİ DEĞERİ			SİPARİŞ ERTELEME ORANI			STOK DEĞERİ		
	TZY	SYE (% değişim)	GSYE (% değişim)	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE (% değişim)	GSYE (% değişim)
K1	85.411.737	82.025.647 (-3,65)	78.247.376 (-8,11)	20,58	19,60	10,59	3,18	3,38	5,42	328.272	297.342 (-8,87)	240.698 (-25,97)
K2	90.101.419	88.359.287 (-1,87)	84.129.616 (-6,53)	18,16	17,66	9,75	2,38	2,48	4,41	338.542	321.731 (-4,79)	264.086 (-21,68)
K3	97.520.809	95.375.603 (-2,10)	90.007.978 (-7,46)	16,20	15,60	9,75	2,00	2,29	4,00	375.356	351.567 (-6,07)	285.556 (-23,41)
T1	88.392.368	86.182.408 (-2,45)	81.693.768 (-7,46)	17,12	16,78	9,53	1,25	1,25	2,09	338.308	317.117 (-6,16)	264.946 (-21,22)
T2	91.581.910	89.237.414 (-2,45)	84.508.684 (-7,57)	18,73	17,73	10,06	2,65	2,85	4,62	349.218	325.413 (-6,50)	264.267 (-24,00)
T3	93.059.686	90.340.715 (-2,72)	86.182.519 (-7,07)	19,10	18,35	10,50	3,67	4,04	7,12	354.645	328.110 (-7,07)	261.127 (-25,84)
L1	91.165.351	90.079.714 (-0,94)	85.699.022 (-5,58)	17,72	17,31	10,28	3,95	4,61	5,25	326.171	308.373 (-5,02)	258.110 (-19,85)
L2	91.103.770	88.733.691 (-2,52)	84.861.766 (-6,78)	18,06	17,36	9,92	1,64	1,52	3,10	351.089	329.757 (-5,90)	275.941 (-21,23)
L3	96.786.669	93.410.863 (-3,42)	87.401.330 (-9,61)	17,90	17,53	9,61	1,28	1,42	3,73	400.985	370.497 (-7,45)	294.160 (-26,48)
L4	84.989.496	82.123.114 (-3,28)	78.551.176 (-7,50)	19,57	18,28	10,32	3,22	3,32	6,36	311.316	285.560 (-7,93)	225.575 (-27,19)
ORTALAMA	91.011.322	88.586.846 (-2,54)	84.128.324 (-7,37)	18,31	17,62	10,03	2,52	2,72	4,61	347.390	323.547 (-6,58)	263.447 (-23,69)

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Tedarik zincirine dâhil firmalar, rekabetçi piyasa koşulları ile birlikte küreselleşen pazar alanları karşısında karlılığını koruyabilmek ve varlığını sürdürebilmek için düşük maliyetli yüksek müşteri hizmet seviyeli yeni yönetim yaklaşımlarını uygulamayı tercih etmektedirler. Ancak pazar alanlarının küreselleşmesi ile birlikte firma talepleri; yeni pazar yapısı, tüketici ve satınalma davranışları, tedarikçiler ve rekabet edilen firmaların farklılaşması gibi unsurlarla şekillenerek belirsizleşmektedir. Bu belirsizlik sonucunda, “kamçı etkisi” ortaya çıkmaktadır.

Firmalar belirsizlik koşullarının üstesinden gelmek için stok yönetimi yaklaşımlarında toleranslarını arttırmakta ve bu değişim, tedarik ağı boyunca kademeler yükseldikçe daha fazla belirgin olup, bütün ağda bir kararsız yapıya neden olarak, genel ağ performansını düşürmektedir. Stok tutmanın fazla olması sonucu ile genel maliyet değerlerini yükselten bu durumla mücadele edebilmek için klasik stok yönetimi yaklaşımlarına yeni alternatifler sunulması gereği ortaya çıkmaktadır.

SYE, tedarik ağlarının performansının optimize edilmesi için üst kademe elamanlarının alt kademe stok yönetimi süreçlerini ele aldığı işbirlikçi bir tedarik zinciri yönetim felsefesidir. SYE modelinde alt kademe stok verilerinin paylaşılması ile stok yönetimi sorumluluğunun üst kademeye alınması esastır. Bu açıdan bakıldığında stok verilerine ulaşılmasının yöntemi önem taşımaktadır. SYE sistemlerinin tedarik ağlarında kullanım amaçlarından biri de, alt kademe tarafından ortaya çıkarılabilen spekülâtif durumlardan kaçınmaktır. Örneğin alt akdeme elemanın sipariş dağıtım oranlarındaki paylarını artırma isteği sonucunda ortaya çıkan oranlama oyunu, SYE sistemlerinde elemine edilmelidir. Eğer alt kademe stok değerlerini kendisi gönderir veya bilişim sistemine girerse, oranlama oyununun oynanmasının önüne geçilmeyebilir. Bu bağlamda SYE sistemlerinde veri paylaşımı

süreci aslında alt kademe stok alanlarının üst kademe tarafından izlenmesi ile gerçekleştirilip, alt kademedeki stok değerleri alınmayıp, bu değerler direkt olarak stok izleme yazılımları ile sağlanabilir.

SYE sistemlerinin tedarik ağı boyunca kamçı etkisi, toplam zincir maliyeti ve stok miktarı değerlerini düşürüp, toplam zincir optimizasyonu konusunda önemli faydalar sağlamaktadır. Ancak sağladığı bu avantajlara rağmen, SYE genelde iki kademeli tedarik zincirlerinde kullanım alanı bulmaktadır.

Çalışma içerisinde gerçekleştirilen literatür incelemesi sonucunda SYE sistemlerinin bütün tedarik ağına genişletilmesini gerçekleştirecek bir çalışmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca yüksek yatırım maliyetleri gerektiren karmaşık bilişim sistemlerine ihtiyaç duymayan, sadece stok pozisyonu verisi paylaşımı ile mümkün olan en az organizasyonel dirençle karşılaşılabilecek bir GSYE yapısı gerekliliği belirlenmiştir. Piyasa ve endüstriyel ortamların dinamik koşullarına ayak uydurabilmek için değişken talep ve teslim zamanı koşullarında sonuç üretebilecek şekilde dinamik bir stok yenileme süreci içeren model tasarımı gerçekleştirilmesi de SYE çalışmalarında sınırlı sayıda gerçekleştirilmiştir.

Ayrıntılı literatür incelemesi sonucunda çalışmanın amacı “çok kademeli tedarik zincirlerinde satıcı yönetimli envanter yönetim felsefesinin faydalarını yayarak, toplam ağ performansını artırıp, kamçı etkisi değerini düşüren, ağdaki belirsizliği azaltmak için talep tahmini tabanlı dinamik stok kontrol yönetimi yaklaşımının adapte edildiği yeni bir genişletilmiş satıcı yönetimli envanter modeli geliştirmek” olarak belirlenmiştir.

Bu amaca ulaşmak için, hazırlanan çalışmada; DSKP yaklaşımının değişken teslim süresi koşulu altında yeniden uyarlanması, yeni bir yaklaşım olarak GSYE yaklaşımının modellenmesi, yeniden düzenlenmiş DSKP yapısının TZY, SYE ve GSYE modellerine adapte edilmesi, her üç tedarik zinciri modeli için benzetim modellerinin tasarlanması, deney tasarımının gerçekleştirilmesi ve deneysel sonuçların analiz edilmesi şeklinde bir yöntem izlenmiştir.

Hazırlanan çalışmada GSYE modeli tasarlanıp uygulanmasıyla kamçı etkisinin azaltılması amacı gerçekleştirilmiştir. Kamçı etkisi temelde dört farklı neden tarafından tetiklenmektedir. GSYE modeli ile talep tahmini güncellemeleri, tedarik kıtlığı ve oranlama oyunu ve sipariş birleştirme nedenleri sonucunda ortaya çıkan kamçı etkisinin azaltılabileceği öngörülmüştür. GSYE modeli fiyat dalgalanmaları sonucu ortaya çıkan kamçı etkisi değerinde herhangi bir iyileştirme sağlayacak bir yenilik içermemektedir.

Talep tahmini güncellemeleri sonucunda ortaya çıkan kamçı etkisi, tamamen tahmin hatalarının kademeler yükseldikçe, kullanılan yöntemler yüzünden katlanarak çoğalması sonucu olduğu belirlenmiştir. Bu etki ile baş etmenin önemli bir yöntemi daha etkin gelişmiş talep tahmini yöntemlerinin kullanılmasıdır. Fakat yinede üst kademelere doğru, yöntem ne kadar iyi olursa olsun, kamçı etkisi değerinin yükseleceği beklenen bir durumdur. Bundan dolayı da talep tahmini yöntemlerinin değiştirilmesinden ziyade, bu sürecinin ağ boyunca yeniden organize edilmesi ile kamçı etkisi ile daha etkin bir şekilde mücadele edilmesini sağlayabileceği düşünülmüştür. GSYE sistemleri ile tahmin süreçlerinin sayısını azaltarak, genel ağ tahmin yapısını değiştirip, hatanın katlanarak yükselmesi önlenmiştir. GSYE yaklaşımında dağıtıcılar perakendeci için, üretici ise dağıtıcıları için talep tahmini gerçekleştirir. Üreticiler talep tahmini yöntemlerini kullanarak yeniden bir tahmin gerçekleştirmek yerine, dağıtıcı için yaptığı tahminleri kendisi için kullanmaktadır. Tedarik ağı boyunca en yüksek değişkenlik üretici kademesinde olduğundan, bu kademe gerçekleştirilmiş olan düzenleme sonucunda değişkenlik ile mücadele edilebilmesi amacı gerçekleştirilmiştir.

GSYE sistemleri TZY sistemlerinin aksine bütün ağ boyunca oranlama oyununa izin vermediği için yüksek miktar oluşan siparişler nedeni ile oluşacak değişkenliğin önüne geçilmesi beklenmektedir. SYE sistemlerinde ise belirlenen dağıtıcıya bağlı perakendecilerde oranlama oyunu söz konusu olmadığından, kısmen bir iyileştirme olması düşünülmektedir. Oranlama oyunu söz konusu değil ise, sipariş kalıpları belli bir düzene oturacağından firmanın gereksiz stoklar üretmesi engellenecektir. Ayrıca gerçek endüstriyel koşullarda bu oyunun sonucu olarak ortaya çıkan sipariş iptalleri durumu GSYE sisteminde ortaya çıkmamaktadır.

GSYE sistemlerinde perakendeci ve dağıtıcı kademesindeki sipariş kalıpları, TZY sistemlerine göre daha az değişkenlik göstermektedir. Sipariş miktarları, oranlama oyununun bir sonucu olarak azaldığından, firmalar daha sık sipariş oluşturma yolunu tercih etmişlerdir. Perakendeci ve dağıtıcı sipariş değişkenliğinin azalması, üretici sipariş düzenlerini de etkileyip, bu kademe için de belirsizliği azaltmıştır. Ayrıca üretici kademesinde talep tahminlerinin dağıtıcı toplam talep fonksiyonu şeklinde yazılmasıyla da, tahmin değerleri değişkenliği düşmüş ve sipariş değerlerindeki düzen sağlanmıştır.

Modellemesi gerçekleştirilen TZY, SYE ve GSYE yaklaşımlarının karşılaştırmalı analizlerinin gerçekleştirilmesi için bir benzetim uygulaması tasarlanmıştır. Benzetim modeli C# programlama diliyle hazırlanmış bir yazılım ile uzun dönemde; sipariş miktarı değişkenliği, tedarik kısıtlığı durumu ve teslim süresi değişkenliği senaryolarına göre çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar, toplam zincir maliyeti, kamçı değeri, sipariş erteleme oranı ve stok miktarı performans ölçütleri açısından tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile değerlendirilmiştir.

SYE modeli toplam zincir maliyeti açısından TZY ye göre daha iyi sonuç verirken, en düşük maliyet değerlerine GSYE modelinde ulaşılmıştır. GSYE modeli; üretici kademesindeki değişkenliğin azalmasına bağlı olarak, ürettiği sipariş miktarları ve sipariş aralıkları da kısaldığı için, çok düşük elde bulundurma maliyeti değerlerine ulaşmaktadır. Sabit sipariş maliyeti ve sipariş erteleme maliyeti açısından diğer modeller ile arasındaki fark çok olmamakla beraber GSYE yaklaşımına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Kamçı değerleri, ağ boyunca oranlama oyununun ortadan kaldırılması ve son kademe talep tahmini sürecini gerçekleştirilmemesi sonucu GSYE modelinde diğer yaklaşımlara göre çok daha düşüktür. TZY ve SYE modelleri arasında kamçı değerleri açısından istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmadığı gözlenmiştir..

Sipariş erteleme oranları, en düşük TZY sisteminde olmakla beraber, geliştirilen farklı senaryo koşullarında SYE sistemi ile arasındaki fark anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır. GSYE modeli; diğer sistemlere göre daha fazla sipariş ertelemesine rağmen, bu erteleme oranının müşteri hizmet seviyesi hedefine göre kabul edilebilir

olduğu söylenebilir. Perakendeci ve dağıtıcı kademesinde sipariş erteleme oranları ise her üç sistemde çok düşük ve birbirine yakın değerlerdedir.

GSYE modelinde stok miktarları, sipariş verme düzenleri sonucunda en düşük değerlerine ulaşmaktadır. SYE sisteminde ise TZY yaklaşımına göre daha az stok tutma değerleri görülmektedir. Perakendeci stoklarında her üç sistem benzer sonuçlar üretmekte, dağıtıcı kademesinde SYE ve üretici kademesinde ise GSYE diğer modellere göre çok düşük stok tutma değerleriyle çalışmaktadırlar.

Önerilen modelin sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, tezin genel amacı olan kamçı etkisinin azaltılmasının gerçekleştirildiği görülmektedir. Ayrıca tedarik zincirinin performansının belirlendiği diğer kriterlerde de önemli faydalar sağlanmıştır.

GSYE modeli üretici odaklı bir yaklaşım olduğundan, bu kademe de çok önemli faydalar sağlamaktadır. Dağıtıcı ve perakendeci sistemlerinde ise maliyet, kamçı değeri ve stok miktarları açısından bir miktar iyileştirme gerçekleştirmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, üreticinin tedarik ağı boyunca kilit rolde olduğu beyaz eşya veya otomotiv gibi sektörlerde GSYE modelinin önemli bir kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir. Ayrıca bir işbirlikçi bir anlaşma sistemi olan GSYE modeli; üst kademe elemanlarının, sağladığı faydaları göz önüne alarak, alt kademe elemanlarına miktar veya fiyat indirimleri ya da maliyet değerlerinin bir kısmının üstlenilmesi gibi avantajlar sağlayabileceği düşünüldüğünde, uygulanabileceği sektörlerin sayısının da artabileceği öngörülebilir.

Kurulan matematiksel model yapısının perakendeci ve dağıtıcı sayısı konusundaki esnekliği ve sadece stok değerlerinin paylaşılması süreci dikkate alındığında, çok fazla sayıda perakendeci ve dağıtıcı içeren sistemlerde de GSYE modelinin kullanılabileceği düşünülmektedir. Fakat stokların izlenmesinin gerçekleştirildiği bilişim sistemi altyapısının çok sayıda kademe elemanı olduğu durumda karmaşıklaşacağı da göz önüne alındığında, kullanılan yazılım altyapısının iyi yönetilmesi zorunluluğu da, GSYE uygulamalarında bir kısıtlama olarak düşünülebilir.

6.2. Gelecek Çalışmalar

Önerilen modelin yeni bir yaklaşım olması ve esnek stok yönetimi yapısı ile iyileştirmelere açık olmasıyla birlikte, model varsayımları da göz önüne alındığında, gelecek çalışmaları konusunda önemli fırsatları öngördüğü söylenebilir. Bu bağlamda, gelecekte model üzerinde iyileştirme gerçekleştirilebilecek alanları aşağıdaki şekilde sırasıyla sunulmaktadır.

- Fiyat dalgalanmaları sonucu ortaya çıkan kamçı değerini azaltabilecek yeni bir talep tahmini sürecinin gerçekleştirilmesi,
- GSYE stok yönetimi alanındaki yapılacak yeni düzenlemeler ile müşteri hizmet seviyesi kayıplarının ortadan kaldırılması ve/veya bu seviyenin iyileştirilmesi,
- GSYE modelinde stok yönetimi yaklaşımlarının tam merkezi bir yapıyla yönetildiği yeni yapısal tarımın gerçekleştirilmesi,
- Dağıtım, stoklama ve üretim kapasitesi koşulları durumunda GSYE modelinin yeniden düzenlenmesi,
- Teslim edilemeyen siparişlerin ertelenmediği ve kayıp satış olduğu durumlarda stok yönetimi yapısının yeniden tasarlanmasıdır.

KAYNAKLAR

ABURTO, L. and WEBER, R., “Improved supply chain management based on hybrid demand forecasts”, *Applied Soft Computing*, 7(1), pp. 134-144, 2007

ACHABAL, D.D., McINTYRE, S.H., SMITH, S.A. and KALYANAM, K., “A Decision support system for vendor managed inventory”, *Journal of Retailing*, 76(4), pp.430-454, 2000

AGRAWAL, S., SENGUPTA, R.N. and SHANKER, K., “Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory”, *European Journal of Operational Research*, 192(2), pp. 576-593, 2009

ALMEHDAWE, E. and MANTIN, B., “ Vendor managed inventory with a capacitated manufacturer and multiple retailers: Retailer versus manufacturer leadership”, *International Journal of Production Economics*, 128(1), pp. 292-302, 2010

ALON, I., QI, M. and SADOWSKI, R.J., “Forecasting aggregate retail sales: a comparison of artificial neural networks and traditional methods”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(3), pp. 2001, 147-156

ALWAN, L.C., LIU, J.J. and YAO, D., “Stochastic characterization of upstream demand processes in a supply chain”, *IEEE Transactions*, 35(3), pp. 207-219, 2003

ANGULO, A., NACHTMANN, H. and WELLER, M.A., “Supply chain information sharing in a vendor managed inventory partnership”, *Journal of Business Logistics*. 25(1), pp. 101-120, 2004

BABAI, M.Z. and DALLERY, Y., “Inventory management: forecast based approach vs. standard approach”, *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, pp. 57-67, 2005

BABAI, M.Z. and DALLERY, Y., “Dynamic versus static control policies in single stage production-inventory systems”, *International Journal of Production Research*, 47(2), pp. 415-433, 2009

BANKS, J., CARSON II, J.S., NELSON, B.L. and NICOL, D.M., “Discrete-event system simulation”, Pearson Education, New Jersey, 2010

BICHESCU, B.C. and FRY, M.J., “Vendor-managed inventory and the effect of channel Power”, *OR Spectrum*, 31(1), pp. 195-228, 2009

- BREGMAN, R.L. and SILVER, E.A., “A Modification of silver meal heuristic to handle MRP purchase discount situations”, *Journal of Operational Research Society*, 44(7), pp. 717-723, 1993
- BURBIDGE, J.L., “Period batch control (PBC) with GT – the way forward from MRP”, *BPCIS Annual Conference*, 1991
- CARBONNEAU, R., LAFRAMBOISE, K. and VAHIDOV, R., “Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting”, *European Journal of Operational Research*, 184(3), pp.1140-1154, 2008
- CARLSSON, C. and FULLER, R., “Reducing the bullwhip effect by means of intelligent, soft computing methods”, *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3027-3036, 2001
- CHANDRA, C. and GRABIS, J., “Application of multi-steps forecasting for restraining the bullwhip effect and improving inventory performance under autoregressive demand”, *European Journal of Operational Research*, 166(2), pp. 337-350, 2005
- CHEN, F., DREZNER, Z., RYAN, J.K. and SIMCHI-LEVI, D., “Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information”, *Management Science*. 46(3), 436-443, 2000
- CHOPRA, S. and MEINDL, P., “Supply chain management”, Prentice Hall, New Jersey , 2006
- CROSON, R. and DONOHUE, K., “Behavioral causes of the bullwhip effect and the observed value of inventory information”, *Management Science*, 52(3), pp. 323-336, 2006
- ÇALLI, F., “Bütünleşik tedarik zincir ağlarında bilişim paylaşımı ölçüm modeli”, *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi*, 2007
- ÇALLI, L., “E-memnuniyet kavramının değerlendirilmesi ve yeni bir model denemesi”, *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi*, 2010
- ÇETİNKAYA, S. and LEE, Y., “Stock replenishment and shipment scheduling for vendor managed inventory systems”, *Management Science*, 46(2), pp. 217-232, 2000
- DANESE, P., “The Extended VMI for coordinated the whole supply network”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), pp. 888-907, 2006
- DARWISH, M.A. and ODAH, O.M., “Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains”, *European Journal of Operational Research*, 204(3), pp. 473-484, 2010

- DEJONCKHEERE, J., DISNEY, S.M., LAMBRECHT, M.R. and TOWILL, D.R., "Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains", *International Journal of Production Economics*, 78(2), pp. 133-144, 2002
- DEJONCKHEERE, J., DISNEY, S.M., LAMBRECHT, M.R. and TOWILL, D.R., "Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach", *European Journal of Operational Research*, 147(3), pp.567-590, 2003
- DEJONCKHEERE, J., DISNEY, S.M., LAMBRECHT, M.R. and TOWILL, D.R., "The impact of information enrichment on the Bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective", *European Journal of Operational Research*, 153(3), pp. 727-750, 2004
- DE LA FUENTE, D. and LOZANO, J., "Application of distributed intelligence to reduce the bullwhip effect", *International Journal of Production Research*, 45(8), pp. 1815-1833, 2007
- DE TONI, A.F., and ZAMALO, E., "From a traditional replenishment system to vendor-managed inventory: A case study from the household electrical appliances sector", *International Journal of Production Economics*, 96(1), pp.63-79, 2005
- DHAHRI, I. and CHABCHOUB, H., "Nonlinear goal programming models quantifying the bullwhip effect in supply chain based on ARIMA parameters", *European Journal of Operational Research*, 177(3), pp. 1800-1810, 2007
- DISNEY, S.M., NAIM, M.M. and POTTER, A., "Assessing the impact of e-business on supply chain dynamics", *International Journal of Production Economics*, 89(2), pp. 109-118, 2004
- DISNEY, S.M. and TOWILL, D.R., "Vendor managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain", *International Journal of Operations & Production Management*. 23(5/6), pp. 625-651, 2003a
- DISNEY, S.M. and TOWILL, D.R., "The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the bullwhip effect in supply chains", *International Journal of Production Economics*, 85(2), pp. 199-215, 2003b
- DISNEY, S.M. and TOWILL, D.R., "On the bullwhip and inventory variance produced by an ordering policy", *International Journal of Management Science (OMEGA)*, 31(3), pp. 157-167, 2003c
- DONG, A., "Optimization of replenishment strategy for a VMI-based apparel supply chain", PHD Thesis, Hong Kong Polytechnic University, 2007
- DONG, Y. and XU, K., "A supply chain model of vendor managed inventory", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(2), pp. 75-95, 2002

DUC, T.T.H., LUONG, H.T. and KIM, Y.D., “Effect of the third-party warehouse on bullwhip effect and inventory cost in supply chains”, *International Journal of Production Economics*, 124(2), pp.395-407, 2010

FAN, L. and ZHOU, Y., “Relational Analysis of Causes of Bullwhip Effect in a Multi-layer Model”, *International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pp.482-487, 2006

FERBAR, L., CRESLOVNIK, D.C., MOJSKERC, B. and RAJGELJ, M., “Demand forecasting methods in a supply chain: Smoothing and Denoising”, *International Journal of Production Economics*, 118(1), pp. 49-54, 2009

FORRESTER J., “*Industrial Dynamics*”, MIT Press, 1961

FRANSOO, J.C. and WOUTERS, M.J.F., “Measuring the bullwhip effect in the supply chain”, *International Journal Supply Chain Management*. 5(2), 78-89, 2000

GIANNOCCARO, I., PONTRANDOLFO, P. and SCOZZI, B., “A Fuzzy echelon approach for inventory management in supply chains”, *European Journal of Operational Research*, 149(1), pp.185–196, 2003

GÖKSU, A., “Bütünleşik Tedarik Zinciri Açında Üretim Kontrol Mekanizmalarının Karşılaştırılması”, *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi*, 2006

HINES, P., LAMMING, R., JONES D., COUSINS P. and RICH N., “*Value stream management- strategy and excellence in the supply chain*”. Prentice Hall, London, 2000

HOLMSTRÖM, J., “Business process innovation in the supply chain - a case study of implementing vendor managed inventory”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 4(2), pp. 127-131, 1998

HOULIHAN J.B., “International supply chain management”, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 17(2), pp.51-66, 1987

JAKSIC, M. and RUSJAN B., “The effect of replenishment policies on the bullwhip effect: A transfer function approach”, *European Journal of Operational Research*, 184(3), pp.946-961, 2008

KANG, S., KANG, Y. and LI, Y., “Bullwhip effect in supply chain system based on traditional internet/WSRF in grid environment”, *International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pp. 505-510, 2006

LEE, H.L. and BILLINGTON C., “Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities”, *Sloan Management Review*. 33(3), pp. 65-73. 1992

LEE, H.L., PADMANABHAN, P. and WHANG, S., “Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect”, *Management Science*, 43(4), 543-558, 1997a

LEE, H.L., PADMANABHAN, P. and WHANG, S., "The Bullwhip effect in supply chains", *Sloan Management Review*, 38(3), pp. 93-102, 1997b

LEE, H.T. and WU, J.C., "A study on inventory replenishment policies in a two-echelon supply chain system", *Computers and Industrial Engineering*, 51(2), pp.257-263, 2006

LI, Z., ROSE, J.M. and HENSHER, D.A., "Forecasting automobile petrol demand in Australia: An evaluation of empirical models", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(1), pp. 16-38, 2010

LIANG, W. and HUANG, C., "Agent-based demand forecast in multi-echelon supply chain", *Decision support systems*, 42(1), pp.390-407, 2006

LIBO, Z. and QIN, Z., "A Comparison of system dynamics between time-based and quantity-based VMI consolidation replenishment system", *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services*, pp. 1568-1574, 2007

LIN, K.P., CHANG, P.T., HUNG, K.C. and PAI, P.F., "A simulation of vendor managed inventory dynamics using fuzzy arithmetic operations with genetic algorithms", *Expert Systems with Applications*, 37(3), pp. 2571-2579, 2010

MACHUCA, J.A.D. and BARAJAS, R.P., "The impact of electronic data interchange on reducing bullwhip effect and supply chain inventory costs" *Transportation Research - Part E the Logistics and Transportation Review*, 40(3), pp. 209-228, 2004

MIAO, L., GUO, X. and MIA, Z., "The Bullwhip Effect in The Supply Chain and The Corresponding Solution", *Intelligent Transportation Systems*, 2, pp. 1054-1059, 2003

MONCZKA, R.M, PETERSON, K.J. and HANDFIELD, R.B., "Success factors in strategic supplier alliances: The buying company perspective", *Decision Sciences*, 29 (3/4), pp. 427-453, 1998

MOYAUX,T., CHAI-DRAA, B. and D'AMOURS, S., "Information sharing as a coordination mechanism for reducing the bullwhip effect in a supply chain" *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C Applications and Reviews*. 37(3), pp. 396-409, 2007

NIENHAUS, J., ZIEGENBEIN, A. and SCHOENSLEBEN, P., "How human behaviour amplifies the bullwhip effect. A study based on the beer distribution game online", *Production Planning & Control*, 17(6), 547-557, 2006

O'DONNELL, T., HUMPHREYS, P., McIVOR, R. and MAGUIRE, L., "Reducing the negative effects of sales promotions in supply chains using genetic algorithms", *Expert Systems with Applications*, 36(4), pp. 7827-7837, 2009

- OMAR, M. and SMITH, D.K., "An optimal batch size for a production system under linearly increasing time-varying demand process", *Computers and Industrial Engineering*, 42(1), pp. 35-42, 2002
- OUYANG, Y., "The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect", *European Journal of Operational Research*, 182(3), pp. 1107-1121, 2007
- OUYANG, Y. and LI, X., "The bullwhip effect in supply chain networks", *European Journal of Operational Research*, 201(3), pp. 799-810, 2010
- PAIK, S. and BAGCHI, P.K., "Understanding the causes of the bullwhip effect in a supply chain", *International Journal of Retail & Distribution Management*, 35(4), pp. 308-324, 2007
- ROSSETTI, M., VARGHESE, V., MIMAN, M. and POHL, E., "Simulating inventory systems with forecast based policy updating", *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 2732-2740, 2008
- RU, J., "The Impacts of vendor managed inventory on supply chain performance in retail industry", PHD Thesis, University of Texas, 2010
- RYU C., "An Investigation of impacts of advanced coordination mechanisms on supply chain performance: Consignment, VMI I, VMI II, and CPFR", PHD Thesis, The State University of New York, 2006
- SALZARULO, P.A., "Vendor managed inventory programs and their effect on supply chain performance", PHD Thesis, Indiana University, 2006
- SILVER, E., PYKE, F.D. and PETERSON, R., "Inventory management and production planning and scheduling", John Wiley & Sons, New York, 1998
- SIMCHI-LEVI, D., KAMINSKY, P. and SIMCHI-LEVI, E., "Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies and case studies", McGraw-Hill / Irwin, New York, 2008
- SOKOLOWSKI, J.A. and BANKS, C.M., "Principles of modeling and simulation: A Multidisciplinary approach", John Wiley and Sons, New Jersey, 2009
- SOUTHARD, P.B., "Extending vendor managed inventory into alternate supply chains: A Simulation analysis of costs and service Levels", PHD Thesis, University of Nebraska, 2001
- SUESUT, T., GULPHANICH, S., NILAS, P., ROENGRUEN, P. and TIRASESTH, K., "Demand forecasting approach inventory control for warehouse automation", *IEEE Region 10 Conference*, pp.438-441, 2004
- SWAMINATHAN, J.M., SMITH, S.F. and SADEH, N.M., "Modeling supply chain dynamics", *Decision Sciences*, 29(3), pp. 1-26, 1998

ŞENYİĞİT, E., “New heuristics to stochastic dynamic lot sizing problem”, Gazi University Journal of Science, 22(2), pp. 97-106, 2009

TAŞKIN GÜMÜŞ, A., “Tedarik Zincirlerinde Talep ve Temin Sürelerinde Duyarlı Çok Aşamalı Envanter Kararlarının İncelenmesi ve Endüstriyel Bir Uygulama”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007

TOKAR, T., “Supply chain replenishment behavioral influences on total cost and order variance amplification”, PHD Thesis, University of Arkansas, 2006

TRATAR, F., “Joint optimisation of demand forecasting and stock control parameters”, International Journal of Production Economics, 127(1), pp.173-179, 2010

TYAN, J. and WEE, H.M., “Vendor managed inventory: a survey of the Taiwanese grocery industry”, Journal of Purchasing and Supply Management, 9(1), pp. 11-18, 2003

VITGIL, A., “Information exchange in vendor managed inventory”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 37(2), pp. 131-147, 2007

WANG, J., JIA, J. and TAKAHASHI, K., “A study on the impact of uncertain factors on information distortion in supply chains”. Production Planning & Control, 16(1), 2-11, 2005

YAO, Y., EVERS, P.T. and DRESNER, M.E., “Supply chain integration in vendor managed inventory”, Decision Support Systems, 43(2), pp. 663-674, 2007

ZANONI, S., FERRETTI, I. and TANG, O., “Cost performance and bullwhip effect in a hybrid manufacturing and re-manufacturing system with different control policies”, International Journal of Production Research, 44(18-19), 3847-3862, 2006

ZHANG, J., “Vendor managed inventory and information sharing along the supply chain”, PHD Thesis, Arizona State University, 2005

ZHANG, X., “The impact of forecasting methods on the bullwhip effect”, International Journal of Production Economics, 88(1), pp. 15-27, 2004

ZHOU, L. and DISNEY, S.M., “Bullwhip and inventory variance in a closed loop supply chain”, OR Spectrum, 28(1), pp. 127-149, 2006

EK-A. Doğrulama ve geçerlilik test aralığında seçilen perakendeci için TZY modeli sonuçları

Tablo A1. Geçerlik ve doğrulama örnek tedarik ağı için 60 dönemlik test aralığında R_{33} perakendecisi için TZY modeli sonuçları

Dönem	Talep	Yeniden Sipariş Noktası (r)	Dönem Sonu Stok	Sipariş Verilen Miktar (Q)	Teslim Süresi (gün)	Teslim Alınan Sipariş Miktarı	Dönem	Talep	Yeniden Sipariş Noktası (r)	Dönem Sonu Stok	Sipariş Verilen Miktar (Q)	Teslim Süresi (gün)	Teslim Alınan Sipariş Miktarı
61	2424	19577	8607	5959	4,0		91	2417	16598	5988		3,5	
62	2395	18605	6212		3,3		92	2691	16727	8250	5686	2,7	4953
63	2284	17683	12296		3,2	8368	93	2239	17461	6011		4,4	
64	2515	16643	9781		3,3		94	2476	17028	8663	5325	4,3	5128
65	2336	16296	13404	4977	4,0	5959	95	2340	17165	12009		3,6	5686
66	2318	15645	11086		4,0		96	2430	16946	9579		3,4	
67	2487	15095	8599		4,0		97	2482	16942	7097	7080	3,3	
68	2389	15066	6210	7476	3,9		98	2547	17045	4550		3,2	
69	2299	14895	8888		2,6	4977	99	2601	17275	7274	5492	3,4	5325
70	2494	14609	6394		3,6		100	2406	17588	4868		4,0	
71	2480	14866	3914	7057	3,1		101	2438	17390	9510		3,6	7080
72	2409	15127	8981		3,1	7476	102	2192	17268	7318	7394	3,8	
73	2426	15246	6555		3,8		103	2211	16575	10599		3,1	5492
74	2322	15428	4233	8384	2,8		104	2469	16002	8130		4,0	
75	2486	15379	8804		3,0	7057	105	2418	16102	5712	5201	3,6	
76	2343	15738	6461		4,0		106	2609	16095	10497		3,3	7394
77	2297	15743	12548	5466	3,7	8384	107	2227	16547	8270	5690	3,0	
78	2354	15651	10194		3,8		108	2373	16074	5897		3,7	
79	2159	15709	8035	4614	3,6		109	2412	15999	8686		4,1	5201
80	2511	15319	5524		3,4		110	2516	16037	11860	6296	3,2	5690
81	2287	15798	8703	4814	3,1	5466	111	2499	16325	9361		3,1	
82	2226	15716	6477		2,7		112	2455	16550	6906	5765	3,3	
83	2394	15504	8697		3,2	4614	113	2524	16648	4382		3,4	
84	2316	15712	6381	6792	4,1		114	2396	16891	8282	5466	3,9	6296
85	2323	15722	8872		3,2	4814	115	2322	16800	5960		3,0	
86	2276	15749	6596	4696	2,6		116	2370	16538	9355		4,0	5765
87	2419	15666	4177		3,2		117	2536	16413	6819	6384	3,2	
88	2276	15926	1901	4953	4,0		118	2432	16687	9853		3,0	5466
89	2473	15825	10916		2,9	11488	119	2595	16690	7258	5369	3,5	
90	2511	16190	8405	5128	3,8		120	2462	17068	4796		3,6	

EK-B. Doğrulanma ve Geçerlilik modeli maliyet değerleri ayrıntılı sonuç değerleri

Tablo B1. Doğrulanma ve Geçerlilik örnek tedarik ağı için 60 dönemlik test aralığında kademe esaslı ayrıntılı maliyet değerleri

	Sabit Sipariş Maliyeti (K) (pb)			Elde Bulundurma Maliyeti (H) (pb)			Yok Satma Maliyeti (P)			Toplam Maliyet		
	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
P	360.000	300.000	720.000	2.725.993	2.699.771	1.331.138	0	110.770	8.638	3.085.993	3.110.541	2.059.776
D₁	250.000	250.000	250.000	767.328	603.998	699.767	0	0	0	1.017.328	853.998	949.767
D₂	300.000	275.000	250.000	506.527	549.524	624.930	0	0	0	806.527	824.524	874.930
D₃	300.000	400.000	325.000	566.727	418.189	651.470	0	0	0	866.727	818.189	976.470
Toplam D	850.000	925.000	825.000	1.840.582	1.571.711	1.976.167	0	0	0	2.690.582	2.496.711	2.801.167
R₁₁	102.000	108.000	108.000	135.078	134.449	134.449	0	0	0	237.078	242.449	242.449
R₁₂	102.000	102.000	102.000	95.280	95.219	95.219	0	0	0	197.280	197.219	197.219
R₁₃	126.000	126.000	126.000	144.110	144.018	144.018	0	0	0	270.110	270.018	270.018
R₁₄	108.000	108.000	108.000	136.446	136.366	136.366	0	0	0	244.446	244.366	244.366
R₂₁	102.000	102.000	102.000	96.448	96.387	96.387	0	0	0	198.448	198.387	198.387
R₂₂	102.000	102.000	102.000	111.547	111.460	111.460	0	0	0	213.547	213.460	213.460
R₂₃	102.000	102.000	102.000	117.575	117.481	117.481	0	0	0	219.575	219.481	219.481
R₂₄	78.000	78.000	78.000	91.100	85.296	85.296	0	0	0	169.100	163.296	163.296
R₃₁	102.000	102.000	102.000	101.090	102.224	102.224	0	0	0	203.090	204.224	204.224
R₃₂	102.000	108.000	108.000	129.980	136.076	136.076	0	0	0	231.980	244.076	244.076
R₃₃	144.000	144.000	144.000	142.408	142.337	142.337	0	0	0	286.408	286.337	286.337
R₃₄	96.000	96.000	96.000	104.150	104.074	104.074	0	0	0	200.150	200.074	200.074
Toplam R	1.266.000	1.278.000	1.278.000	1.405.213	1.405.385	1.405.385	0	0	0	2.671.213	2.683.385	2.683.385
ORTALAMA	2.476.000	2.503.000	2.823.000	5.971.788	5.676.867	4.712.690	0	110.770	8.638	8.447.788	8.290.637	7.544.328

EK – C. Benzetim uygulaması sonuçları

Tablo C1. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	77.623.009	85.297.922	70.771.077	19,21	29,46	9,47	11,02	20,19	0,30	229.783	229.286	229.790
2	76.370.937	80.298.910	75.921.839	18,22	22,53	10,64	1,46	8,87	3,44	269.456	243.413	237.730
3	79.960.131	78.576.855	76.681.424	17,87	17,02	10,10	0,44	0,33	0,31	292.152	277.561	248.744
4	81.723.448	81.478.224	79.053.452	15,00	15,11	8,73	1,13	0,23	0,13	292.211	288.924	258.607
5	91.346.161	77.180.112	107.454.945	24,86	19,13	32,80	5,09	1,06	21,98	356.512	263.382	307.173
6	81.855.652	81.856.875	79.285.525	9,47	9,63	5,33	0,22	0,35	0,12	299.628	293.330	259.041
7	74.433.055	73.113.053	71.433.029	19,84	18,46	10,81	0,82	0,54	0,74	269.181	254.566	234.987
8	84.417.658	75.831.209	76.309.238	23,12	17,84	9,48	4,57	4,00	6,44	315.720	255.270	228.975
9	81.209.571	78.612.879	73.730.271	14,81	12,84	7,00	4,33	3,68	1,84	277.039	255.203	229.902
10	78.454.236	77.072.614	74.808.590	22,35	18,36	10,67	0,62	0,09	0,19	285.943	270.315	244.199
Ort.	80.739.386	78.931.865	78.544.939	18,47	18,04	11,50	2,97	3,93	3,55	288.762	263.125	247.915

Tablo C2. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	82.465.809	78.440.036	75.019.653	20,25	17,31	9,45	0,87	0,30	0,79	319.267	287.457	248.115
2	77.747.680	74.802.057	71.525.304	24,53	21,91	11,30	0,62	0,32	0,35	297.196	271.485	238.169
3	80.318.264	78.049.388	74.754.461	13,00	13,42	6,75	0,28	0,18	0,49	311.680	285.819	249.767
4	74.836.309	73.671.033	70.497.496	18,13	19,98	10,32	0,36	0,45	0,65	285.986	273.447	237.679
5	83.073.123	81.719.456	79.934.346	18,82	19,14	9,77	0,93	0,62	1,80	319.675	305.041	265.490
6	76.773.112	75.924.137	71.941.099	16,48	16,72	6,65	0,26	0,48	0,49	292.993	277.019	240.953
7	82.270.325	79.385.526	75.568.274	15,10	18,25	8,17	0,65	0,63	0,30	315.304	292.272	250.054
8	80.030.173	79.080.157	75.285.939	17,27	15,83	10,46	0,37	0,19	0,66	308.736	294.019	252.125
9	82.378.987	81.321.223	77.667.204	19,15	19,12	10,15	0,26	0,14	0,19	315.350	309.713	259.740
10	82.488.008	81.325.064	75.834.216	19,15	20,10	9,59	0,80	0,59	0,77	321.169	306.325	251.444
Ort.	80.238.179	78.371.808	74.802.799	18,19	18,18	9,26	0,54	0,39	0,65	308.736	290.260	249.354

Tablo C3. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	86.410.345	85.967.936	80.234.034	16,31	16,78	9,21	0,59	0,57	1,06	346.164	338.217	271.267
2	84.846.241	84.053.153	76.465.463	18,58	20,27	9,15	0,33	0,90	1,49	351.527	336.775	261.518
3	84.106.033	80.358.590	74.233.247	23,55	24,48	10,96	0,62	0,16	1,14	350.042	319.490	257.235
4	82.793.496	80.770.640	73.223.437	25,11	29,91	12,80	0,52	0,43	0,92	339.718	320.424	252.573
5	89.783.918	85.700.419	78.761.763	18,67	18,11	10,58	0,41	0,48	2,21	379.014	342.893	264.711
6	86.598.534	85.065.369	77.217.632	22,93	23,51	9,50	0,23	0,30	0,90	357.033	342.008	261.282
7	92.078.322	86.702.392	81.320.353	14,56	13,10	6,50	0,41	0,48	1,62	385.867	341.549	273.953
8	83.757.558	81.511.927	78.042.088	11,65	11,33	6,11	0,26	0,25	1,11	337.154	314.997	268.020
9	86.978.626	82.074.699	76.554.295	17,10	18,21	8,20	0,37	0,40	1,56	367.338	329.555	262.617
10	82.861.690	82.156.364	75.909.109	27,95	30,47	13,96	0,49	0,58	2,00	341.006	333.669	261.989
Ort.	86.021.476	83.436.149	77.196.142	19,64	20,61	9,70	0,42	0,45	1,40	355.486	331.958	263.517

Tablo C4. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	87.521.160	74.191.196	73.447.598	26,88	17,92	11,18	3,54	1,89	5,08	346.498	258.395	220.607
2	74.981.444	69.121.961	67.228.638	23,63	20,15	10,90	2,05	1,64	3,58	280.296	236.982	202.547
3	81.534.017	74.315.183	74.396.207	24,41	21,15	13,56	3,42	2,03	5,15	300.214	249.481	217.376
4	82.993.986	79.640.113	69.440.496	14,93	13,49	5,65	3,22	2,81	3,30	317.873	291.415	206.488
5	77.625.066	73.387.611	73.200.808	16,48	14,62	8,29	2,44	1,06	3,85	276.400	248.839	215.534
6	83.822.502	83.919.423	73.321.837	18,31	21,10	9,72	2,41	2,64	3,31	314.356	309.673	214.355
7	72.835.377	69.401.866	65.117.165	14,12	11,86	5,55	1,71	1,17	2,11	267.445	239.904	196.937
8	74.697.257	74.801.297	71.135.971	30,35	27,29	16,18	1,80	2,43	4,18	268.045	261.584	210.398
9	80.122.565	71.356.759	66.099.389	18,40	12,05	6,12	3,00	1,53	2,91	309.001	256.752	198.293
10	73.758.934	74.092.823	68.935.856	16,39	15,94	7,66	1,50	2,22	3,36	265.837	261.771	208.906
Ort.	78.989.231	74.422.823	70.232.396	20,39	17,56	9,48	2,51	1,94	3,68	294.596	261.480	209.144

Tablo C5. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	80.848.999	79.992.720	78.087.658	27,33	20,79	14,76	5,41	7,40	7,89	273.265	243.389	219.254
2	122.620.79	117.596.995	113.006.698	26,71	24,59	19,40	14,13	18,23	24,65	478.153	404.233	300.300
3	76.715.159	73.251.535	70.342.928	11,04	9,14	4,56	2,22	1,49	2,10	275.858	256.731	221.636
4	81.191.228	93.709.121	78.335.311	17,68	20,61	10,27	3,02	12,77	5,00	289.207	302.157	232.271
5	74.884.352	75.238.206	73.174.360	13,22	13,06	8,05	1,45	1,86	2,31	260.881	255.365	231.047
6	86.936.564	81.176.006	79.729.044	18,61	16,11	9,75	4,44	2,17	8,87	327.217	283.775	219.145
7	81.295.299	81.104.966	76.901.707	19,78	19,76	9,49	1,16	6,04	1,60	296.599	261.768	241.874
8	78.053.750	76.836.870	74.505.052	21,30	17,96	9,99	2,84	3,00	3,93	275.911	256.149	223.078
9	86.628.709	84.860.864	81.506.339	20,13	20,67	11,37	3,28	3,25	3,85	315.792	295.496	251.052
10	88.083.565	88.797.878	87.698.930	10,94	10,59	6,91	7,91	9,35	11,09	293.543	280.502	230.834
Ort.	85.725.842	85.256.516	81.328.803	18,67	17,33	10,45	4,59	6,55	7,13	308.643	283.957	237.049

Tablo C6. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	75.089.153	76.334.588	71.228.458	25,24	28,87	13,10	0,71	1,88	2,76	286.126	288.383	233.720
2	89.822.309	88.488.019	83.333.523	19,15	18,35	10,69	1,77	3,14	2,98	355.953	326.459	273.119
3	84.933.624	83.221.949	78.996.562	27,89	27,57	13,27	1,78	1,23	3,08	325.095	308.814	249.235
4	85.922.078	84.541.954	78.066.103	21,20	18,74	9,73	2,38	2,26	3,00	330.832	323.708	253.063
5	96.739.893	83.104.111	84.666.123	25,48	15,21	11,47	2,26	0,90	3,83	400.532	303.014	279.111
6	87.683.875	87.457.912	80.710.370	20,34	19,23	9,50	2,97	3,14	2,79	331.609	324.319	259.374
7	81.749.975	82.174.698	74.504.107	26,13	24,33	12,63	1,76	2,25	3,93	319.696	315.737	237.721
8	81.749.975	82.174.698	74.504.107	26,13	24,33	12,63	1,76	2,25	3,93	319.696	315.737	237.721
9	88.240.131	87.878.812	85.151.781	11,87	12,45	7,46	1,00	1,71	4,02	346.530	329.554	277.478
10	85.029.164	83.019.547	79.024.195	22,03	18,76	10,00	1,59	1,39	3,10	333.004	315.103	256.062
Ort.	85.696.018	83.839.629	79.018.533	22,55	20,78	11,05	1,80	2,02	3,34	334.907	315.083	255.660

Tablo C7. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	91.185.161	84.205.141	83.201.441	19,60	16,96	12,06	1,30	0,99	5,27	376.060	319.868	271.294
2	91.222.751	86.617.118	81.937.385	13,23	11,87	6,55	1,64	1,60	3,36	381.670	339.679	276.340
3	92.258.591	89.324.930	83.626.958	13,72	14,48	8,08	1,55	1,85	4,17	387.786	356.605	280.355
4	86.184.553	86.484.680	80.624.769	14,03	18,07	7,66	1,37	2,50	4,16	346.202	338.974	266.345
5	101.123.14	92.937.798	84.492.369	22,76	17,72	10,31	1,69	2,08	3,63	445.752	378.649	283.653
6	84.070.640	84.996.022	80.403.077	18,48	19,15	11,05	0,91	0,99	4,22	336.007	337.375	265.576
7	94.111.147	85.561.098	84.133.138	19,62	17,22	9,33	1,87	1,18	4,93	400.985	337.689	288.794
8	94.785.080	91.952.211	87.736.581	26,61	24,37	15,48	1,62	2,57	7,56	403.671	371.296	282.513
9	93.626.693	89.254.812	86.500.635	20,09	21,85	11,28	1,63	1,39	6,23	391.930	352.446	276.332
10	87.941.962	77.827.892	76.424.491	16,64	15,51	11,31	2,24	1,19	4,19	368.288	294.899	257.435
Ort.	91.650.976	86.916.170	82.908.084	18,48	17,72	10,31	1,58	1,63	4,77	383.835	342.748	274.864

Tablo C8. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	74.262.565	70.987.190	68.902.150	27,37	22,59	15,10	3,72	3,28	6,28	261.340	236.900	193.678
2	74.976.985	72.995.070	68.817.366	25,94	25,00	12,38	3,92	2,95	6,13	266.408	258.654	192.077
3	79.925.348	78.047.111	72.572.666	26,35	26,27	11,60	4,17	3,99	5,58	290.165	273.051	207.187
4	82.495.571	81.550.919	73.843.509	24,83	25,84	11,90	4,05	3,93	6,64	299.252	289.948	202.420
5	83.259.834	78.842.799	70.597.250	22,08	19,87	8,70	5,60	6,04	9,98	322.606	281.600	187.144
6	90.809.523	76.507.513	71.227.874	15,74	13,11	5,56	5,76	4,36	7,98	369.973	265.295	195.566
7	72.973.702	72.915.024	69.026.654	29,65	25,52	13,15	2,29	4,10	5,65	256.869	238.311	191.302
8	83.944.994	81.146.922	73.620.003	29,20	31,90	12,78	4,78	4,47	6,50	310.767	286.212	199.558
9	85.644.101	78.019.397	69.974.235	21,11	16,19	7,39	5,95	4,38	5,51	324.569	276.745	198.376
10	77.713.847	82.142.390	85.941.804	24,22	29,53	12,36	3,57	5,08	17,60	277.471	292.997	193.983
Ort.	80.600.647	77.315.433	72.452.351	24,65	23,58	11,09	4,38	4,26	7,79	297.942	269.971	196.129

Tablo C9. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	86.804.864	83.366.130	78.749.911	22,91	18,07	8,99	4,15	3,96	3,72	317.268	287.234	242.110
2	88.272.931	81.726.544	76.232.405	14,92	12,10	6,92	9,26	4,59	4,73	294.301	277.186	230.397
3	78.452.919	78.350.599	82.366.366	22,92	25,26	15,85	3,55	4,46	11,46	274.104	260.226	224.117
4	75.810.337	74.369.847	77.100.757	19,34	19,11	11,46	2,38	1,70	7,70	267.304	257.705	223.908
5	83.651.044	80.370.592	78.944.351	18,14	14,40	9,44	4,58	3,43	5,60	294.191	274.743	234.336
6	83.583.177	84.612.093	83.732.927	21,25	21,41	12,02	4,23	4,55	9,41	289.741	289.221	228.957
7	88.280.621	86.622.313	78.100.138	20,54	20,75	9,22	6,72	15,96	6,09	311.186	249.162	228.921
8	125.598.11	86.108.202	84.354.646	19,93	12,01	9,06	20,20	7,86	9,75	471.232	276.026	231.471
9	86.202.007	88.210.309	82.985.134	25,68	22,32	13,41	4,27	7,89	4,86	301.526	278.522	247.225
10	83.346.167	80.893.555	75.462.596	21,33	18,14	8,44	7,48	7,49	6,72	285.398	264.378	218.211
Ort.	88.000.218	82.463.018	79.802.923	20,70	18,36	10,48	6,68	6,19	7,00	310.625	271.440	230.965

Tablo C10. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	82.597.120	82.080.746	78.529.298	22,73	21,98	11,05	2,48	2,84	4,68	318.807	307.184	253.866
2	89.020.485	90.159.238	82.969.549	15,56	16,88	9,24	2,92	3,91	4,58	342.454	338.822	262.605
3	87.182.966	84.153.209	84.393.414	20,19	21,50	14,32	2,05	1,99	5,87	340.388	310.177	267.679
4	85.097.446	83.155.828	84.540.616	24,06	21,72	14,67	2,47	1,62	8,93	323.753	309.880	249.679
5	84.381.658	82.487.856	81.550.321	19,36	18,41	10,54	5,18	2,58	8,17	307.698	304.031	242.762
6	83.563.904	79.889.757	74.990.064	10,87	12,94	4,91	3,40	5,17	4,98	325.349	285.352	238.225
7	84.718.705	84.108.027	80.476.132	23,32	29,60	13,55	2,32	3,48	5,02	324.753	307.790	251.235
8	88.553.214	78.962.302	78.248.191	20,89	15,47	8,72	5,72	2,68	9,58	347.576	296.209	229.444
9	112.830.69	89.771.471	86.638.320	21,52	14,83	7,68	10,18	3,65	9,70	446.464	341.050	253.831
10	87.203.541	83.438.592	82.132.504	18,15	17,79	9,50	3,74	3,29	7,70	339.797	305.276	253.754
Ort.	88.514.974	83.820.703	81.446.841	19,67	19,11	10,42	4,05	3,12	6,92	341.704	310.577	250.308

Tablo C11. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	84.129.095	81.793.569	80.118.763	17,76	17,37	11,84	1,29	1,22	5,41	343.947	320.644	269.745
2	101.610.36	92.431.789	88.871.889	14,82	11,76	8,45	3,60	3,46	8,91	438.500	367.553	278.569
3	81.038.233	79.939.154	77.879.553	22,94	22,04	11,52	1,70	1,56	6,13	326.918	310.933	259.348
4	93.084.726	88.391.260	83.983.683	18,95	16,57	9,44	2,68	2,64	9,17	392.384	358.255	255.323
5	93.625.045	92.494.414	84.467.717	25,46	28,76	14,16	3,79	5,91	6,59	385.536	356.171	274.915
6	93.265.699	95.599.336	85.233.224	14,65	16,65	7,94	2,50	5,34	6,32	386.402	371.054	277.198
7	92.162.392	91.227.528	83.188.783	12,08	11,49	6,21	2,95	4,66	9,85	392.744	374.539	263.080
8	90.834.517	88.743.541	87.222.861	22,12	26,98	15,39	1,46	2,56	6,78	375.334	344.204	284.782
9	103.293.84	91.406.012	81.727.585	15,43	14,88	8,01	6,31	5,28	5,09	438.054	354.696	273.476
10	89.111.130	83.014.419	79.281.213	23,81	21,74	11,35	2,06	2,11	5,19	374.500	328.087	261.792
Ort.	92.215.504	88.504.102	83.197.527	18,80	18,82	10,43	2,83	3,47	6,94	385.432	348.614	269.823

Tablo C12. Sipariş miktarı düşük (K_1), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	76.111.268	81.324.822	73.581.081	25,09	30,61	15,04	3,58	5,29	10,40	267.838	294.653	185.907
2	91.857.488	74.996.092	75.425.467	38,68	28,05	17,06	5,80	3,86	8,71	368.896	254.163	208.682
3	88.475.710	85.610.944	71.494.333	38,00	39,31	14,75	7,51	8,93	7,66	333.271	293.881	199.133
4	85.249.635	84.450.668	78.956.712	14,72	15,48	6,56	5,82	8,06	12,13	322.620	295.289	209.902
5	82.102.702	71.957.857	70.504.328	21,63	17,21	8,87	5,56	5,60	8,41	310.814	230.969	194.936
6	91.303.447	85.064.702	76.763.746	32,93	28,59	13,28	5,84	5,59	8,67	354.142	309.202	207.780
7	90.558.743	79.476.765	95.876.451	24,63	17,99	14,40	5,99	6,40	21,76	348.071	258.845	225.153
8	86.163.875	80.092.176	82.591.644	26,30	24,33	16,14	6,46	5,54	16,60	324.524	280.714	203.292
9	93.586.541	87.425.321	81.233.758	20,10	22,05	10,19	7,05	7,98	13,24	355.859	303.499	199.258
10	80.074.529	79.896.112	73.944.257	26,03	27,93	13,10	5,04	8,65	10,84	299.952	267.736	202.425
Ort.	86.548.394	81.029.546	78.037.178	26,81	25,16	12,94	5,87	6,59	11,84	328.599	278.895	203.647

Tablo C13. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	82.342.223	79.753.540	77.904.383	15,38	14,73	9,56	0,46	0,30	0,58	300.942	279.268	250.248
2	83.243.840	85.870.812	82.614.466	14,98	17,81	11,18	1,23	3,62	4,07	292.005	289.341	254.159
3	86.881.603	86.108.860	83.959.250	16,94	13,04	8,91	0,46	0,45	0,71	307.838	295.883	271.030
4	91.166.135	89.243.690	87.528.358	12,71	12,52	7,45	0,24	0,18	0,68	325.231	307.747	282.326
5	83.779.655	83.552.251	80.831.477	18,69	15,19	9,51	1,64	1,51	1,48	288.289	285.593	252.974
6	90.667.907	88.924.296	86.727.197	8,50	8,31	4,88	0,49	0,29	0,27	322.217	310.686	284.230
7	81.388.769	81.046.540	78.107.602	16,60	17,89	11,54	0,29	1,13	0,35	293.659	281.521	254.561
8	99.743.610	90.063.151	81.864.222	22,87	19,37	10,91	7,02	6,94	6,02	371.633	301.684	238.450
9	87.421.134	84.231.420	81.331.246	12,29	11,32	6,54	1,37	1,05	0,87	316.319	293.170	257.213
10	115.654.16	106.432.735	106.328.597	31,33	33,80	21,09	14,09	7,14	21,08	436.390	414.582	280.218
Ort.	90.228.904	87.522.729	84.719.680	17,03	16,40	10,16	2,73	2,26	3,61	325.452	305.947	262.541

Tablo C14. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	88.444.098	84.847.885	82.089.674	18,17	16,94	10,30	0,21	0,20	0,82	342.956	313.020	276.405
2	84.389.120	83.631.318	79.735.700	19,74	21,06	12,55	0,15	0,36	0,96	324.909	314.778	269.946
3	88.343.889	86.227.773	82.598.839	13,06	12,26	7,33	0,30	0,32	0,79	334.026	317.080	275.287
4	83.176.818	84.656.698	79.031.573	22,84	22,61	11,87	0,41	0,67	1,16	322.112	324.525	266.377
5	88.676.679	87.241.938	83.660.611	15,81	15,57	8,30	0,46	0,25	0,12	326.854	319.105	276.590
6	85.390.009	83.325.038	80.228.961	12,88	13,05	7,77	0,46	0,20	1,74	329.860	314.479	266.239
7	88.064.416	85.511.398	82.968.826	14,58	12,97	8,76	0,32	0,12	0,73	332.684	309.850	278.889
8	86.509.746	86.347.142	80.992.819	14,95	16,74	8,75	0,27	0,75	0,20	324.968	320.471	270.007
9	92.674.823	88.413.068	84.981.988	19,34	14,92	9,98	0,71	0,17	0,38	354.142	315.862	284.567
10	86.317.893	87.120.140	82.497.613	15,44	14,88	8,34	0,19	0,16	0,59	319.737	322.715	272.801
Ort.	87.198.749	85.732.240	81.878.660	16,68	16,10	9,39	0,35	0,32	0,75	331.225	317.189	273.711

Tablo C15. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	98.292.830	97.275.672	87.912.945	15,90	17,50	8,13	0,27	0,40	1,31	400.398	392.568	301.772
2	95.231.291	89.883.426	83.119.637	19,56	19,79	8,32	0,49	0,07	1,81	402.670	359.454	285.208
3	89.181.820	87.810.879	80.252.795	18,07	19,31	10,73	0,36	0,40	0,78	358.871	343.301	270.627
4	91.313.029	87.957.888	80.565.664	34,13	24,86	13,65	0,31	0,28	1,45	376.114	344.932	273.124
5	97.441.733	95.500.099	87.068.379	17,43	18,17	9,14	0,24	0,24	1,71	400.658	384.937	296.455
6	96.659.199	90.511.880	84.064.269	23,08	18,70	10,62	0,84	0,18	0,73	396.338	355.592	289.169
7	98.276.033	98.384.089	87.798.728	12,77	14,69	5,53	0,27	0,47	0,75	401.507	396.407	302.872
8	92.618.887	89.087.294	84.669.544	11,66	11,54	6,31	0,08	0,31	0,99	371.434	338.396	288.783
9	93.515.174	87.930.289	84.896.821	16,18	15,02	8,56	0,08	0,06	1,70	388.407	342.916	293.243
10	91.395.559	90.701.462	80.054.233	20,24	32,20	12,22	0,69	0,73	0,81	376.146	365.879	275.340
Ort.	94.392.556	91.504.298	84.040.302	18,90	19,18	9,32	0,36	0,31	1,20	387.254	362.438	287.659

Tablo C16. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	79.036.706	78.233.712	76.133.974	11,99	14,38	8,15	1,01	1,14	2,90	270.547	266.256	225.873
2	79.096.616	79.127.392	73.279.965	20,00	16,15	9,70	0,89	1,41	2,90	296.249	285.280	224.885
3	81.874.943	79.363.644	77.391.207	16,60	13,87	8,66	0,84	0,44	2,23	287.520	271.082	231.130
4	83.296.180	79.049.616	76.597.152	10,39	9,11	4,68	1,97	1,19	2,95	305.606	276.570	234.561
5	81.410.963	83.039.812	78.200.257	10,51	12,98	6,86	1,13	1,39	2,95	283.564	290.585	232.300
6	89.832.740	85.668.126	80.358.303	18,92	15,49	8,06	2,53	1,86	3,12	328.473	301.072	243.167
7	77.549.206	73.825.409	76.196.007	9,39	8,21	6,64	1,42	1,12	4,15	272.452	247.951	233.067
8	84.331.931	80.417.499	77.662.449	29,62	27,40	13,63	2,09	1,21	3,69	310.556	284.337	237.755
9	75.443.031	74.598.737	72.584.573	9,00	8,01	5,97	0,79	1,06	2,90	268.123	254.807	220.776
10	79.884.258	78.249.526	75.916.128	11,72	11,75	7,96	1,12	1,60	3,30	287.830	269.201	231.397
Ort.	81.175.658	79.157.347	76.432.001	14,81	13,74	8,03	1,38	1,24	3,11	291.092	274.714	231.491

Tablo C17. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kıtlığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	83.671.699	83.064.118	80.422.489	19,57	18,10	12,20	4,37	3,67	5,45	279.015	277.908	238.034
2	96.888.313	101.048.857	92.998.352	18,43	21,19	9,41	4,73	4,85	8,79	347.407	366.607	264.683
3	83.106.872	82.277.607	77.428.125	9,55	8,58	5,62	2,59	4,12	2,65	301.203	281.213	244.041
4	88.514.204	85.482.461	82.297.536	14,62	13,83	8,78	2,48	2,23	2,82	312.741	290.543	254.259
5	84.911.907	81.886.132	81.001.347	12,98	11,01	7,75	2,68	0,62	3,27	299.569	289.020	250.583
6	90.013.581	87.640.022	84.834.241	15,09	16,27	7,01	5,46	1,88	2,25	300.910	304.460	268.068
7	87.500.647	88.524.047	83.461.953	16,99	17,00	9,05	0,99	1,93	1,64	316.223	315.931	267.288
8	93.837.992	93.754.413	84.394.446	21,09	22,94	9,27	5,42	6,27	5,09	331.632	326.494	249.652
9	95.594.964	89.701.456	88.448.319	22,35	15,90	10,64	3,44	1,36	2,66	341.492	312.708	282.793
10	96.888.313	101.048.857	92.998.352	18,43	21,19	9,41	4,73	4,85	8,79	347.407	366.607	264.683
Ort.	90.092.849	89.442.797	84.828.516	16,91	16,60	8,91	3,69	3,18	4,34	317.760	313.149	258.408

Tablo C18. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kıtlığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	87.419.934	81.310.412	79.481.530	27,09	17,83	14,36	2,13	1,37	2,92	343.226	294.299	261.262
2	95.015.954	94.647.733	89.212.084	16,06	18,38	8,43	1,71	1,50	2,47	352.304	345.755	289.005
3	92.245.815	89.926.349	85.797.559	27,78	27,04	12,87	1,45	1,21	2,42	350.277	333.844	279.462
4	94.540.265	92.077.265	85.996.921	16,18	17,11	8,93	2,68	1,77	3,83	365.642	349.678	278.407
5	97.163.948	92.001.390	89.938.317	19,41	14,61	8,83	2,03	2,37	4,27	373.766	330.553	289.966
6	93.946.913	92.342.872	89.110.698	19,11	18,75	9,90	2,30	2,93	4,04	353.294	336.619	288.308
7	85.577.574	82.573.668	81.189.984	23,38	17,12	11,48	1,49	1,12	3,42	324.078	301.720	261.103
8	91.208.193	89.754.155	84.451.812	24,79	23,59	11,35	1,68	1,56	2,07	344.616	326.904	271.896
9	96.988.335	98.769.564	92.168.910	12,58	12,81	6,50	2,31	3,21	2,82	361.711	353.712	301.559
10	90.809.272	88.115.771	86.943.098	15,47	14,57	10,66	1,48	1,76	3,13	343.754	317.396	284.698
Ort.	92.491.620	90.151.918	86.429.091	20,19	18,18	10,33	1,93	1,88	3,14	351.267	329.048	280.567

Tablo C19. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	93.697.785	98.458.978	89.275.042	15,90	22,82	9,16	0,64	1,07	4,20	374.962	401.247	296.468
2	99.607.566	96.357.374	91.934.094	16,76	16,89	7,05	2,71	2,13	5,03	404.444	378.762	309.592
3	103.644.43	97.016.781	90.858.142	16,07	13,18	6,88	2,07	1,13	3,72	431.107	389.284	307.172
4	93.993.963	93.201.936	86.381.105	13,84	13,20	7,76	0,82	1,40	4,71	380.977	370.737	280.416
5	96.129.242	96.949.394	90.381.734	17,73	21,65	11,59	0,48	1,76	2,65	385.708	375.877	309.381
6	96.277.958	93.866.256	86.254.803	15,32	17,80	9,56	2,28	4,08	3,36	388.280	354.485	288.371
7	96.608.544	94.059.821	88.189.841	16,30	14,86	8,28	1,79	0,70	3,94	393.634	375.173	300.101
8	101.467.04	97.470.769	89.708.374	27,87	26,16	12,26	3,10	1,91	3,66	405.844	387.508	295.184
9	102.958.36	99.098.389	90.373.481	23,15	20,26	8,25	1,94	1,17	3,55	420.466	393.970	295.598
10	87.098.368	87.769.577	82.601.753	15,29	13,60	9,22	0,87	2,12	3,63	347.435	343.692	280.139
Ort.	97.148.327	95.424.927	88.595.837	17,82	18,04	9,00	1,67	1,75	3,84	393.286	377.074	296.242

Tablo C20. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	81.620.390	75.954.616	75.563.243	25,30	19,54	13,15	4,19	3,17	5,70	286.588	250.414	222.511
2	77.377.315	80.478.096	75.471.077	17,10	24,60	12,66	2,77	3,94	6,06	265.771	278.838	218.087
3	82.517.826	79.961.521	78.361.266	20,12	21,89	10,14	2,31	2,97	5,41	291.703	267.863	225.314
4	88.653.268	84.545.226	79.027.713	26,46	23,42	10,21	3,68	3,64	4,96	322.844	289.304	230.850
5	82.218.183	75.653.267	73.268.675	14,30	13,03	6,47	4,56	3,02	5,13	295.966	260.218	214.976
6	85.178.707	78.947.107	75.643.458	11,17	8,50	6,13	3,42	2,80	5,11	321.046	276.755	226.603
7	81.662.436	82.544.892	76.154.954	23,48	29,23	13,01	2,70	3,85	5,13	295.435	293.640	223.667
8	95.993.145	87.514.914	81.736.629	31,49	21,18	11,64	4,31	3,24	6,34	370.138	306.915	235.175
9	81.797.156	87.460.608	77.817.653	11,43	21,81	8,11	4,10	4,39	5,77	281.254	321.642	232.541
10	82.484.501	79.929.632	78.631.017	16,80	16,76	10,58	2,78	2,28	6,43	289.536	273.417	221.435
Ort.	83.950.293	81.298.988	77.167.568	19,76	19,99	10,21	3,48	3,33	5,60	302.028	281.901	225.116

Tablo C21. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	94.247.607	91.088.897	85.404.508	18,19	15,07	9,08	4,86	3,87	3,28	332.926	314.126	267.516
2	94.247.607	91.088.897	85.404.508	18,19	15,07	9,08	4,86	3,87	3,28	332.926	314.126	267.516
3	86.119.663	111.333.597	81.863.937	17,18	30,46	12,26	2,11	14,47	3,64	305.356	399.598	252.821
4	94.311.545	97.499.743	100.199.392	25,83	28,66	21,98	5,67	8,33	23,10	357.455	359.248	254.401
5	93.569.358	90.434.513	85.405.215	17,61	17,97	7,65	5,24	4,56	6,02	331.983	313.503	252.250
6	89.923.675	90.670.572	88.429.969	18,85	17,82	10,72	2,83	3,55	4,37	308.599	301.194	267.705
7	87.961.939	97.472.812	84.406.687	17,73	31,23	9,69	3,62	9,92	5,06	305.398	323.594	251.786
8	93.635.424	92.465.891	91.683.365	12,50	9,99	7,79	6,59	6,96	9,54	309.201	298.068	259.786
9	95.158.613	91.943.647	89.641.078	24,18	20,87	10,64	4,89	3,49	4,93	322.552	304.836	265.632
10	84.029.227	82.933.281	78.583.062	17,69	15,72	10,15	3,58	2,39	4,72	294.661	284.174	234.173
Ort.	91.320.466	93.693.185	87.102.172	18,79	20,29	10,90	4,43	6,14	6,79	320.106	321.247	257.359

Tablo C22. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	90.847.687	87.099.532	84.056.264	18,82	21,42	10,34	5,12	2,50	5,08	330.550	319.095	264.835
2	93.647.925	96.202.761	93.090.396	14,48	16,11	9,04	3,10	2,80	6,05	343.004	359.671	298.879
3	100.459.06	93.983.839	89.342.922	27,14	25,77	12,35	3,61	2,77	6,33	395.639	350.202	277.883
4	93.292.711	91.910.616	88.365.205	22,20	21,62	11,09	1,56	1,63	3,89	357.377	342.942	284.995
5	89.701.488	86.262.872	88.318.956	16,62	14,05	10,71	1,72	1,45	7,34	340.506	314.117	270.843
6	86.649.442	83.724.474	79.312.771	9,85	9,15	5,30	2,53	1,84	3,75	332.005	308.649	254.275
7	95.473.123	90.790.503	85.635.498	26,11	21,89	10,57	1,75	2,77	3,31	379.648	333.712	276.874
8	84.419.683	82.679.730	80.707.066	13,90	12,29	8,38	1,42	2,92	4,87	319.483	295.645	257.377
9	91.947.069	91.974.887	88.235.431	11,38	11,19	5,84	2,93	1,91	4,15	333.047	338.260	283.681
10	93.791.349	91.602.466	87.411.300	16,26	16,12	8,50	3,38	4,28	3,93	356.214	331.890	286.661
Ort.	92.022.954	89.623.168	86.447.581	17,68	16,96	9,21	2,71	2,49	4,87	348.747	329.418	275.630

Tablo C23. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	94.025.698	92.058.813	85.207.488	17,71	16,45	10,31	1,79	3,66	4,51	381.534	353.455	284.355
2	101.782.97	97.047.880	96.998.641	14,06	12,30	6,35	3,02	2,41	8,00	411.207	381.523	314.713
3	92.386.880	86.398.506	83.309.415	17,41	17,15	11,92	1,76	1,73	4,44	380.114	338.638	280.318
4	93.160.562	90.964.638	90.737.112	15,41	14,00	8,69	0,56	1,05	6,11	377.611	353.640	301.010
5	98.678.507	96.513.901	94.026.595	26,01	25,26	14,12	2,38	2,72	6,16	398.393	381.525	315.048
6	97.398.930	95.997.884	93.354.208	14,25	13,25	8,63	0,72	1,36	6,97	396.725	378.431	303.045
7	92.913.511	88.770.460	87.364.982	9,56	6,81	6,40	1,75	2,14	5,90	376.277	333.345	288.395
8	99.975.502	96.804.464	90.765.538	25,42	26,13	14,98	1,55	1,91	4,01	412.438	385.696	308.941
9	96.081.809	90.723.055	89.259.071	18,33	12,73	8,42	0,75	1,62	4,99	402.328	355.111	300.993
10	93.349.105	92.172.420	84.811.326	22,88	19,12	10,02	1,26	1,87	4,61	385.366	363.723	279.938
Ort.	95.975.348	92.745.202	89.583.437	18,10	16,32	9,99	1,55	2,05	5,57	392.199	362.509	297.675

Tablo C24. Sipariş miktarı orta (K_2), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	87.723.319	78.175.559	79.465.220	27,85	20,62	12,80	4,84	2,88	6,98	315.056	262.108	228.231
2	83.347.172	79.000.109	80.759.360	26,19	23,84	14,95	3,96	2,96	9,15	286.358	264.950	219.681
3	86.993.199	97.414.346	94.626.592	26,67	33,43	17,73	5,33	8,46	21,93	312.539	359.585	220.376
4	86.630.423	91.771.827	79.673.732	11,35	13,04	6,12	5,11	9,44	7,98	306.550	300.870	223.917
5	80.275.671	80.603.847	71.780.255	21,93	18,61	9,73	3,88	2,80	5,31	285.946	291.708	203.419
6	90.795.464	90.649.906	85.493.584	24,75	25,06	12,16	5,13	5,42	9,36	328.716	323.679	235.610
7	85.670.734	81.523.867	83.129.416	16,86	16,41	9,71	4,00	2,55	7,65	297.616	274.367	239.100
8	85.737.388	80.300.342	88.985.769	19,73	17,95	12,27	5,23	5,11	16,62	300.792	257.123	212.460
9	86.036.867	83.858.013	83.125.452	15,41	14,50	8,55	2,34	4,21	8,60	305.238	277.956	225.887
10	78.982.789	76.848.586	76.266.135	21,31	18,20	11,76	2,99	4,31	7,35	282.085	249.040	217.670
Ort.	85.219.302	84.014.640	82.330.551	21,20	20,17	11,58	4,28	4,82	10,09	302.090	286.139	222.635

Tablo C25. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	89.902.933	87.207.922	85.073.602	16,38	16,46	10,63	1,32	0,60	0,69	324.329	297.860	267.159
2	92.106.521	90.197.346	87.691.943	15,10	15,98	10,46	3,08	0,20	0,60	317.222	316.406	279.996
3	94.239.994	94.339.225	90.392.760	13,40	14,92	11,05	0,52	0,53	0,78	342.467	330.611	292.144
4	98.042.992	97.073.324	93.666.544	14,52	13,69	8,87	0,21	0,41	0,35	364.133	344.653	311.332
5	90.877.791	89.825.670	88.141.584	15,73	15,20	10,51	0,65	0,53	1,02	329.894	315.831	284.159
6	97.418.246	96.162.138	93.140.198	7,05	7,28	5,90	0,62	0,46	0,52	355.045	338.096	304.350
7	89.433.499	88.244.890	86.877.082	16,34	14,73	13,24	1,58	1,42	2,64	314.336	297.927	266.411
8	105.846.26	100.898.046	90.702.890	21,81	19,11	10,94	7,10	6,25	6,19	405.406	362.864	272.284
9	94.313.802	93.170.474	88.559.603	10,94	10,40	6,98	2,56	2,45	2,47	333.717	320.044	272.495
10	93.554.961	103.194.740	89.474.466	18,80	31,81	11,69	1,16	8,24	1,74	339.326	349.451	285.380
Ort.	94.573.700	94.031.377	89.372.067	15,01	15,96	10,03	1,88	2,11	1,70	342.588	327.374	283.571

Tablo C26. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	97.693.510	94.501.608	88.804.822	15,58	15,93	8,69	0,56	0,28	0,51	387.948	361.067	300.056
2	94.039.850	90.446.147	87.498.026	19,91	21,62	10,74	0,40	0,53	1,27	368.853	336.953	293.311
3	95.944.694	94.098.066	88.770.544	10,56	11,69	6,60	0,48	0,32	0,70	374.436	350.839	296.718
4	89.784.128	87.322.765	82.663.121	15,02	17,69	10,18	0,44	0,17	0,46	346.486	325.951	275.278
5	100.704.01	95.741.374	92.093.484	18,77	16,34	10,02	0,32	0,51	0,85	404.441	356.761	311.374
6	90.578.802	90.757.046	86.407.034	10,81	14,41	9,55	0,22	0,14	1,60	346.078	345.033	288.933
7	96.150.138	98.711.176	90.637.041	13,20	16,56	8,94	0,13	0,70	0,99	370.798	380.229	303.789
8	99.110.273	95.594.408	91.162.007	17,40	17,35	9,41	0,34	0,39	1,09	399.064	366.223	313.062
9	98.253.289	95.613.498	92.798.722	18,88	16,66	10,72	0,23	0,09	1,27	379.255	358.853	308.595
10	95.526.576	93.355.511	89.302.511	14,48	12,07	9,25	0,32	0,14	0,72	372.192	349.375	299.333
Ort.	95.778.527	93.614.160	89.013.731	15,46	16,03	9,41	0,34	0,33	0,95	374.955	353.128	299.045

Tablo C27. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	105.976.78	102.610.215	95.964.787	17,19	16,18	9,07	0,25	0,37	1,89	443.873	409.677	332.342
2	104.641.90	97.637.456	92.903.771	16,50	14,83	10,02	0,33	0,63	3,20	451.825	391.657	323.783
3	98.022.030	95.914.816	87.884.267	14,75	14,92	9,48	0,06	0,10	1,27	407.963	387.487	306.002
4	97.897.743	96.114.692	88.528.234	23,03	23,45	12,36	0,32	0,65	2,02	407.996	387.553	304.498
5	107.998.48	110.768.415	94.605.702	19,64	20,97	9,66	0,60	1,06	1,48	458.113	468.423	331.730
6	101.173.33	101.048.738	93.454.601	17,07	15,02	11,09	0,33	0,62	1,47	412.624	406.050	323.290
7	101.173.33	101.048.738	93.454.601	17,07	15,02	11,09	0,33	0,62	1,47	412.624	406.050	323.290
8	107.358.81	104.778.215	92.554.187	13,69	12,05	6,45	0,57	0,35	1,30	458.709	436.945	323.976
9	98.736.579	95.724.147	90.237.944	13,08	12,12	8,40	0,23	0,44	1,58	401.329	373.418	309.358
10	105.090.55	92.603.692	88.138.529	25,99	18,66	10,54	0,78	0,12	1,27	450.786	362.370	300.442
Ort.	102.806.95	99.824.912	91.772.662	17,80	16,32	9,82	0,38	0,50	1,69	430.584	402.963	317.871

Tablo C28. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı olmadığı (T_1) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	87.884.793	84.976.060	82.618.409	14,81	11,78	8,31	1,26	0,57	2,37	320.797	298.788	256.083
2	85.208.051	83.735.433	80.774.162	14,85	14,37	9,85	1,40	1,10	3,99	318.394	298.640	249.672
3	91.762.274	93.883.112	86.188.520	15,43	21,20	11,40	1,36	1,79	3,93	341.849	349.181	268.145
4	96.307.785	90.317.562	82.791.077	9,66	9,34	5,34	1,47	1,61	2,50	379.134	331.617	256.083
5	93.597.891	91.402.237	85.226.767	11,64	10,67	7,29	1,08	1,40	3,20	351.629	326.542	261.766
6	89.352.619	92.024.590	84.466.229	11,22	11,15	6,99	0,66	0,93	1,70	322.901	333.280	260.065
7	82.541.034	81.341.581	79.663.286	8,07	8,33	5,31	0,57	1,06	3,14	303.739	279.086	246.685
8	90.279.547	88.993.933	81.980.396	27,27	25,45	15,95	1,07	1,38	2,56	337.247	320.309	250.029
9	84.396.535	82.967.910	79.166.504	8,44	8,98	5,97	1,37	1,15	2,97	311.380	302.534	243.428
10	84.320.442	86.749.406	80.323.016	8,60	11,66	6,37	1,04	1,56	1,89	302.578	308.263	243.386
Ort.	88.565.097	87.639.182	82.319.836	13,00	13,29	8,28	1,13	1,26	2,83	328.965	314.824	253.534

Tablo C29. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	90.084.404	89.482.860	86.532.738	20,14	18,60	12,96	2,71	3,89	4,21	315.781	293.089	255.729
2	123.161.81	116.715.608	96.280.727	22,55	23,28	8,84	11,02	9,09	6,22	459.720	429.919	286.333
3	87.474.785	86.596.682	84.865.322	7,42	8,49	6,51	2,18	1,88	3,82	309.784	293.207	253.782
4	96.603.302	95.999.166	92.022.177	15,21	13,26	10,02	3,67	3,79	4,04	342.437	329.291	285.016
5	91.070.701	93.373.363	86.245.205	12,40	14,88	7,73	2,92	3,79	2,88	321.745	328.158	266.544
6	98.110.934	95.209.469	90.723.365	17,76	12,89	8,21	2,85	2,62	1,89	359.466	330.458	288.734
7	95.049.941	102.200.842	93.004.017	15,36	21,85	11,48	1,91	10,81	7,80	344.118	329.690	264.846
8	94.771.307	93.254.529	92.642.507	17,20	14,11	11,38	2,47	1,73	5,55	340.904	328.604	280.042
9	100.376.86	102.021.438	93.888.115	19,24	18,65	9,68	2,71	6,47	3,12	360.471	341.047	292.853
10	99.996.805	99.567.995	94.806.318	10,16	7,49	5,41	3,40	3,74	4,32	351.603	338.494	286.378
Ort.	97.670.086	97.442.195	91.101.049	15,74	15,35	9,22	3,58	4,78	4,38	350.603	334.196	276.026

Tablo C30. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	90.174.979	88.884.404	83.684.779	19,29	21,72	11,50	0,44	0,22	1,62	353.304	341.398	277.335
2	103.770.06	104.107.808	98.298.643	16,61	15,03	10,85	0,95	1,10	3,57	399.344	391.110	321.400
3	99.559.558	95.263.065	91.914.678	23,39	21,89	14,52	1,55	1,57	2,94	389.731	348.295	304.192
4	100.022.77	96.854.876	92.999.617	15,62	13,82	10,89	1,92	1,75	3,81	392.506	368.449	302.525
5	102.292.21	98.398.177	95.774.271	13,28	12,15	8,37	1,95	1,65	3,75	391.840	362.185	307.991
6	100.440.70	98.245.882	94.257.552	14,16	15,42	9,01	1,04	0,83	3,23	390.371	369.214	307.062
7	93.847.658	91.169.758	88.533.525	17,27	16,07	12,39	0,98	1,04	2,99	366.736	340.256	291.568
8	98.863.561	95.997.344	93.113.000	20,32	16,94	13,21	1,59	0,92	2,80	380.350	357.938	308.069
9	106.107.04	102.853.623	98.295.770	13,49	10,55	6,60	1,04	0,99	3,85	417.974	385.571	317.422
10	98.732.144	95.836.507	91.678.352	17,27	16,45	9,51	1,36	1,37	2,46	384.970	360.945	301.122
Ort.	99.381.071	96.761.144	92.855.019	17,07	16,00	10,68	1,28	1,14	3,10	386.713	362.536	303.869

Tablo C31. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kıtlığı düşük (T_2) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	104.253.45	98.303.490	93.608.173	15,95	13,09	10,05	0,85	0,43	2,24	433.876	383.246	323.302
2	109.411.51	102.873.855	96.798.039	14,32	12,89	6,71	2,81	2,28	3,43	454.345	401.810	331.407
3	110.676.73	101.199.671	98.467.547	15,98	11,04	8,15	1,36	1,30	3,93	471.132	392.132	337.384
4	102.431.47	99.992.179	90.346.679	12,89	11,65	7,31	0,80	0,78	2,65	427.514	402.749	302.077
5	106.152.14	102.947.313	96.544.535	16,66	14,82	8,59	0,88	0,84	2,42	435.066	403.752	330.826
6	102.661.86	99.725.994	91.998.162	15,26	15,02	9,12	1,63	1,07	2,87	419.428	392.070	309.998
7	108.382.01	99.923.543	94.077.473	15,13	16,68	8,46	0,97	0,59	3,62	464.128	395.818	321.431
8	109.030.66	104.212.679	96.110.372	17,39	16,22	11,61	1,46	0,73	3,56	456.062	417.545	325.271
9	106.859.94	103.865.643	97.049.241	18,10	19,04	10,14	1,06	0,19	2,57	439.333	418.211	333.403
10	96.269.140	94.740.053	86.904.248	11,96	12,15	7,63	1,26	1,30	2,48	388.749	373.875	291.114
Ort.	105.612.89	100.778.442	94.190.447	15,36	14,26	8,78	1,31	0,95	2,98	438.963	398.121	320.621

Tablo C32. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kıtlığı düşük (T_2) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	87.936.648	84.739.000	79.630.229	22,39	18,03	11,85	2,42	1,64	3,61	321.212	297.408	235.230
2	84.251.628	82.353.629	78.099.668	15,82	16,49	11,88	1,90	3,59	3,13	302.576	277.453	231.290
3	90.322.733	85.716.883	86.132.406	19,78	16,90	13,83	1,94	1,79	5,44	328.000	291.065	259.423
4	91.841.846	90.665.182	87.885.762	18,91	15,40	11,11	2,32	4,34	8,33	336.361	302.338	240.520
5	85.917.086	81.439.178	80.967.095	14,41	10,29	7,39	3,97	2,65	5,22	306.494	276.926	240.389
6	85.123.757	84.625.906	79.827.286	8,55	7,76	5,24	1,66	2,19	3,44	306.898	295.193	240.378
7	87.854.824	84.787.877	84.451.293	20,91	18,81	15,53	2,29	3,13	6,14	322.165	287.680	252.826
8	95.679.296	89.459.961	88.978.984	25,54	16,08	10,49	3,28	2,29	5,54	354.904	312.232	267.564
9	85.799.969	91.321.189	82.538.417	9,22	14,25	8,32	2,18	3,48	4,94	305.143	329.017	243.772
10	94.895.185	87.099.281	83.777.964	20,10	14,91	10,91	2,94	2,60	3,84	362.891	302.424	255.083
Ort.	88.962.297	86.220.809	83.228.910	17,56	14,89	10,65	2,49	2,77	4,96	324.665	297.174	246.647

Tablo C33. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması düşük (L_1) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	94.168.312	95.023.438	91.168.747	15,00	13,84	9,80	1,92	1,79	3,16	334.579	338.370	284.294
2	95.477.796	98.777.800	90.748.956	10,35	10,54	6,28	3,22	5,83	4,05	333.397	344.275	272.350
3	94.453.035	96.602.842	91.820.987	17,91	22,46	12,81	4,27	5,01	5,64	328.610	331.335	274.227
4	114.254.90	103.108.293	95.608.494	31,17	25,76	16,01	7,89	11,68	15,01	458.287	350.701	254.731
5	95.099.509	93.739.882	92.645.463	14,35	12,70	9,57	2,12	3,03	5,06	338.948	318.759	282.046
6	100.619.48	97.190.042	94.311.974	16,29	14,95	11,08	3,32	3,15	3,73	359.148	328.347	291.194
7	91.370.480	104.652.705	98.378.621	16,79	19,21	10,82	5,28	9,11	20,49	299.581	356.849	224.745
8	140.536.44	139.704.695	106.084.228	20,84	20,31	10,08	15,11	17,41	20,33	557.269	526.194	255.678
9	103.134.59	99.010.141	96.986.399	21,78	18,67	13,05	2,91	2,00	5,49	372.712	345.505	294.233
10	92.252.565	91.527.587	87.156.609	16,89	16,49	9,04	3,80	4,39	4,60	327.501	308.882	258.102
Ort.	102.136.71	101.933.742	94.491.048	18,14	17,49	10,85	4,99	6,34	8,76	371.003	354.922	269.160

Tablo C34. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kısıtlılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması orta (L_2) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	95.210.162	93.609.488	90.241.339	16,59	13,36	11,39	1,68	2,14	4,79	365.216	345.106	285.573
2	102.319.59	100.319.369	93.763.923	13,40	13,49	8,15	2,01	1,95	3,12	393.864	376.575	307.489
3	101.953.01	100.112.519	96.257.495	17,88	16,78	11,87	1,49	2,28	4,53	391.351	365.965	306.747
4	101.609.05	97.144.880	93.828.258	20,46	18,64	12,16	1,73	1,47	3,15	394.091	356.676	307.259
5	96.913.852	95.747.999	92.250.810	16,08	13,96	8,84	0,80	2,02	4,77	375.448	350.853	294.126
6	92.558.130	89.986.740	86.118.078	7,23	8,78	5,26	1,86	2,04	3,44	354.405	331.879	277.630
7	101.565.53	101.437.465	94.154.854	22,08	25,00	13,45	2,37	2,55	6,43	401.075	389.611	288.918
8	94.534.612	96.382.838	87.447.223	12,53	14,74	8,25	2,80	2,57	4,93	367.770	380.699	284.368
9	100.763.46	97.005.199	93.653.308	10,81	9,75	6,22	1,49	1,19	2,96	388.471	357.912	307.734
10	98.690.973	95.138.043	90.921.143	13,43	14,79	9,41	1,80	2,12	3,88	383.752	350.475	293.396
Ort.	98.611.839	96.688.454	91.863.643	15,05	14,93	9,50	1,80	2,03	4,20	381.544	360.575	295.324

Tablo C35. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi ortalaması yüksek (L_3) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	101.829.39	99.303.208	93.598.939	16,31	16,96	8,35	0,48	1,73	4,56	431.812	401.876	318.681
2	113.887.25	104.525.470	100.597.926	14,91	10,04	7,18	2,44	1,36	6,43	482.154	414.255	333.532
3	100.263.60	96.279.610	90.347.775	18,28	18,39	10,52	1,60	2,00	5,39	424.065	385.548	310.543
4	103.796.27	100.799.292	95.591.841	15,15	14,34	9,09	1,31	0,78	6,76	429.489	409.399	306.600
5	107.044.66	104.722.242	97.619.078	24,20	24,86	15,07	0,73	0,96	7,10	452.919	430.995	319.789
6	103.818.08	103.800.094	98.786.714	11,61	14,44	7,94	0,84	1,79	4,23	424.280	409.592	336.893
7	100.356.60	99.704.557	92.287.144	7,69	10,51	5,09	1,71	2,40	4,92	416.062	401.635	309.762
8	114.673.68	106.562.002	97.008.276	24,14	21,90	12,07	1,68	2,34	3,49	491.836	424.929	329.170
9	104.783.39	98.542.779	94.779.541	15,42	12,71	7,52	1,93	1,85	5,49	442.267	386.140	321.973
10	102.106.87	101.396.405	90.658.096	14,56	20,42	8,62	1,55	0,95	3,10	423.330	416.084	304.760
Ort.	105.255.98	101.563.566	95.127.533	16,23	16,46	9,14	1,43	1,62	5,15	441.821	408.045	319.170

Tablo C36. Sipariş miktarı yüksek (K_3), tedarik kılığı yüksek (T_3) ve teslim süresi sabit (L_4) olduğu durumda elde edilen sonuçlar

Çalışma	TOPLAM MALİYET (Para Birimi)			KAMÇI ETKİSİ (Birim)			SİPARİŞ ERTELEME ORANI (Yüzde)			TOPLAM STOK MİKTARI (Dönemlik Miktar)		
	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE	TZY	SYE	GSYE
1	86.286.484	90.422.647	85.932.105	15,05	18,92	14,19	3,09	3,87	7,93	309.118	325.013	255.241
2	90.454.354	86.339.223	85.385.402	24,27	20,02	13,94	3,27	2,92	6,76	327.682	296.118	248.670
3	90.899.252	86.703.551	83.684.047	24,15	18,88	13,09	3,86	4,22	6,86	329.373	298.962	241.765
4	89.453.886	86.241.524	82.553.399	9,74	8,53	5,93	2,83	2,88	7,03	323.903	294.972	227.133
5	88.545.897	85.467.077	81.533.790	11,87	11,85	9,63	4,37	5,39	6,99	321.422	286.168	235.479
6	94.725.317	92.448.062	86.081.895	20,56	21,10	11,12	4,19	4,26	7,09	340.502	318.065	240.607
7	96.809.223	93.712.738	92.600.069	20,67	17,90	11,21	3,77	3,21	12,67	360.913	336.717	241.624
8	89.730.063	85.031.425	81.248.876	19,60	15,00	8,97	3,48	3,65	5,02	331.297	287.946	235.978
9	96.221.716	91.962.324	87.799.821	15,48	13,05	7,64	2,42	2,76	7,25	364.425	326.501	252.512
10	85.819.230	81.763.962	80.778.509	18,37	16,27	10,15	3,10	3,39	5,58	310.053	278.940	239.310
Ort.	90.894.542	88.009.253	84.759.791	17,98	16,15	10,59	3,44	3,66	7,32	331.869	304.940	241.832

EK – D. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Tablo D1. Sipariş miktarının düşük olduğu senaryo (K_1) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	3,083E15	2	1,541E15	28,952	,000
	Grup İçi	1,901E16	357	5,324E13		
	Toplam	2,209E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	7279,744	2	3639,872	152,568	,000
	Grup İçi	8517,090	357	23,857		
	Toplam	15796,834	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	367,342	2	183,671	13,685	,000
	Grup İçi	4791,320	357	13,421		
	Toplam	5158,662	359			
STOK	Gruplar Arası	4,734E11	2	2,367E11	161,158	,000
	Grup İçi	5,243E11	357	1,469E9		
	Toplam	9,977E11	359			

Tablo D2. Sipariş miktarının düşük olduğu senaryo (K_1) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	3386090,108	941969,851	,001	1169135,26	5603044,95
		GSYE	7164360,617	941969,851	,000	4947405,77	9381315,46
	SYE	TZY	-3,386E6	941969,851	,001	-5603044,9	-1169135,2
		GSYE	3778270,508	941969,851	,000	1561315,66	5995225,35
	GSYE	TZY	-7,164E6	941969,851	,000	-9381315,4	-4947405,7
		SYE	-3,778E6	941969,851	,000	-5995225,3	-1561315,6
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,98025	,63057	,267	-,5038	2,4643
		GSYE	9,99150	,63057	,000	8,5074	11,4756
	SYE	TZY	-,98025	,63057	,267	-2,4643	,5038
		GSYE	9,01125	,63057	,000	7,5272	10,4953
	GSYE	TZY	-9,99150	,63057	,000	-11,4756	-8,5074
		SYE	-9,01125	,63057	,000	-10,4953	-7,5272
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,19517	,47295	,910	-1,3083	,9179
		GSYE	-2,23375	,47295	,000	-3,3469	-1,1206
	SYE	TZY	,19517	,47295	,910	-,9179	1,3083
		GSYE	-2,03858	,47295	,000	-3,1517	-,9255
	GSYE	TZY	2,23375	,47295	,000	1,1206	3,3469
		SYE	2,03858	,47295	,000	,9255	3,1517
STOK	TZY	SYE	30930,067	4947,538	,000	19285,88	42574,25
		GSYE	87574,442	4947,538	,000	75930,26	99218,62
	SYE	TZY	-30930,067	4947,538	,000	-42574,25	-19285,88
		GSYE	56644,375	4947,538	,000	45000,19	68288,56
	GSYE	TZY	-87574,442	4947,538	,000	-99218,62	-75930,26
		SYE	-56644,375	4947,538	,000	-68288,56	-45000,19

Tablo D3. Sipariş miktarının orta olduğu senaryo (K_2) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	2,264E15	2	1,132E15	26,596	,000
	Grup İçi	1,519E16	357	4,255E13		
	Toplam	1,746E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	5338,049	2	2669,024	115,609	,000
	Grup İçi	8241,960	357	23,087		
	Toplam	13580,009	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	314,486	2	157,243	19,764	,000
	Grup İçi	2840,265	357	7,956		
	Toplam	3154,751	359			
STOK	Gruplar Arası	3,660E11	2	1,830E11	136,498	,000
	Grup İçi	4,786E11	357	1,341E9		
	Toplam	8,445E11	359			

Tablo D4. Sipariş miktarının orta olduğu senaryo (K_2) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	1742132,192	842156,905	,098	-239909,83	3724174,22
		GSYE	5971802,358	842156,905	,000	3989760,33	7953844,38
	SYE	TZY	-1742132,192	842156,905	,098	-3724174,22	239909,83
		GSYE	4229670,167	842156,905	,000	2247628,14	6211712,19
	GSYE	TZY	-5,972E6	842156,905	,000	-7953844,38	-3989760,33
		SYE	-4,230E6	842156,905	,000	-6211712,19	-2247628,14
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,49375	,62031	,706	-,9662	1,9537
		GSYE	8,40425	,62031	,000	6,9443	9,8642
	SYE	TZY	-,49375	,62031	,706	-1,9537	,9662
		GSYE	7,91050	,62031	,000	6,4506	9,3704
	GSYE	TZY	-8,40425	,62031	,000	-9,8642	-6,9443
		SYE	-7,91050	,62031	,000	-9,3704	-6,4506
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,10025	,36414	,959	-,9573	,7568
		GSYE	-2,03092	,36414	,000	-2,8879	-1,1739
	SYE	TZY	,10025	,36414	,959	-,7568	,9573
		GSYE	-1,93067	,36414	,000	-2,7877	-1,0736
	GSYE	TZY	2,03092	,36414	,000	1,1739	2,8879
		SYE	1,93067	,36414	,000	1,0736	2,7877
STOK	TZY	SYE	16811,167	4726,802	,001	5686,49	27935,84
		GSYE	74455,917	4726,802	,000	63331,24	85580,59
	SYE	TZY	-16811,167	4726,802	,001	-27935,84	-5686,49
		GSYE	57644,750	4726,802	,000	46520,08	68769,42
	GSYE	TZY	-74455,917	4726,802	,000	-85580,59	-63331,24
		SYE	-57644,750	4726,802	,000	-68769,42	-46520,08

Tablo D5. Sipariş miktarının yüksek olduğu senaryo (K_3) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	3,594E15	2	1,797E15	33,319	,000
	Grup İçi	1,926E16	357	5,394E13		
	Toplam	2,285E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	3048,885	2	1524,443	99,607	,000
	Grup İçi	5463,738	357	15,305		
	Toplam	8512,623	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	279,971	2	139,985	20,491	,000
	Grup İçi	2438,839	357	6,831		
	Toplam	2718,810	359			
STOK	Gruplar Arası	5,195E11	2	2,597E11	140,824	,000
	Grup İçi	6,585E11	357	1,844E9		
	Toplam	1,178E12	359			

Tablo D6. Sipariş miktarının yüksek olduğu senaryo (K_3) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2145205,683	948123,424	,063	-86231,78	4376643,15
		GSYE	7512830,725	948123,424	,000	5281393,26	9744268,19
	SYE	TZY	-2145205,683	948123,424	,063	-4376643,15	86231,78
		GSYE	5367625,042	948123,424	,000	3136187,58	7599062,51
	GSYE	TZY	-7,513E6	948123,424	,000	-9744268,19	-5281393,26
		SYE	-5,368E6	948123,424	,000	-7599062,51	-3136187,58
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,60467	,50505	,456	-,5840	1,7933
		GSYE	6,45350	,50505	,000	5,2648	7,6422
	SYE	TZY	-,60467	,50505	,456	-1,7933	,5840
		GSYE	5,84883	,50505	,000	4,6602	7,0375
	GSYE	TZY	-6,45350	,50505	,000	-7,6422	-5,2648
		SYE	-5,84883	,50505	,000	-7,0375	-4,6602
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,28575	,33743	,674	-1,0799	,5084
		GSYE	-1,99717	,33743	,000	-2,7913	-1,2030
	SYE	TZY	,28575	,33743	,674	-,5084	1,0799
		GSYE	-1,71142	,33743	,000	-2,5056	-,9173
	GSYE	TZY	1,99717	,33743	,000	1,2030	2,7913
		SYE	1,71142	,33743	,000	,9173	2,5056
STOK	TZY	SYE	23789,525	5544,495	,000	10740,39	36838,66
		GSYE	89800,167	5544,495	,000	76751,03	102849,30
	SYE	TZY	-23789,525	5544,495	,000	-36838,66	-10740,39
		GSYE	66010,642	5544,495	,000	52961,50	79059,78
	GSYE	TZY	-89800,167	5544,495	,000	-102849,30	-76751,03
		SYE	-66010,642	5544,495	,000	-79059,78	-52961,50

Tablo D7. Tedarik kıtlığı olmadığı senaryo (T_1) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	2,796E15	2	1,398E15	20,804	,000
	Grup İçi	2,399E16	357	6,720E13		
	Toplam	2,679E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	4409,140	2	2204,570	99,750	,000
	Grup İçi	7890,030	357	22,101		
	Toplam	12299,170	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	56,696	2	28,348	4,838	,008
	Grup İçi	2091,746	357	5,859		
	Toplam	2148,441	359			
STOK	Gruplar Arası	3,421E11	2	1,711E11	96,734	,000
	Grup İçi	6,313E11	357	1,768E9		
	Toplam	9,734E11	359			

Tablo D8. Tedarik kıtlığı olmadığı senaryo (T_1) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2209960,708	1058300,638	,094	-280782,20	4700703,62
		GSYE	6698600,242	1058300,638	,000	4207857,33	9189343,15
	SYE	TZY	-2209960,708	1058300,638	,094	-4700703,62	280782,20
		GSYE	4488639,533	1058300,638	,000	1997896,63	6979382,44
	GSYE	TZY	-6,699E6	1058300,638	,000	-9189343,15	-4207857,33
		SYE	-4,489E6	1058300,638	,000	-6979382,44	-1997896,63
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,33183	,60692	,848	-1,0966	1,7602
		GSYE	7,58425	,60692	,000	6,1559	9,0126
	SYE	TZY	-,33183	,60692	,848	-1,7602	1,0966
		GSYE	7,25242	,60692	,000	5,8240	8,6808
	GSYE	TZY	-7,58425	,60692	,000	-9,0126	-6,1559
		SYE	-7,25242	,60692	,000	-8,6808	-5,8240
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,004333	,312496	1,000	-,73980	,73114
		GSYE	-,844000	,312496	,020	-1,57947	-,10853
	SYE	TZY	,004333	,312496	1,000	-,73114	,73980
		GSYE	-,839667	,312496	,021	-1,57514	-,10420
	GSYE	TZY	,844000	,312496	,020	,10853	1,57947
		SYE	,839667	,312496	,021	,10420	1,57514
STOK	TZY	SYE	21191,325	5428,819	,000	8414,43	33968,22
		GSYE	73361,967	5428,819	,000	60585,08	86138,86
	SYE	TZY	-21191,325	5428,819	,000	-33968,22	-8414,43
		GSYE	52170,642	5428,819	,000	39393,75	64947,53
	GSYE	TZY	-73361,967	5428,819	,000	-86138,86	-60585,08
		SYE	-52170,642	5428,819	,000	-64947,53	-39393,75

Tablo D9. Tedarik kıtlığının düşük olduğu senaryo (T_2) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	3,116E15	2	1,558E15	20,082	,000
	Grup İçi	2,769E16	357	7,757E13		
	Toplam	3,081E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	5401,802	2	2700,901	136,770	,000
	Grup İçi	7049,929	357	19,748		
	Toplam	12451,732	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	280,618	2	140,309	23,440	,000
	Grup İçi	2136,966	357	5,986		
	Toplam	2417,584	359			
STOK	Gruplar Arası	4,609E11	2	2,304E11	114,319	,000
	Grup İçi	7,196E11	357	2,016E9		
	Toplam	1,181E12	359			

Tablo D10. Tedarik kıtlığının düşük olduğu senaryo (T_2) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2344495,983	1137029,995	,099	-331538,87	5020530,84
		GSYE	7073226,000	1137029,995	,000	4397191,14	9749260,86
	SYE	TZY	-2344495,983	1137029,995	,099	-5020530,84	331538,87
		GSYE	4728730,017	1137029,995	,000	2052695,16	7404764,87
	GSYE	TZY	-7,073E6	1137029,995	,000	-9749260,86	-4397191,1
		SYE	-4,729E6	1137029,995	,000	-7404764,87	-2052695,1
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	1,00258	,57370	,189	-,3476	2,3528
		GSYE	8,67250	,57370	,000	7,3223	10,0227
	SYE	TZY	-1,00258	,57370	,189	-2,3528	,3476
		GSYE	7,66992	,57370	,000	6,3197	9,0201
	GSYE	TZY	-8,67250	,57370	,000	-10,0227	-7,3223
		SYE	-7,66992	,57370	,000	-9,0201	-6,3197
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,20550	,31586	,792	-,9489	,5379
		GSYE	-1,96717	,31586	,000	-2,7105	-1,2238
	SYE	TZY	,20550	,31586	,792	-,5379	,9489
		GSYE	-1,76167	,31586	,000	-2,5050	-1,0183
	GSYE	TZY	1,96717	,31586	,000	1,2238	2,7105
		SYE	1,76167	,31586	,000	1,0183	2,5050
STOK	TZY	SYE	23804,558	5796,262	,000	10162,88	37446,24
		GSYE	84951,017	5796,262	,000	71309,34	98592,70
	SYE	TZY	-23804,558	5796,262	,000	-37446,24	-10162,88
		GSYE	61146,458	5796,262	,000	47504,78	74788,14
	GSYE	TZY	-84951,017	5796,262	,000	-98592,70	-71309,34
		SYE	-61146,458	5796,262	,000	-74788,14	-47504,78

Tablo D11. Tedarik kıtlığının yüksek olduğu senaryo (T_3) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	2,879E15	2	1,440E15	19,764	,000
	Grup İçi	2,600E16	357	7,284E13		
	Toplam	2,888E16	359			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	5439,200	2	2719,600	107,999	,000
	Grup İçi	8989,834	357	25,182		
	Toplam	14429,034	359			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	861,091	2	430,546	40,486	,000
	Grup İçi	3796,537	357	10,635		
	Toplam	4657,628	359			
STOK	Gruplar Arası	5,575E11	2	2,787E11	136,330	,000
	Grup İçi	7,299E11	357	2,044E9		
	Toplam	1,287E12	359			

Tablo D12. Tedarik kıtlığının yüksek olduğu senaryo (T_3) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2718971,292	1101816,910	,037	125811,51	5312131,07
		GSYE	6877167,458	1101816,910	,000	4284007,68	9470327,24
	SYE	TZY	-2,719E6	1101816,910	,037	-5312131,07	-125811,51
		GSYE	4158196,167	1101816,910	,001	1565036,38	6751355,95
	GSYE	TZY	-6,877E6	1101816,910	,000	-9470327,24	-4284007,6
		SYE	-4,158E6	1101816,910	,001	-6751355,95	-1565036,3
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,74425	,64784	,485	-,7805	2,2690
		GSYE	8,59250	,64784	,000	7,0678	10,1172
	SYE	TZY	-,74425	,64784	,485	-2,2690	,7805
		GSYE	7,84825	,64784	,000	6,3235	9,3730
	GSYE	TZY	-8,59250	,64784	,000	-10,1172	-7,0678
		SYE	-7,84825	,64784	,000	-9,3730	-6,3235
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,37133	,42100	,652	-1,3622	,6195
		GSYE	-3,45067	,42100	,000	-4,4415	-2,4598
	SYE	TZY	,37133	,42100	,652	-,6195	1,3622
		GSYE	-3,07933	,42100	,000	-4,0702	-2,0885
	GSYE	TZY	3,45067	,42100	,000	2,4598	4,4415
		SYE	3,07933	,42100	,000	2,0885	4,0702
STOK	TZY	SYE	26534,875	5837,369	,000	12796,45	40273,30
		GSYE	93517,542	5837,369	,000	79779,12	107255,97
	SYE	TZY	-26534,875	5837,369	,000	-40273,30	-12796,45
		GSYE	66982,667	5837,369	,000	53244,24	80721,09
	GSYE	TZY	-93517,542	5837,369	,000	-107255,97	-79779,12
		SYE	-66982,667	5837,369	,000	-80721,09	-53244,24

Tablo D13. Teslim süresi ortalamalarının düşük olduğu (L_1) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	1,507E15	2	7,537E14	7,202	,001
	Grup İçi	2,795E16	267	1,047E14		
	Toplam	2,945E16	269			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	3148,726	2	1574,363	68,470	,000
	Grup İçi	6139,249	267	22,993		
	Toplam	9287,975	269			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	76,577	2	38,288	1,923	,148
	Grup İçi	5317,211	267	19,915		
	Toplam	5393,787	269			
STOK	Gruplar Arası	2,243E11	2	1,121E11	64,827	,000
	Grup İçi	4,618E11	267	1,730E9		
	Toplam	6,861E11	269			

Tablo D14. Teslim süresi ortalamalarının düşük olduğu (L_1) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	1085637,378	1525074,783	,757	-2508749,75	4680024,51
		GSYE	5466329,567	1525074,783	,001	1871942,44	9060716,70
	SYE	TZY	-1085637,378	1525074,783	,757	-4680024,51	2508749,75
		GSYE	4380692,189	1525074,783	,012	786305,06	7975079,32
	GSYE	TZY	-5,466E6	1525074,783	,001	-9060716,70	-1871942,4
		SYE	-4,381E6	1525074,783	,012	-7975079,32	-786305,06
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,40644	,71482	,837	-1,2783	2,0912
		GSYE	7,43889	,71482	,000	5,7542	9,1236
	SYE	TZY	-,40644	,71482	,837	-2,0912	1,2783
		GSYE	7,03244	,71482	,000	5,3477	8,7172
	GSYE	TZY	-7,43889	,71482	,000	-9,1236	-5,7542
		SYE	-7,03244	,71482	,000	-8,7172	-5,3477
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,66222	,66524	,580	-2,2301	,9057
		GSYE	-1,30444	,66524	,124	-2,8723	,2634
	SYE	TZY	,66222	,66524	,580	-,9057	2,2301
		GSYE	-,64222	,66524	,599	-2,2101	,9257
	GSYE	TZY	1,30444	,66524	,124	-,2634	2,8723
		SYE	,64222	,66524	,599	-,9257	2,2101
STOK	TZY	SYE	17798,322	6199,806	,012	3186,25	32410,39
		GSYE	68060,878	6199,806	,000	53448,81	82672,95
	SYE	TZY	-17798,322	6199,806	,012	-32410,39	-3186,25
		GSYE	50262,556	6199,806	,000	35650,48	64874,63
	GSYE	TZY	-68060,878	6199,806	,000	-82672,95	-53448,81
		SYE	-50262,556	6199,806	,000	-64874,63	-35650,48

Tablo D15. Teslim süresi ortalamalarının orta olduğu (L_2) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	1,787E15	2	8,936E14	17,870	,000
	Grup İçi	1,335E16	267	5,000E13		
	Toplam	1,514E16	269			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	3665,899	2	1832,949	120,414	,000
	Grup İçi	4064,287	267	15,222		
	Toplam	7730,186	269			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	138,869	2	69,435	24,866	,000
	Grup İçi	745,557	267	2,792		
	Toplam	884,427	269			
STOK	Gruplar Arası	2,700E11	2	1,350E11	173,518	,000
	Grup İçi	2,077E11	267	7,779E8		
	Toplam	4,776E11	269			

Tablo D16. Teslim süresi ortalamalarının orta olduğu (L_2) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2370078,711	1054138,099	,065	-114376,78	4854534,20
		GSYE	6242003,656	1054138,099	,000	3757548,17	8726459,14
	SYE	TZY	-2370078,711	1054138,099	,065	-4854534,20	114376,78
		GSYE	3871924,944	1054138,099	,001	1387469,46	6356380,43
	GSYE	TZY	-6,242E6	1054138,099	,000	-8726459,14	-3757548,1
		SYE	-3,872E6	1054138,099	,001	-6356380,43	-1387469,4
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,69333	,58161	,459	-,6774	2,0641
		GSYE	8,14011	,58161	,000	6,7693	9,5109
	SYE	TZY	-,69333	,58161	,459	-2,0641	,6774
		GSYE	7,44678	,58161	,000	6,0760	8,8175
	GSYE	TZY	-8,14011	,58161	,000	-9,5109	-6,7693
		SYE	-7,44678	,58161	,000	-8,8175	-6,0760
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	,12022	,24910	,880	-,4669	,7073
		GSYE	-1,45767	,24910	,000	-2,0448	-,8706
	SYE	TZY	-,12022	,24910	,880	-,7073	,4669
		GSYE	-1,57789	,24910	,000	-2,1650	-,9908
	GSYE	TZY	1,45767	,24910	,000	,8706	2,0448
		SYE	1,57789	,24910	,000	,9908	2,1650
STOK	TZY	SYE	21331,522	4157,673	,000	11532,47	31130,57
		GSYE	75147,833	4157,673	,000	65348,78	84946,88
	SYE	TZY	-21331,522	4157,673	,000	-31130,57	-11532,47
		GSYE	53816,311	4157,673	,000	44017,26	63615,36
	GSYE	TZY	-75147,833	4157,673	,000	-84946,88	-65348,78
		SYE	-53816,311	4157,673	,000	-63615,36	-44017,26

Tablo D17. Teslim süresi ortalamalarının yüksek olduğu (L_3) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	4,068E15	2	2,034E15	39,970	,000
	Grup İçi	1,359E16	267	5,089E13		
	Toplam	1,765E16	269			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	3949,296	2	1974,648	111,640	,000
	Grup İçi	4722,609	267	17,688		
	Toplam	8671,905	269			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	340,575	2	170,288	70,594	,000
	Grup İçi	644,058	267	2,412		
	Toplam	984,634	269			
STOK	Gruplar Arası	5,450E11	2	2,725E11	279,580	,000
	Grup İçi	2,603E11	267	9,748E8		
	Toplam	8,053E11	269			

Tablo D18. Teslim süresi ortalamalarının yüksek olduğu (L_3) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	3375805,833	1063387,753	,005	869550,21	5882061,46
		GSYE	9385338,856	1063387,753	,000	6879083,23	11891594,48
	SYE	TZY	-3,376E6	1063387,753	,005	-5882061,46	-869550,21
		GSYE	6009533,022	1063387,753	,000	3503277,40	8515788,65
	GSYE	TZY	-9,385E6	1063387,753	,000	-11891594,4	-6879083,23
		SYE	-6,010E6	1063387,753	,000	-8515788,65	-3503277,40
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,37800	,62694	,819	-1,0996	1,8556
		GSYE	8,29544	,62694	,000	6,8178	9,7731
	SYE	TZY	-,37800	,62694	,819	-1,8556	1,0996
		GSYE	7,91744	,62694	,000	6,4398	9,3951
	GSYE	TZY	-8,29544	,62694	,000	-9,7731	-6,8178
		SYE	-7,91744	,62694	,000	-9,3951	-6,4398
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,13256	,23153	,835	-,6782	,4131
		GSYE	-2,44600	,23153	,000	-2,9917	-1,9003
	SYE	TZY	,13256	,23153	,835	-,4131	,6782
		GSYE	-2,31344	,23153	,000	-2,8591	-1,7678
	GSYE	TZY	2,44600	,23153	,000	1,9003	2,9917
		SYE	2,31344	,23153	,000	1,7678	2,8591
STOK	TZY	SYE	30488,078	4654,167	,000	19518,86	41457,30
		GSYE	106824,300	4654,167	,000	95855,08	117793,52
	SYE	TZY	-30488,078	4654,167	,000	-41457,30	-19518,86
		GSYE	76336,222	4654,167	,000	65367,00	87305,44
	GSYE	TZY	-106824,300	4654,167	,000	-117793,52	-95855,08
		SYE	-76336,222	4654,167	,000	-87305,44	-65367,00

Tablo D19. Teslim süresinin sabit olduğu senaryo (L_4) için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	1,873E15	2	9,364E14	24,611	,000
	Grup İçi	1,016E16	267	3,805E13		
	Toplam	1,203E16	269			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	4524,283	2	2262,142	65,682	,000
	Grup İçi	9195,741	267	34,441		
	Toplam	13720,024	269			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	573,648	2	286,824	38,222	,000
	Grup İçi	2003,613	267	7,504		
	Toplam	2577,261	269			
STOK	Gruplar Arası	3,484E11	2	1,742E11	264,125	,000
	Grup İçi	1,761E11	267	6,595E8		
	Toplam	5,245E11	269			

Tablo D20. Teslim süresinin sabit olduğu senaryo (L_4) için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2866382,056	919518,253	,006	699206,64	5033557,47
		GSYE	6438319,522	919518,253	,000	4271144,11	8605494,94
	SYE	TZY	-2,866E6	919518,253	,006	-5033557,47	-699206,64
		GSYE	3571937,467	919518,253	,000	1404762,05	5739112,88
	GSYE	TZY	-6,438E6	919518,253	,000	-8605494,94	-4271144,11
		SYE	-3,572E6	919518,253	,000	-5739112,88	-1404762,05
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	1,29378	,87485	,303	-,7681	3,3557
		GSYE	9,25789	,87485	,000	7,1960	11,3198
	SYE	TZY	-1,29378	,87485	,303	-3,3557	,7681
		GSYE	7,96411	,87485	,000	5,9022	10,0260
	GSYE	TZY	-9,25789	,87485	,000	-11,3198	-7,1960
		SYE	-7,96411	,87485	,000	-10,0260	-5,9022
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,10033	,40836	,967	-1,0628	,8621
		GSYE	-3,14100	,40836	,000	-4,1035	-2,1785
	SYE	TZY	,10033	,40836	,967	-,8621	1,0628
		GSYE	-3,04067	,40836	,000	-4,0031	-2,0782
	GSYE	TZY	3,14100	,40836	,000	2,1785	4,1035
		SYE	3,04067	,40836	,000	2,0782	4,0031
STOK	TZY	SYE	25756,422	3828,320	,000	16733,61	34779,23
		GSYE	85741,022	3828,320	,000	76718,21	94763,83
	SYE	TZY	-25756,422	3828,320	,000	-34779,23	-16733,61
		GSYE	59984,600	3828,320	,000	50961,79	69007,41
	GSYE	TZY	-85741,022	3828,320	,000	-94763,83	-76718,21
		SYE	-59984,600	3828,320	,000	-69007,41	-50961,79

Tablo D21. Benzetim uygulaması sonuçlarının tamamı için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	Gruplar Arası	8,776E15	2	4,388E15	58,056	,000
	Grup İçi	8,140E16	1077	7,558E13		
	Toplam	9,018E16	1079			
KAMÇI ETKİSİ	Gruplar Arası	15204,074	2	7602,037	335,516	,000
	Grup İçi	24402,392	1077	22,658		
	Toplam	39606,466	1079			
SİPARİŞ ERTELEME	Gruplar Arası	957,577	2	478,789	49,741	,000
	Grup İçi	10366,776	1077	9,626		
	Toplam	11324,353	1079			
STOK	Gruplar Arası	1,347E12	2	6,736E11	344,438	,000
	Grup İçi	2,106E12	1077	1,956E9		
	Toplam	3,454E12	1079			

Tablo D22. Benzetim uygulaması sonuçlarının tamamı için Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM ZİNCİR MALİYETİ	TZY	SYE	2424475,994	647994,278	,001	903664,93	3945287,05
		GSYE	6882997,900	647994,278	,000	5362186,84	8403808,96
	SYE	TZY	-2,424E6	647994,278	,001	-3945287,05	-903664,93
		GSYE	4458521,906	647994,278	,000	2937710,85	5979332,97
	GSYE	TZY	-6,883E6	647994,278	,000	-8403808,96	-5362186,84
		SYE	-4,459E6	647994,278	,000	-5979332,97	-2937710,85
KAMÇI ETKİSİ	TZY	SYE	,69289	,35479	,125	-,1398	1,5256
		GSYE	8,28308	,35479	,000	7,4504	9,1158
	SYE	TZY	-,69289	,35479	,125	-1,5256	,1398
		GSYE	7,59019	,35479	,000	6,7575	8,4229
	GSYE	TZY	-8,28308	,35479	,000	-9,1158	-7,4504
		SYE	-7,59019	,35479	,000	-8,4229	-6,7575
SİPARİŞ ERTELEME	TZY	SYE	-,193722	,231248	,680	-,73645	,34901
		GSYE	-2,087278	,231248	,000	-2,63001	-1,54455
	SYE	TZY	,193722	,231248	,680	-,34901	,73645
		GSYE	-1,893556	,231248	,000	-2,43628	-1,35083
	GSYE	TZY	2,087278	,231248	,000	1,54455	2,63001
		SYE	1,893556	,231248	,000	1,35083	2,43628
STOK	TZY	SYE	23843,586	3296,223	,000	16107,51	31579,66
		GSYE	83943,508	3296,223	,000	76207,43	91679,58
	SYE	TZY	-23843,586	3296,223	,000	-31579,66	-16107,51
		GSYE	60099,922	3296,223	,000	52363,85	67836,00
	GSYE	TZY	-83943,508	3296,223	,000	-91679,58	-76207,43
		SYE	-60099,922	3296,223	,000	-67836,00	-52363,85

Tablo D23. Dağıtıcı kademesi için maliyet değerlerinin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
D1	Gruplar Arası	7,839E12	2	3,920E12	3,116	,045
	Grup İçi	1,355E15	1077	1,258E12		
	Toplam	1,362E15	1079			
D2	Gruplar Arası	4,793E12	2	2,397E12	1,056	,348
	Grup İçi	2,444E15	1077	2,269E12		
	Toplam	2,448E15	1079			
D3	Gruplar Arası	2,014E14	2	1,007E14	38,024	,000
	Grup İçi	2,852E15	1077	2,648E12		
	Toplam	3,053E15	1079			

Tablo D24. Dağıtıcı kademesi için maliyet değerlerinin Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
D1	TZY	SYE	-57729,76944	83589,58335	,769	-253910,456	138450,9180
		GSYE	-2,02542E5	83589,58335	,041	-398723,059	-6361,6848
	SYE	TZY	57729,76944	83589,58335	,769	-138450,918	253910,4569
		GSYE	-1,44813E5	83589,58335	,194	-340993,290	51368,0847
	GSYE	TZY	2,02542E5	83589,58335	,041	6361,6848	398723,0597
		SYE	1,44813E5	83589,58335	,194	-51368,0847	340993,2902
D2	TZY	SYE	-36981,66667	1,12272E5	,942	-300477,958	226514,6248
		GSYE	-1,56138E5	1,12272E5	,346	-419634,191	107358,3915
	SYE	TZY	36981,66667	1,12272E5	,942	-226514,624	300477,9582
		GSYE	-1,19156E5	1,12272E5	,538	-382652,524	144340,0582
	GSYE	TZY	1,56138E5	1,12272E5	,346	-107358,391	419634,1915
		SYE	1,19156E5	1,12272E5	,538	-144340,058	382652,5248
D3	TZY	SYE	8,64185E5	1,21286E5	,000	579531,3777	1,1488E6
		GSYE	-96021,59722	1,21286E5	,708	-380675,072	188631,8779
	SYE	TZY	-8,64185E5	1,21286E5	,000	-1,1488E6	-579531,377
		GSYE	-9,60206E5	1,21286E5	,000	-1,2449E6	-675552,974
	GSYE	TZY	96021,59722	1,21286E5	,708	-188631,877	380675,0723
		SYE	9,60206E5	1,21286E5	,000	675552,9749	1,2449E6

Tablo D25. Kademe esaslı olarak maliyet değerlerinin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
Perakendeci	Gruplar Arası	1,138E13	2	5,688E12	,687	,503
	Grup İçi	8,918E15	1077	8,280E12		
	Toplam	8,929E15	1079			
Dağıtıcı	Gruplar Arası	2,757E14	2	1,378E14	13,695	,000
	Grup İçi	1,084E16	1077	1,007E13		
	Toplam	1,112E16	1079			
Üretici	Gruplar Arası	1,136E16	2	5,680E15	426,194	,000
	Grup İçi	1,435E16	1077	1,333E13		
	Toplam	2,571E16	1079			

Tablo D26. Kademe esaslı olarak maliyet değerlerinin Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Perakendeci	TZY	SYE	-101159,192	214479,878	,885	-604533,03	402214,65
		GSYE	-249883,203	214479,878	,474	-753257,05	253490,64
	SYE	TZY	101159,192	214479,878	,885	-402214,65	604533,03
		GSYE	-148724,011	214479,878	,767	-652097,85	354649,83
	GSYE	TZY	249883,203	214479,878	,474	-253490,64	753257,05
		SYE	148724,011	214479,878	,767	-354649,83	652097,85
Dağıtıcı	TZY	SYE	769473,419	236475,449	,003	214477,04	1324469,80
		GSYE	-454701,861	236475,449	,133	-1009698,24	100294,52
	SYE	TZY	-769473,419	236475,449	,003	-1324469,80	-214477,04
		GSYE	-1,224E6	236475,449	,000	-1779171,66	-669178,90
	GSYE	TZY	454701,861	236475,449	,133	-100294,52	1009698,24
		SYE	1224175,281	236475,449	,000	669178,90	1779171,66
Üretici	TZY	SYE	1756161,811	272095,521	,000	1117566,85	2394756,77
		GSYE	7587582,947	272095,521	,000	6948987,99	8226177,90
	SYE	TZY	-1,756E6	272095,521	,000	-2394756,77	-1117566,85
		GSYE	5831421,136	272095,521	,000	5192826,18	6470016,09
	GSYE	TZY	-7,588E6	272095,521	,000	-8226177,90	-6948987,99
		SYE	-5,831E6	272095,521	,000	-6470016,09	-5192826,18

Tablo D27. Dağıtıcı kademesi için kamçı değerlerinin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
D1	Gruplar Arası	1,970	2	,985	,890	,411
	Grup İçi	1191,759	1077	1,107		
	Toplam	1193,729	1079			
D2	Gruplar Arası	1,802	2	,901	,598	,550
	Grup İçi	1622,716	1077	1,507		
	Toplam	1624,518	1079			
D3	Gruplar Arası	449,025	2	224,513	120,688	,000
	Grup İçi	2003,505	1077	1,860		
	Toplam	2452,530	1079			

Tablo D28. Dağıtıcı kademesi için kamçı değerlerinin Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
D1	TZY	SYE	-,0651585	,0784061	,684	-,249174	,118857
		GSYE	,0383130	,0784061	,877	-,145702	,222328
	SYE	TZY	,0651585	,0784061	,684	-,118857	,249174
		GSYE	,1034715	,0784061	,384	-,080544	,287487
	GSYE	TZY	-,0383130	,0784061	,877	-,222328	,145702
		SYE	-,1034715	,0784061	,384	-,287487	,080544
D2	TZY	SYE	-,0521939	,0914907	,836	-,266918	,162530
		GSYE	,0478240	,0914907	,860	-,166900	,262548
	SYE	TZY	,0521939	,0914907	,836	-,162530	,266918
		GSYE	,1000179	,0914907	,518	-,114706	,314742
	GSYE	TZY	-,0478240	,0914907	,860	-,262548	,166900
		SYE	-,1000179	,0914907	,518	-,314742	,114706
D3	TZY	SYE	1,4480609	,1016602	,000	1,209469	1,686653
		GSYE	,1778826	,1016602	,187	-,060709	,416474
	SYE	TZY	-1,4480609	,1016602	,000	-1,686653	-1,209469
		GSYE	-1,2701783	,1016602	,000	-1,508770	-1,031587
	GSYE	TZY	-,1778826	,1016602	,187	-,416474	,060709
		SYE	1,2701783	,1016602	,000	1,031587	1,508770

Tablo D29. Kademe esaslı olarak kamçı değerlerinin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
Perakendeci	Gruplar Arası	8,507	2	4,254	12,994	,000
	Grup İçi	352,560	1077	,327		
	Toplam	361,067	1079			
Dağıtıcı	Gruplar Arası	39,711	2	19,855	27,777	,000
	Grup İçi	769,853	1077	,715		
	Toplam	809,564	1079			
Üretici	Gruplar Arası	15203,436	2	7601,718	335,508	,000
	Grup İçi	24401,958	1077	22,657		
	Toplam	39605,394	1079			

Tablo D30. Kademe esaslı olarak kamçı değerlerinin Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Perakendeci	TZY	SYE	-,0751498	,0426454	,183	-,175237	,024937
		GSYE	-,2142442	,0426454	,000	-,314331	-,114157
	SYE	TZY	,0751498	,0426454	,183	-,024937	,175237
		GSYE	-,1390943	,0426454	,003	-,239181	-,039008
	GSYE	TZY	,2142442	,0426454	,000	,114157	,314331
SYE		,1390943	,0426454	,003	,039008	,239181	
Dağıtıcı	TZY	SYE	,4435695	,0630173	,000	,295671	,591468
		GSYE	,0880066	,0630173	,343	-,059892	,235905
	SYE	TZY	-,4435695	,0630173	,000	-,591468	-,295671
		GSYE	-,3555630	,0630173	,000	-,503462	-,207664
	GSYE	TZY	-,0880066	,0630173	,343	-,235905	,059892
SYE		,3555630	,0630173	,000	,207664	,503462	
Üretici	TZY	SYE	,6926145	,3547874	,125	-,140054	1,525283
		GSYE	8,2827967	,3547874	,000	7,450128	9,115466
	SYE	TZY	-,6926145	,3547874	,125	-1,525283	,140054
		GSYE	7,5901821	,3547874	,000	6,757513	8,422851
	GSYE	TZY	-8,2827967	,3547874	,000	-9,115466	-7,450128
	SYE	-7,5901821	,3547874	,000	-8,422851	-6,757513	

Tablo D31. Kademe esaslı olarak sipariş ortalama oranlarının tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
Perakendeci	Gruplar Arası	292,862	2	146,431	9,728	,000
	Grup İçi	16212,057	1077	15,053		
	Toplam	16504,919	1079			
Dağıtıcı	Gruplar Arası	212,956	2	106,478	18,904	,000
	Grup İçi	6066,182	1077	5,632		
	Toplam	6279,138	1079			
Üretici	Gruplar Arası	3832,631	2	1916,315	85,548	,000
	Grup İçi	24125,287	1077	22,400		
	Toplam	27957,918	1079			
Ortalama	Gruplar Arası	957,577	2	478,789	49,741	,000
	Grup İçi	10366,776	1077	9,626		
	Toplam	11324,353	1079			

Tablo D32. Kademe esaslı olarak sipariş ortalama oranlarının Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Perakendeci	TZY	SYE	-,34486	,28918	,458	-1,0236	,3338
		GSYE	-1,23594	,28918	,000	-1,9146	-,5572
	SYE	TZY	,34486	,28918	,458	-,3338	1,0236
		GSYE	-,89108	,28918	,006	-1,5698	-,2124
	GSYE	TZY	1,23594	,28918	,000	,5572	1,9146
		SYE	,89108	,28918	,006	,2124	1,5698
Dağıtıcı	TZY	SYE	-,45189	,17689	,029	-,8671	-,0367
		GSYE	-1,08278	,17689	,000	-1,4979	-,6676
	SYE	TZY	,45189	,17689	,029	,0367	,8671
		GSYE	-,63089	,17689	,001	-1,0461	-,2157
	GSYE	TZY	1,08278	,17689	,000	,6676	1,4979
		SYE	,63089	,17689	,001	,2157	1,0461
Üretici	TZY	SYE	,19744	,35277	,842	-,6305	1,0254
		GSYE	-3,89378	,35277	,000	-4,7217	-3,0658
	SYE	TZY	-,19744	,35277	,842	-1,0254	,6305
		GSYE	-4,09122	,35277	,000	-4,9192	-3,2633
	GSYE	TZY	3,89378	,35277	,000	3,0658	4,7217
		SYE	4,09122	,35277	,000	3,2633	4,9192
Ortalama	TZY	SYE	-,19372	,23125	,680	-,7364	,3490
		GSYE	-2,08728	,23125	,000	-2,6300	-1,5446
	SYE	TZY	,19372	,23125	,680	-,3490	,7364
		GSYE	-1,89356	,23125	,000	-2,4363	-1,3508
	GSYE	TZY	2,08728	,23125	,000	1,5446	2,6300
		SYE	1,89356	,23125	,000	1,3508	2,4363

Tablo D33. Kademe esaslı olarak stok miktarlarının tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Testi Değeri	Kabul Olasılığı
Perakendeci	Gruplar Arası	4,137E8	2	2,068E8	2,106	,122
	Grup İçi	1,058E11	1077	9,823E7		
	Toplam	1,062E11	1079			
Dağıtıcı	Gruplar Arası	2,518E10	2	1,259E10	59,500	,000
	Grup İçi	2,279E11	1077	2,116E8		
	Toplam	2,530E11	1079			
Üretici	Gruplar Arası	1,420E12	2	7,099E11	1045,336	,000
	Grup İçi	7,314E11	1077	6,791E8		
	Toplam	2,151E12	1079			

Tablo D34. Kademe esaslı olarak stok miktarlarının Tukey HSD test sonuçları

Bağımlı Değişken	(i) MODEL	(j) MODEL	Fark Ortalaması (i-j)	Standart Hata	Olasılık	% 95 Güven Aralıkları	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Perakendeci	TZY	SYE	129,919	738,728	,983	-1603,84	1863,68
		GSYE	1372,969	738,728	,151	-360,79	3106,73
	SYE	TZY	-129,919	738,728	,983	-1863,68	1603,84
		GSYE	1243,050	738,728	,212	-490,71	2976,81
	GSYE	TZY	-1372,969	738,728	,151	-3106,73	360,79
		SYE	-1243,050	738,728	,212	-2976,81	490,71
Dağıtıcı	TZY	SYE	10566,078	521,526	,000	9342,08	11790,07
		GSYE	381,281	521,526	,745	-842,72	1605,28
	SYE	TZY	-10566,078	521,526	,000	-11790,07	-9342,08
		GSYE	-10184,797	521,526	,000	-11408,79	-8960,80
	GSYE	TZY	-381,281	521,526	,745	-1605,28	842,72
		SYE	10184,797	521,526	,000	8960,80	11408,79
Üretici	TZY	SYE	10123,189	1084,147	,000	7578,75	12667,63
		GSYE	-233,933	1084,147	,975	-2778,37	2310,51
	SYE	TZY	-10123,189	1084,147	,000	-12667,63	-7578,75
		GSYE	-10357,122	1084,147	,000	-12901,56	-7812,68
	GSYE	TZY	233,933	1084,147	,975	-2310,51	2778,37
		SYE	10357,122	1084,147	,000	7812,68	12901,56

ÖZGEÇMİŞ

Halil İbrahim CEBECİ, 17.04.1980'de İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Ankara'da Kalaba ilkokulunda, orta öğrenimini ise Şanlıurfa Anadolu lisesinde tamamladı. 1998 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü 2002 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği anabilim dalında başladığı yüksek lisans öğrenimini 2004 yılında tamamladı. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği anabilim dalında doktora eğitiminde başladı. 2002-2006 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Enformatik Bölüm Başkanlığında araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2006 yılında itibaren aynı üniversitede, Uzaktan Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.