

1073.

TEDARİK SÜRESİ VE/VEYA TALEBİN BELİRSİZ
OLDUĞU DURUMLARDA EMNİYET STOKUNUN BELİR-
LENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)

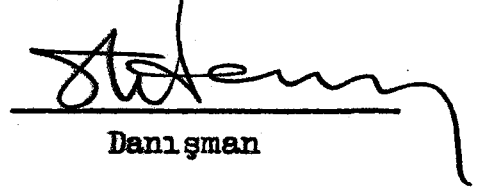
A.Özcan GÖKÇEN

Nisan 1987

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

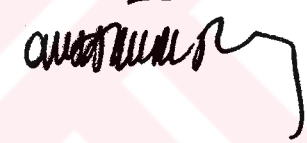

Danışman

Sınav Jürisi

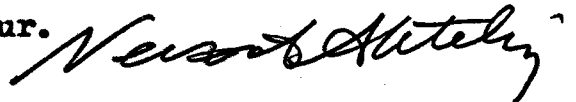
Başkan : Doç. Dr. Fıztı KUTAY

Üye : Doç. Dr. Salim ERDL

Üye : Y. Doç. Dr. Drhan TÜRKBEY

 29/4/87
 29/4/87
 29/04/1987

Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tez Yazım Esaslarına Uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRAIT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
SEMBOLLER.....	IV
TABLoların LİSTESİ.....	VI
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	VIII
GİRİŞ.....	1

BÖLÜM I

oyunlar KURAMI VE STOK YÖNETİMİ	3
I.1. Strateji Oyunların Temel Teoremleri.....	3
I.1.a. Genel Açıklamalar.....	4
I.1.b. İki Kişili, Sıfır Toplamlı Oyunlar.....	5
I.1.c. Stratejilerin Seçilmesi (Minimaks Kriteri).....	6
I.1.d. Eyer Noktalı Oyunlar.....	8
I.1.e. Karma Strateji.....	9
I.1.f. Üstün Stratejiler.....	11
I.1.g. Oyunların Çözüm Yöntemleri.....	11
I.1.h. Doğaya Karşı oyunlar ve Kriter Seçimi.	13
I.2. Stokların Yönetimi ve Kavramları.....	18
I.2.a. Stok Tanımı ve Bazı Kavramlar.....	18
I.2.b. Stok Denetim Sistemleri.....	23
I.2.c. Stok Maliyetleri.....	28

BÖLÜM II

TEDARİK SÜRESİ VE/VEYA TALEBİN BELİRSİZ OLDUĞU DURUMLARDA EMNİYET STOKUNUN BELİRLENMESİ	31
II.1. Tedarik Süresi ve Talepdeki Belirsizliklerin Nedenleri.....	31
II.2. Emniyet Stokunun Gerekliliği.....	32
II.3. Emniyet Stoku Maliyetleri.....	35
II.4. Tedarik Süresinin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi.....	39
II.4.a. Emniyet Stoku Muhtemel Durumlarının Belirlenmesi ve Elde Bulundurmama Olasılığı.....	40
II.4.b. Tedarik Gecikme Sürelerinin Muhtemel Durumlarının Belirlenmesi ve Gecikme Olasılıkları.....	42
II.4.c. Elde Bulundurmama Maliyetinin Hesaplanması.....	44
II.4.d. Elde Bulundurma Maliyetinin Hesaplanması.....	46
II.4.e. Oyun Matrisinin Elde Edilmesi ve Çözüm Şekli.....	46
II.4.f. Bir Uygulama Örneği.....	49
II.5. Talebin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi.....	57
II.5.a. Bir Uygulama Örneği.....	58
II.6. Tedarik Süresi ve Talebin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi...	63
II.6.a. Bir Uygulama Örneği.....	65

BÖLÜM III

SONUÇ VE TARTIŞMA	75
KAYNAKLAR	77

Ö Z E T

Bu tez, tedarik süresi ve/veya talebin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stokunun belirlenmesi problemi ni incelemektedir. Genel olarak literatürde stok kontrolu başlığı altında incelenen bu konu, belirli maliyet unsurlarıyla ve olasılıklı yaklaşımlarla ele alınmaktadır.

Bu tezde olasılıklı yaklaşım kullanılarak verilerin oluşturulması sağlanmış ve emniyet stoku miktarını belirleyebilmek için Oyunlar Kuramı'ndan yararlanılmıştır. Bu teknik bizi akılcı bir sonuca ulaştırmıştır.

Öte yandan tezde, belirsizlik altında emniyet stoklarının belirlenmesinde yeni bir yöntem kullanıldığı söylenebilir.

A B S T R A I T

Dans cette thèse, on examine le problème de déterminer le stock de protection dans le cas où le délai d'approvisionnement et/ou la demande sont incertains. Ce sujet qui est examiné en général dans la littérature sous le titre de contrôle du stock de protection, est traité par les éléments de coût déterminé et par les approches probabilistes.

Dans ce travail, on a procuré la formation des données en utilisant l'approche probabiliste et on a profité des Théories des Jeux pour pouvoir déterminer la quantité du stock de protection. On a obtenu un résultat rationnel par cette technique.

D'autre part, dans cette thèse, on peut dire qu'on a utilisé une nouvelle méthode pour déterminer les stock de protection quand il s'agit d'une incertitude.

T E Ş E K K Ü R

Tezimin başından beri,gerek tez gerekse diğer konularda sık sık görüşme olanağı bulduğum ve anlayışı, teşvik edici davranışlarıyla büyük desteğini gördüğüm danışman hocam ,sayın Doç.Dr. Fevzi Kutay'a,

Gayri resmi danışmanım olarak addettiğim,kıymetli zamanlarını çaldığım ve tez konusunun oluşumunda ve denetiminde yardımlarını esirgemeyen H.Ü. öğretim üyelerinden sayın Doç.Dr. Ceyhan İnal'a,

Konuyu tartışma fırsatı bulabildiğim Araştırma Görevlisi Arkadaşlar'a ve gösterdikleri sabır ve anlayıştan dolayı aileme,

Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

S E M B O L L E R

z	Oyuncu sayısı
a_{ij}	Oyun matrisi elemanları
S_{A_i}	A oyuncusunun i. stratejisi
S_{B_j}	B oyuncusunun j. stratejisi
m	Oyun matrisinin satır boyutu
n	Oyun matrisinin sütun boyutu
v	Oyunun değeri
x_i	A oyuncusunun karma stratejisi
y_j	B oyuncusunun karma stratejisi
$E_A(X,Y)$	A oyuncusunun beklenen kazancı
$E_B(X,Y)$	B oyuncusunun beklenen kazancı
$E(X,Y)$	A oyuncusunun optimal stratejisine karşılık gelen beklenen kazancı
$E(X,Y^*)$	B oyuncusunun optimal stratejisine karşılık gelen beklenen kazancı
$E(X^*,Y^*)$	A ve B oyuncularının optimal stratejilerine karşılık gelen beklenen kazanç (Oyunun Değeri)
$\text{MIN } F$	A oyuncusunun amaç fonksiyonu (DP Modelinde)
$\text{MAX } G$	B oyuncusunun amaç fonksiyonu (DP Modelinde)
h_i	Hurwicz Kriterine göre seçilen i. satırın beklenen değeri
α	Hurwicz Kriterinde iyimserlik katsayısı
r_{ij}	Pişmanlık matrisi elemanları
S_i	i. sipariş noktası
t_j	j. tedarik süresi sapması
T_i	i. sipariş dönemi
S_d	Sipariş verme düzeyi
Q_i	i. sipariş miktarı
s	Emniyet stoku

$I_{\max}$	Sabit sipariş dönemi sisteminde maksimum stok seviyesi
R	Elde bulundurmamanın dönem maliyeti
x	Yıllık sipariş sayısı
F	Kümülatif olasılık
α	Elde bulundurmama olasılığı
C_1	Yıllık elde bulundurmama maliyeti
M	Elde bulundurma maliyeti (%)
u	Birim stok değeri
C_2	Yıllık elde bulundurma maliyeti
c_{ij}	Emniyet stoku maliyeti (C_1+C_2)
g_i	i. gözlem frekansı
f_{ij}	i.emniyet stokunda ve j.talep ve/veya tedarik gecikme süresindeki elde bulundurmama olasılığı
P	Olasılık
b_t	tedarik süresi
d_j	Talebin beklenenin üzerindeki j.durumu
D_i	i.talep miktarı

TABLolarIN LİSTESİ

- Tablo 1.1. İki kişili, sıfır toplamlı oyun
- Tablo 1.2. Örnek bir kazanç matrisi
- Tablo 1.3. Eyer noktalı kazanç matrisi
- Tablo 2.1. s ve t 'ye göre oyun matrisi
- Tablo 2.2. s_i 'ye ilişkin elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.3. Tedarik süresi gerçekleşme olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.4. Elde bulundurmama olasılık matrisi
- Tablo 2.5. Pışmanlık matrisi genel gösterimi
- Tablo 2.6. Fiili tedarik süreleri
- Tablo 2.7. Fiili emniyet stokları
- Tablo 2.8. Tedarik gecikme süresi ve olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.9. Tedarik süresi için emniyet stoku elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.10. Tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi
- Tablo 2.11. Tedarik süresi için elde bulundurmama maliyet matrisi
- Tablo 2.12. Tedarik süresi için emniyet stoku maliyet matrisi (Oyun Matrisi)
- Tablo 2.13. Tedarik süresi için pışmanlık matrisi
- Tablo 2.14. s ve d 'ye göre oyun matrisi
- Tablo 2.15. Talep için emniyet stoku elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.16. Talep sapmaları ve olasılıklarının belirlenmesi
- Tablo 2.17. Talep için emniyet stoku maliyet matrisi (Oyun Matrisi)

- Tablo 2.18. Talep için pişmanlık matrisi
- Tablo 2.19. Tedarik süresi ve talebin olasılık matrisi
- Tablo 2.20. Talep ve tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi
- Tablo 2.21. Tedarik süresi ve talep için fiili olasılık matrisi
- Tablo 2.22. Talep ve tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi
- Tablo 2.23. Talep ve tedarik süresi için maliyet matrisi (Oyun Matrisi)
- Tablo 2.24. Talep ve tedarik süresi için pişmanlık matrisi
- Tablo 2.25. Üstün stratejileri belirlenmiş pişmanlık matrisi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

- Şekil 1.1. Reel ve ortalama talep hızı
- Şekil 1.2. Dönemsel tüketim
- Şekil 1.3. Elde bulundurmama
- Şekil 1.4. Aktif ve emniyet stoku
- Şekil 1.5. Sipariş noktası, tedarik süresi ve sipariş dönemi
- Şekil 1.6. Sabit sipariş miktarı sistemi
- Şekil 1.7. Sabit sipariş dönemi sistemi
- Şekil 2.1. Emniyet stokunu etkileyen etmenler
- Şekil 2.2. Elde bulundurmama durumu
- Şekil 2.3. Emniyet stoku - Maliyet ilişkisi

G İ R İ Ő

Teknolojinin hızlı bir Şekilde ilerlemesi belirsizliklerle ilgili bir yığın olay ortaya çıkarmaktadır. Her geçen gün yeni firmaların endüstriyel sahalara katılması rekabet ortamını kızıştırmakta, yeni mamullerle piyasaya girme çabası içersinde bulunmakta ve pazar paylarını arttırmak istemektedirler.

Öte yandan firmanın üretimde bulunabilmesi ve sürekliliğini koruyabilmesi için düzenli bir tedarik planının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Zira üretim ancak tedarik işleminin düzenli bir Şekilde yapılması sayesinde sürekliliğini korur.

İşletmeler faaliyetlerini sürdürürken verimlilik ve ekonomiklik ilkelerine bağlı kalarak kaynaklarını kullanmalıdır. Buna bağlı olarak üretime katkısı açısından önemli bir maliyet unsuru teşkil eden stokların nitelik ve nicelik olarak kontrolu gereklidir. Talebin normal bir Şekilde karşılanmasını sağlayan stokların yanında, belirsizliklerin ortaya çıkardığı stoksuz kalma durumuyla karşılaşmamak için belirli bir miktar emniyet stokunun da bulundurulması gereği ortaya çıkar. Ancak miktarı tayin ederken dikkat edilmesi gereken önemli hususlar vardır. Herşeyden önce maliyetlerin işletmeye yüklediği külfetten başka, depo alanı ve stoklayacağımız birimler için firmanın ayırdığı para miktarı kısıt olarak karşımıza çıkar.

Biz tezimizde özellikle talep ve/veya tedarik süresinin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stokunun belirlenmesi problemini inceleyeceğiz. Bu konu stok kontrol konusu içinde genellikle olasılıklı yaklaşımlarla ele alınmış ve alınmaktadır. Biz ise bu konuya

değişik bir yaklaşımla çözüm aramaya çalıştık.Bunda da mantıklı bir sonuca vardığımızı söyleyebiliriz.

Belirsizlik altında karar alınırken,genellikle doğaya karşı oyunlar adı altında incelenen bu konu, Yöneylem Araştırması konularından Oyunlar Kuramı başlığı altında ele alınmaktadır.Dolayısıyla emniyet stoklarını belirsizlik altında tesbite çalışırken Oyunlar Kuramından yararlanacağız.

Tezimizi hazırlarken yaptığımız araştırmalarda, Oyunlar Kuramıyla stok arasında kurulan ilişkilerde genellikle üretim miktarı-talep arasında bir bağıntı oyun matrisi haline getirilmiştir.Tezimizde ise,emniyet stoku - talep,emniyet stoku - tedarik süresi,emniyet stoku - (talep+tedarik süresi) arasındaki ilişkiler yardımıyla emniyet stokunu belirlemeye çalışacağız.

Bu tezde emniyet stokunu belirleme konusunda yeni bir yöntem kullandığımızı söylemek mümkündür.Bu konuda tezin bir boşluğu dolduracağına inanıyoruz.

BÖLÜM I

OYUNLAR KURAMI VE STOK YÖNETİMİ

I.1. Strateji Oyunların Temel Teoremleri

Oyun denildiğinde en az iki kişinin kazanmak için karşılıklı rollerinin ortaya konulduğu bir ortam akla gelmektedir. Gerçekten de briç, poker ve santraç oyunlarını bu tanıma örnek gösterebiliriz. Sosyal, ekonomik, politik ve askeri çatışmaları da genelleştirilmiş örnekler olarak verebiliriz.

Strateji kavramı, risk ve belirsizlik ortamlarında karar verme sürecinde seçenek anlamında ele alınır(1). Diğer bir tanıma göre strateji, çeşitli ihtimaller karşısında bir tüm planın tesbitidir(2).

Şu halde strateji oyunları; karşılıklı çıkar çatışmalarının olduğu bir ortamda, rakiplerin en uygun seçenek ya da seçeneklerini belirlemesidir.

Yukarda verdiğimiz genel örnekler arasından ekonomik karakterde olan iş oyunları için aşağıdaki uygulama alanlarını sayabiliriz(3):

- Teklif verme politikasının saptanması
- Reklam planları
- Satınalma politikasının belirlenmesi
- Sermaye planlaması
- Yeni mamuller arasından seçim yapma
- Fiyatlandırma
- Talebin belirsiz olması halinde üretim programlama
- Araştırma stratejilerinin belirlenmesi

- İstatistik kalite kontrolu (4)
- Rafineri problemleri (5)

I.1.a. Genel Açıklamalar

Oyunlar Kuramının uygulamada ele alınabilmesi için aşağıdaki koşulların gerçekleşmesi gereklidir :

A- Oyuna katılanlar (oyuncular) ve her oyuncunun uygulayabileceği stratejiler sonlu sayıdadır.

B- Her oyuncu rakibinin uygulayabileceği stratejileri bilmekte ve fakat oyun esnasında bunlardan hangisi ya da hangilerini uygulayabileceğini bilmemektedir.

C- Oyuncular hangi stratejiyi seçerlerse seçsinler, her birinin kazanç ya da kaybı sınırlı olup, oyuncuların kazançları kendi kararları kadar rakiplerinin de vereceği karara bağlıdır.

D- Bütün oyunlar sonunda bir ödeme vardır ve tüm olası davranışlar hesaplanabilir. Stratejik oyunlar ; oyuncu sayısı (z), strateji sayısı ve kazanç-kayıp durumlarına göre sınıflandırılabilir :

Oyuncu sayısına göre ;

- iki kişili oyunlar
- z kişili oyunlar ($z > 2$)

Strateji sayısına göre ;

- sonlu oyunlar
- sonsuz oyunlar

Kazanç-kayıp durumlarına göre ;

- sıfır toplamli oyunlar
- sıfır toplamli olmayan oyunlar

Bir oyun yukardaki üç sınıflandırmanın alt ögelerinin birer kombinasyonudur. Biz tez çalışmamızın gereği, bu kombinasyonlardan iki kişili, sonlu, sıfır toplamli oyunlar üzerinde duracağız.

I.1.b. İki Kişili, Sıfır Toplamlı Oyunlar

Konuya girmeden önce kişi kavramı üzerinde durmakta yarar vardır. Kişi kelimesi salt insan anlamında kullanılmamalıdır. Burada kişiler ;

- İnsanlar
- İnsan-Doğa
- Firmalar
- Firma-Doğa
- Makineler
- Makine-Doğa
- v.b

yerine kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi oyunlar sadece somut elemanlar arasında oynanmamaktadır, doğaya karşı da oynanmaktadır. "Doğaya karşı oyun" dan eğer kararlarda belirsizlik, emin olmama(olamama) durumları varsa söz ederiz(6).

Sıfır toplamlı oyun kavramı da, oyunculardan birinin kaybetmesi ve bu kaybın diğeri tarafından kazanılması dolayısıyla toplamın sıfır olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 1.1. İki kişili, sıfır toplamlı oyun

	B_1	B_2	$\dots$	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	$\dots$	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	$\dots$	a_{2n}
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$
A_m	a_{m1}	a_{m2}	$\dots$	a_{mn}

Tablo 1.1'de $A_1, A_2, \dots, A_m$ A oyuncusunun stratejilerini, $B_1, B_2, \dots, B_n$ ise B oyuncusunun stratejilerini göstermektedir. Eğer A, i. (satır) stratejisini uyguladığında B'de j. (sütun) stratejisini uygularsa ;

a_{ij} A'nın kazancı ya da B'nin kaybı,

- a_{ij} B'nin kazancı ya da A'nın kaybı

olacaktır. Tablo 1.1'deki gibi oluşturulan matrisle kazanç matrisi denmektedir. Matris boyutları arasında $m > n$, $m < n$ veya $m = n$ ilişkileri mevcut olabilir. $m > n$ veya $m < n$ durumundaki oyunlara dikdörtgen oyunlar denir.

I.1.c. Stratejilerin Seçilmesi (Minimaks Kriteri)

A ve B oyuncularını karşılıklı stratejilerini ve kazanç-kayıp durumlarını (kazanç matrisini) bildiklerini, her iki oyuncunun da akıllı davranacaklarını varsaymaktayız.

A, B'nin uygulayacağı stratejilerin minimum kazanç getirenleri arasından maksimumunu seçecek, buna karşın B'de A'nın uygulayacağı stratejilerden maksimum kayıpları arasından minimumunu seçerek, A kazancını maksimum yapmak isterken B de kaybını minimuma indirmek için uygun davranışta bulunacaktır.

Yukardaki ifadeyi matematik olarak aşağıdaki gibi gösterebiliriz :

A'nın stratejisi ;

$$S_{A_i} = \max_i \left[\min_j a_{ij} \right] \quad (1.1)$$

B'nin stratejisi ;

$$S_{B_j} = \min_j \left[\max_i a_{ij} \right] \quad (1.2)$$

Burada daima,

$$\max_i \left[\min_j a_{ij} \right] \leq \min_j \left[\max_i a_{ij} \right] \quad (1.3)$$

veya

$$S_{A_i} \leq S_{B_j} \quad (1.4)$$

dir. S_{A_i} ye oyunun alt sınırı, S_{B_j} ye de oyunun üst sınırı denir. Bu durumu bir örnekle açıklayabiliriz :

ÖRNEK 1. Aşağıda kazanç matrisi verilmiştir.

Tablo 1.2. Örnek bir kazanç matrisi

		B		
		B ₁	B ₂	S_{A_i}
A	A ₁	5	4	4 ←
	A ₂	3	8	3
		S_{B_j}	5 8	

A ve B oyuncularını ikişer stratejiyle oyuna katılmaktadırlar. Matrisin sağında S_{A_i} ; A oyuncusunun i. stratejisine ilişkin minimum değeri, matrisin altında ise S_{B_j} ; B oyuncusunun j. stratejisine ilişkin maksimum değeri göstermektedir. Matrise göre,

$$\max_i \left[\min_j a_{ij} \right] = 4$$

$$\min_j \left[\max_i a_{ij} \right] = 5$$

olarak elde edilir. Görüldüğü gibi oyunun alt değeri $S_A = 4$; üst değeri $S_B = 5$ ve $S_A < S_B$ dir. A_1 , A oyuncusunun B_1 de B oyuncusunun en muhafazakar stratejileridir. Buna göre A oyuncusu kazancının en az 4, B oyuncusu da kaybının en fazla 5 olacağından emin olabilir.

İ.1.d. Eyer Noktalı Oyunlar

Bir oyunda

$$S_{A_1} = S_{B_j} \quad (1.5)$$

ise; yani oyunun alt ve üst sınırı birbirine eşitse, bu oyunun bir eyer noktası olduğu söylenir. Bu noktaya OYUNUN DEĞERİ adı verilir. Bu değeri v ile göstereceğiz. Şu halde

$$S_{A_1} = S_{B_j} = v \quad (1.6)$$

dir.

ÖRNEK 2. Aşağıdaki kazanç matrisi eyer noktalı bir oyundur.

Tablo 1.3. Eyer noktalı kazanç matrisi

		B		
		I	II	S_{A_1}
A	I	1	0	0
	II	3	5	3 ←
	III	2	1	1
		S_{B_j}	3	5
			↑	

Bu oyunun alt değeri $S_A=3$, üst değeri de $S_B=3$ tür. $S_A=S_B$ olduğundan $S_A=S_B=v=3$ elde edilir. Burada A oyuncusu için II. strateji ve B oyuncusu için de I. strateji optimal stratejilerdir.

Bir eyer noktası olan oyunlar sınıfının teorik ve pratik büyük önemi vardır. Özellikle mükemmel bilgili her oyunun bir eyer noktası ve dolayısıyla bir çözümü olduğu ispat edilmiştir. Bu demektir ki her iki taraf için bir optimal stratejiler çifti vardır ve bunlar için ortalama kazanç oyunun değerine eşittir(7).

Bir oyunun birden fazla eyer noktası olabilir. Bu taktirde oyuncuların vereceği karar eyer noktalarından herhangi birine karşılık gelen stratejiyi seçmektir.

Bir oyunun eyer noktası olması, her iki oyuncunun salt stratejiyi kullanmak zorunda olduğunu gösterir(8).

I.1.e. Karma Strateji

İki kişili, sıfır toplamlı bir oyunda taraflardan en az birinin seçmesi gereken stratejiler birden fazla ise, karma stratejiden sözedilir. Karma strateji eyer noktası olmayan oyunlar için geçerlidir. Karma strateji uygulandığında oyunun bir değeri (v), alt ve üst sınırları arasında bulunur. Yani

$$S_A \leq v \leq S_B \quad (1.7)$$

dır. Örnek 1, karma stratejiye örnek gösterilebilir.

Tablo 1.1'deki $m \times n$ boyutlu kazanç matrisini dikkate alırsak, A oyuncusu için

$$\sum_{i=1}^m x_i = 1$$

$$(1.8)$$

ve

$$x_i \geq 0$$

B oyuncusu için

$$\sum_{j=1}^n y_j = 1$$

ve

$$(1.9)$$

$$y_j \geq 0$$

koşulları sağlanıyorsa $x_1, x_2, \dots, x_m$ A'nın ve $y_1, y_2, \dots, y_n$ ise B'nin karma stratejileridir. Bu x_i ve y_j değerleri, oyuncuların ilgili i. ve j. stratejilerini seçme olasılıklarıdır.

Eğer A, $X = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ karma stratejisini ve B, $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ karma stratejisini kullanırsa A oyuncusunun beklenen kazancı ;

$$E_A(X, Y) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} x_i y_j \quad (1.10)$$

B oyuncusunun beklenen kazancı ise,

$$E_B(X, Y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j x_i \quad (1.11)$$

olarak yazılabilir. A oyuncusu kazancının en az oyunun değeri kadar yani,

$$E(X^*, Y) \geq v \quad (1.12)$$

olmasını isterken B oyuncusu da kaybının en çok oyunun değeri kadar yani,

$$E(X,Y^*) \leq v \quad (1.13)$$

olmasını isteyecektir. Her iki eşitsizlik A ve B oyuncularına göre

$$E(X^*,Y) = v \quad (1.14)$$

olarak yazılabilir.

I.1.f. Üstün Stratejiler

Karma stratejili bir oyunda, oyunun çözümüne geçmeden önce bazı basitleştirici işlemlerin olup olmadığını araştırmak, gereksiz işlemlerin elimine edilmesini sağlar. Bunun için oyunun kazanç matrisinde eğer ;

- Bir sütunun tüm elemanları başka bir sütunun karşılıklı elemanlarından büyük ya da eşitse, elemanları küçük ya da eşit olan sütun devre dışı kalır. Yani kazanç matrisinden bu sütun çıkarılır.

- Bir satırın tüm öğeleri, başka bir satırın karşılıklı elemanlarından küçük ya da eşit ise, bu küçük ya da eşit olan satır kazanç matrisinden çıkarılır.

Geriye kalan satır ve sütunlardan oluşan kazanç matrisiyle çözüme devam edilir.

Maliyet tipli oyunlar için yukardaki işlemlerin tersi yapılır.

I.1.g. Oyunların Çözüm Yöntemleri

Kazanc matrisi bilinen bir oyunun eyer noktası mevcutsa, bu oyun çözülmüştür ve salt strateji uygulanacak demektir. Eyer noktalı olmayan bir oyunda taraflar karma strateji uygulayacağından, hangi stratejiyi hangi frekanslarla uygulayacaklarını aşağıdaki çözüm yöntemlerinden biriyle bulabilirler :

- Cebirsel Yöntem
- Matris Yöntemi
- Grafik Yöntem
- Doğrusal Programlama Yöntemi
- İterasyon Yöntemi

Bu yöntemlerden tezimiz için gerekli ve genelde en kullanışlı olan Doğrusal Programlama Yöntemini Oyunlar Kuramı için modelleyecek çözüm yöntemine girmeyeceğiz.

- Bir Oyunun Doğrusal Programlamayla Modellemesi

İnceleyeceğimiz yöntem, oyunun değerinin pozitif olduğu durumlar için geçerlidir.

A oyuncusunun optimal bir stratejisini hesaplama-ya yardımcı olan ilişkiler aşağıdaki gibi olup, $v > 0$ varsayımından hareketle,

$$\sum_{i=1}^m x_i = 1 , \quad (1.15)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq v , \quad j = 1, 2, \dots, n$$

dir. Burada

$$\bar{x}_i = x_i / v \quad (1.16)$$

alırsak ve (1.15) ile ilişkilendirirsek ;

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_i = 1/v , \quad (1.17)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \bar{x}_i \geq 1$$

elde ederiz.(1.15) de v nin maksimumu araştırılması gerekirken,(1.17) de 1/v nin minimize edilmesine çalışılacaktır.Doğrusal Programlama modeli :

$$\text{MIN } F = \sum_{i=1}^m \bar{x}_i \quad (1.18)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \bar{x}_i \geq 1$$

Benzer notasyonlarla diğer B oyuncusu için de yukardaki ilişkileri sağlayalım :

$$\text{MAX } G = \sum_{j=1}^n \bar{y}_j \quad , \quad (1.19)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{y}_j \leq 1$$

olur.

I.1.h. Doğaya Karşı Oyunlar ve Kriter Seçimi

Daha önce "Doğaya Karşı Oyun" dan eğer kararlarda belirsizlik,emin olmama,kontrol edilememe durumlarının var olduğu bir ortamda söz edildiğini belirtmiştik.

Bundan önceki durumlarda her ne kadar stratejilerin seçimi yine belirsizlik altında yapılmasına rağmen,

sadece minimaks kriteri kullanılmıştır. Doğaya karşı, diğer bir deyişle belirsizlik ortamında verilecek kararlarda, karşılaşılan durumların özelliğine göre değişik düşünce biçimleri ortaya çıkmaktadır. Aşağıda bu düşünce biçimlerinden önemli olanlarını inceleyeceğiz:

a) LAPLACE Kriteri

Doğanın muhtemel durumlarının olasılıkları bilinmiyor ise, bu olasılıklar eşit varsayılır. Eğer n durum varsa, i. satırın ortalama kazancı

$$\frac{1}{n} (a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{in}) \quad (1.20)$$

şeklinde hesaplanır. Bu ortalama kazançlar içinden

$$\text{MAX}_i \left[\frac{1}{n} (a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{in}) \right] \quad (1.21)$$

olanı seçilir(9).

Maliyet yapılı bir oyun matrisinde ise ;

$$\text{MIN}_i \left[\frac{1}{n} (a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{in}) \right] \quad (1.22)$$

olan i. satır seçilir.

b) WALD Kriteri

Bu kriter, doğaya karşı bir oyuna minimaks kriterini uygular. Bu nedenle karar vericinin kötümser düşündüğü varsayılır. Kritere göre eğer,

- Oyunun eyer noktası varsa

$$\text{MAX}_i \left[\text{MIN}_j a_{ij} \right] \quad (1.23)$$

şartını gerçekleyen i. satırı seçmek gerekir.

- Oyunun eyer noktası yoksa

$$\min_j [a_{1j}x_1 \quad a_{2j}x_2 \quad \dots \quad a_{mj}x_m] \quad (1.24)$$

olmasını gerçekleyen $x_1, x_2, \dots, x_m$ karma stratejisini seçmek, bu kritere göre maksimum kazancı sağlar(9).

Maliyet yapılı bir oyun matrisinde ise ;

- Oyun eyer noktalı ise

$$\max_i \left[\min_j (-a_{ij}) \right] \quad (1.25)$$

şartını gerçekleyen i. satırı seçmek gerekir.

- Oyunun eyer noktası yoksa

$$\min_j [-a_{1j}x_1 - a_{2j}x_2 - \dots - a_{mj}x_m] \quad (1.26)$$

olmasını sağlayan $x_1, x_2, \dots, x_m$ karma stratejisi seçilmelidir.

c) HURWICZ Kriteri

Hurwicz'e göre her davranış biçiminin seçilmesi sonunda ortaya çıkabilecek maksimum ve minimum kazançların tartılı ortalaması alınmalıdır. Ortalamada kullanılacak tartılar, karar vericinin problemle ilgili iyimserlik derecesine göre değişecektir(10).

α iyimserlik derecesi(katsayısı) ($0 \leq \alpha \leq 1$), $1-\alpha$ kötümserlik derecesi ise, i. satırın değeri

$$h_i = \alpha \max_j a_{ij} + (1-\alpha) \min_j a_{ij} \quad (1.27)$$

olarak hesaplanır ve i. satırdan

$$\max_i h_i \quad (1.28)$$

olanı seçilir. Burada $\alpha = 1$ ise karar verici tamamen iyimser, $\alpha = 0$ ise tamamen kötümser davranmış olacaktır.

Maliyet yapılı bir oyun matrisinde ise

$$\min_i h_i \quad (1.29)$$

olan i . satır seçilir.

d) SAVAGE Kriteri

Bir oyun matrisinde alınacak bir kararda seçilen bir strateji, dolayısıyla diğer stratejilerin seçilmemiş olması, seçilen stratejiye göre bazı kazanç kayıplarına yol açacaktır. Fırsat kaybı ya da pişmanlık da denilen bu duruma karşı Savage, bir doğa durumuna ilişkin tüm stratejileri birbirleriyle ilişkilendirerek bu kaybı minimize etmeyi amaçlamıştır. Bunun için oyun matrisi yardımıyla, pişmanlık matrisi oluşturularak karar verilir. Şimdi bu kritere ilişkin ifadeyi yazalım :

a_{ij} oyun matrisinin elemanları olmak üzere, pişmanlık matrisinin elemanları r_{ij} ;

$$r_{ij} = a_{ij} - \max_k a_{kj} \quad (r_{ij} \leq 0) \quad (1.30)$$

olarak hesaplanır. Oluşturulan yeni matriste oyun,

- Eyer noktalı ise

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] \quad (1.31)$$

şartını sağlayan satır seçilir.

- Eyer noktalı değilse

$$\min_j [r_{1j}x_1 + r_{2j}x_2 + \dots + r_{mj}x_m] \quad (1.32)$$

olmasını sağlayan $x_1, x_2, \dots, x_m$ karma stratejisini uygulamak gerekir(9).

Maliyet yapılı bir pişmanlık matrisinin elemanları da

$$r_{ij} = a_{ij} - \min_k a_{kj} \quad (r_{ij} \geq 0) \quad (1.33)$$

şeklinde hesaplanır. Oluşturulan pişmanlık matrisinde eyer noktası olup olmaması halinde (1.31) ve (1.32) ifadeleri aynen geçerlidir. Ancak kazanç yerine kayıp sözkonusudur.

Bir karar için kriter seçiminde dikkat edilmesi gereken, doğanın bir veya birden çok durumunun varlığıdır. Eğer bir yatırım planlanıyorsa, kararın etkinliği birçok doğa durumuna bağlıdır. Buna karşın, bir yıl için yapılacak bir tarım planındaki karar, doğanın bir tek durumuna (iklim koşullarına) bağlıdır. İlk durum için BAYES-LAPLACE Kriteri uygundur. Bu kriteri kullanmak için doğayla ilgili sayısal verilerin olması gerekir(6).

İncelediğimiz kriterler arasında LAPLACE Kriteri BAYES-LAPLACE şeklinde incelenmemiştir. Ancak aralarında büyük bir fark yoktur. Eğer doğanın tüm durumları için olasılıkların belirlenmesi mümkün değilse, bilgileri eksik olayların olasılıkları BAYES-LAPLACE Kriterine göre eşit kabul edilir.

Hiç bilgi yoksa, α 'nın büyüklüğüne göre karar verebilmemiz için HURWICZ Kriteri, eğer kararın etkinliği bir tek doğa durumuna bağlı ise, SAVAGE Kriteri kullanılır(6).

I.2. Stokların Yönetimi ve Kavramları

Bütün işletmelerin bir stok ve tedarik faaliyetleri vardır. Bunların yönetimi ise, ortaya çıkabilecek karışıklığı ve maliyetleri en azlayacak sistemli bir faaliyetler bütünüdür. Bu yönetim sürecinde cevaplandırılması gereken soruları ise şöyle sıralayabiliriz :

- Ne kadar sipariş vermeliyiz?
- Ne zaman sipariş vermeliyiz?
- Elde ne kadar stok bulundurmalıyız?
- Nasıl bir stok denetimi uygulamalıyız?
- Belirlilik veya belirsizlik altında hangi matematiksel yöntemleri kullanarak yukardaki sorulara cevap bulabiliriz?
- v.b.

Bu sorulara cevap ararken doğaldır ki, eldeki kaynakların (para, depo alanı, v.b) elverdiği ölçüde verimli kullanılması ve en uygun seçimlerin yapılması ana hedef olacaktır. Üretimin aksamadan sürekliliğini korumakta bu hedefe ulaşmakla mümkün olacaktır.

I.2.a. Stok Tanımı ve Bazı Kavramlar

İşletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek veya talebe cevap verebilmek amacıyla ellerinde bir miktar stok bulundurmaları gerekmektedir. Bu stoklar genelde

- Hammadde, yardımcı madde, işletme malzemesi stokları
- Mamul stokları

olmak üzere iki gruptur. Bunlardan ilki işletmenin üretime dönük faaliyetlerinde, ikincisi ise talebe cevap verebilmek amacıyla kullanılırlar. Buna göre stok ;

"Tedarik ya da üretim yoluyla sağlanan, kullanılmadan veya müşteriye sunulmadan önce işletmenin bünyesinde bekletilen mal miktarıdır."

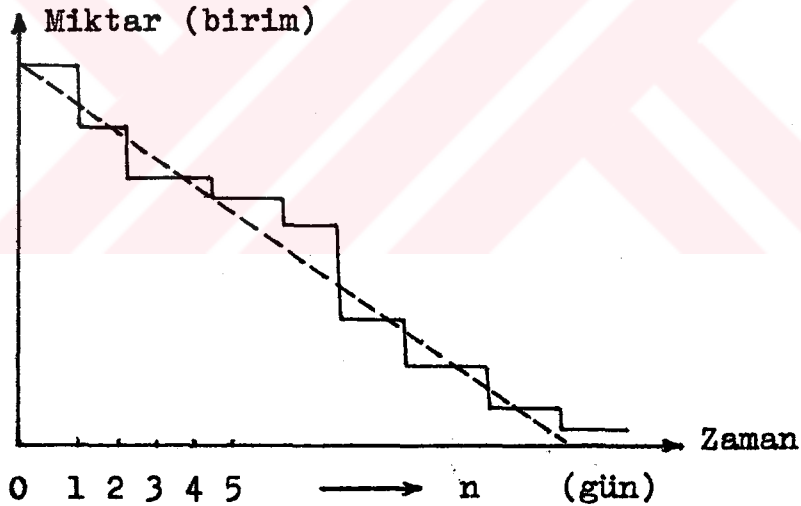
şeklinde tanımlanabilir(11).Bu tanımdan sonra stok yönetimi için önemli bazı kavramlar üzerinde duralım :

a) Stok tükenme hızı

Stok çıkışları zaman içinde birbiri arkasına, belirli veya değişen miktarlarda yapılır.Bunu kesikli bir olay olarak koordinat düzleminde

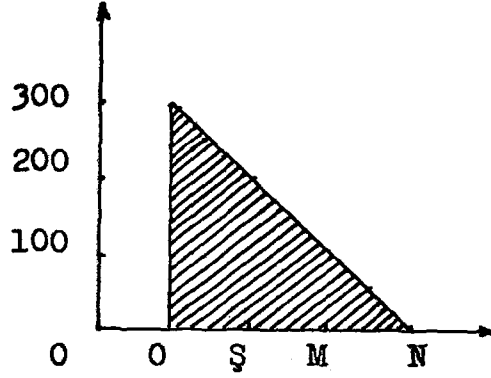
- Ordinatu çıkan miktarları,
- Apsisi zaman (ör. gün)

olmak üzere gösterebiliriz.Şekil 1.1'de dolu çizgilerle temsil edilen basamak şekli tükenme hızını reel olarak, noktalardan oluşan doğru ise ortalama olarak her gün için göstermektedir.



Şekil 1.1. Reel ve ortalama talep hızı

Eğer günlük gösterim bir ay devam ederse, aylar arasındaki stok tükenmelerini görebilmek için bir aylık tükenmeyi küçük bir doğru şeklinde göstermemiz gerekecektir.Örneğin şekil 1.2'de ocak ayı başında sağlanan 300 birimlik stokun her ay ortalama 100 biriminin harcandığı varsayılırsa,mart ayı sonunda stoklar eriyecektir.

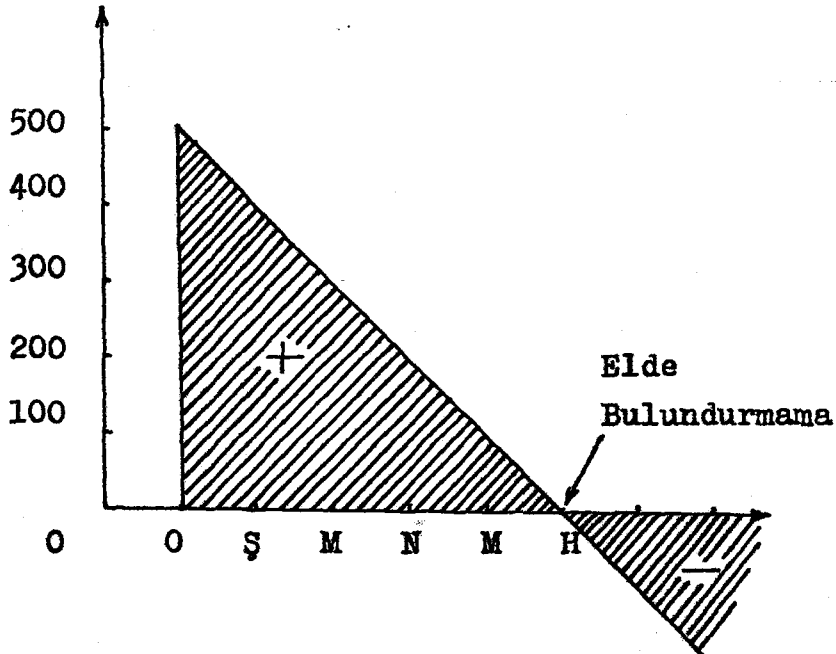


Şekil 1.2. Dönemsel Tüketim

b) Elde bulundurmama

Eldeki stokların sıfıra inmesi, dolayısıyla talebin karşılanamaması elde bulundurmama olarak isimlendirilmektedir.

Örneğin şekil 1.3'de, ocak ayı başında 500 birimlik stoku ayda ortalama 100 birim harcayarak mayıs ayı sonunda tüketeceğimizi varsayalım. Bundan sonra haziran

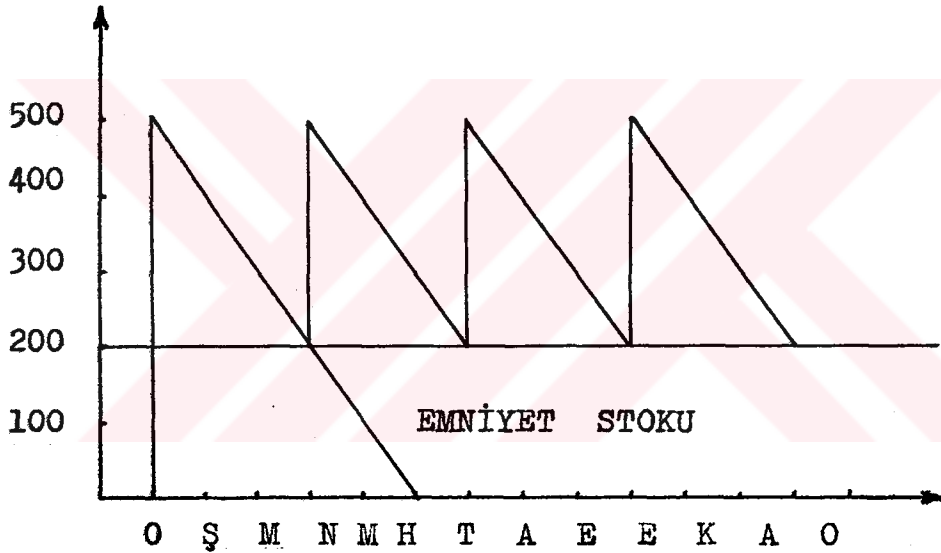


Şekil 1.3. Elde bulundurmama

ayı talebi karşılanamamakta, yani elde bulundurmama söz konusu olmaktadır. Şekil 1.3'de negatif taralı alan elde bulundurmamayı, pozitif taralı alan ise elde bulundurmaya göstermektedir.

c) Aktif Stok ve Emniyet Stoku

Şekil 1.4'deki grafikte elde bulundurmamaya karşı önlem olarak emniyet stoku bulundurulmuştur. (Şekil 1.4'de bu stok 200 birim olarak seçilmiştir.) Talep ise bu



Şekil 1.4. Aktif stoku ve Emniyet stoku

miktarın üzerinde belirli periyotlarla sipariş edilen stoklar vasıtasıyla karşılanmaktadır. Buna göre fonksiyonel olarak iki önemli gerçek stok türü mevcuttur(12):

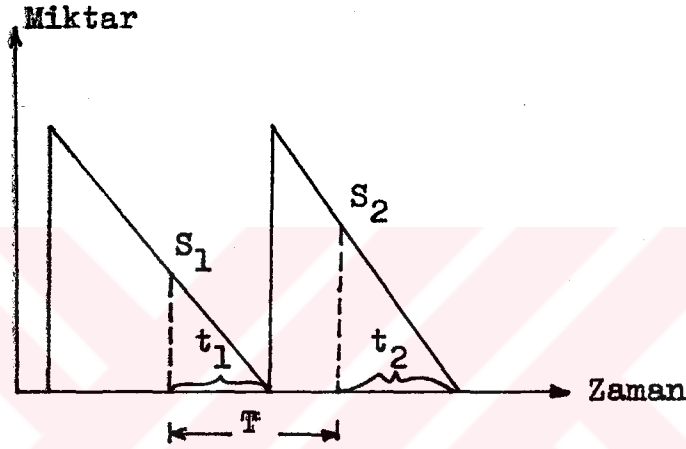
1- Uzun veya kısa sürede, düzenli ya da düzensiz bir periyodik döneme göre, bir maksimum ve minimum arasında değişen stok ki bu "Aktif Stok" olarak isimlendirilir.

2- Hacim olarak aktif stokun minimum düzeyine kadar olan sabit, faal olmayan stoka da "Emniyet Stoku"

denir.

d) Sipariş Verme Noktası, Tedarik Süresi ve Sipariş Dönemi

Stokla ilgili bilgilerin bütünleşmesine yardımcı olan bu kavramları şekil 1.5 yardımıyla kısaca açıklayalım :



Şekil 1.5. Sipariş Noktası, Tedarik Süresi ve Sipariş Dönemi

Sipariş verme noktası; eldeki stokların belli bir seviyeye düşmesi halinde, stoklar tükenmeden önce ihtiyaç kadar miktarın siparişinin verildiği noktadır. Şekil 1.5'de bu noktalar S_1 ve S_2 olarak iki döneme ilişkin verilmiştir.

Tedarik süresi; siparişin verildiği zamandan (Sipariş verme noktasından) satıcı veya üretici teslimatına kadar geçen süredir. Şekil 1.5'de t_1 ve t_2 olarak gösterilmiştir.

Sipariş dönemi ise; ilk siparişin verildiği S_1 noktası ile ikinci siparişin verileceği S_2 noktasına kadar geçen süredir.

I.2.b. Stok Denetim Sistemleri

Stok denetiminin amacı; istenilen materyali, istenilen zamanda ve en ekonomik bir biçimde sağlamaktır. Bunu gerçekleştirebilmek için her işletme kendi amaçlarına ve politikalarına göre değişik sistemler uygulamaktadır.

Bilindiği üzere işletmelerin varlıklarını sürdürebilmek için belli bir talep potansiyeline sahip bulunmaları gerekmektedir. Talep ise genellikle kontrol edilemeyen değişkendir. Buna karşın işletmeler bir yaklaşım sağlamak amacıyla talebi belirleyebilmek için olasılık ve istatistik yöntemler kullanırlar.

Talebin kontrol edilemeyen değişken olmasıyla birlikte işletmenin talebe karşı esnek davranabilecek, kontrol edilebilir değişkenleri mevcuttur. Dolayısıyla bu değişkenler de temel olarak iki stok denetim sisteminin oluşmasına neden olmaktadır.

A- Sabit sipariş miktarı sistemi

B- Sabit sipariş dönemi sistemi

Bunlarla birlikte birde her iki sistemin karışımından oluşan temel stok sistemi vardır ki bu sistemde yine belirtilen iki sistemden birine dayanılarak işletilir(13).

Şimdi bu temel iki sistemi görelim :

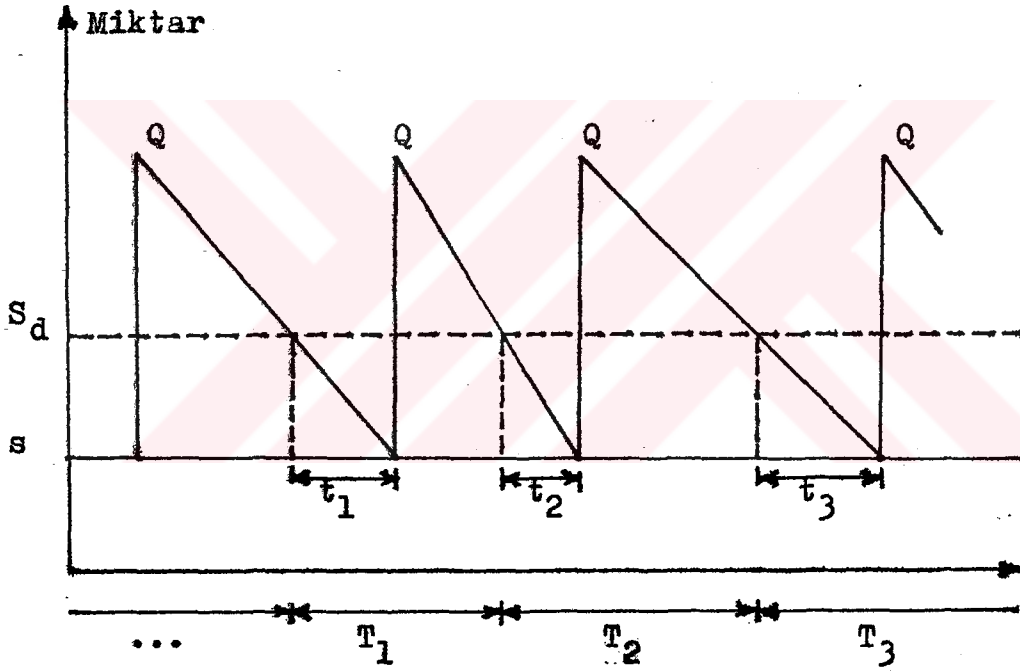
A- Sabit Sipariş Miktarı Sistemi

Bu sistemde, işletmenin her defasında verdiği siparişin miktarı sabit olup, bu miktar matematiksel olarak hesaplanan ekonomik sipariş miktarı veya işletmenin belirleyeceği sabit bir miktar olabilir. Böyle bir sipariş olayında şu durumlar meydana gelebilir :

- Tedarik gecikebilir.
- Tüketim hızı yüksek olabilir.

- Her ikisi birden gerçekleşebilir.

Şu halde işletme, sabit bir miktar sipariş verirken yukarda saydığımız durumları gözönünde bulundurmalıdır. Dolayısıyla tedarik süresinin değişmesi ve talep dalgalanmalarına karşı işletmeyi koruyacak minimum bir stok seviyesinin bulundurulması gerekmektedir. Şekil 1.6'da s ile gösterilen bu seviye emniyet stoku veya güvenlik stoku seviyesidir. Sabit sipariş miktarı ise bu seviye üzerinden verilmelidir.



Şekil 1.6. Sabit sipariş miktarı sistemi

Notasyonlar :

- Q Sabit sipariş miktarı
- S_d Sipariş verme düzeyi
- s Emniyet stoku
- t Tedarik süresi
- T Sipariş dönemi

İşletmenin siparişi teslim aldıktan sonra toplam stokları ($s + Q$) kadar olacaktır. Yönetim güvenlik ama-

cıyla s miktarını işletmede bırakacağına göre, Q miktarı üzerinden talebe cevap verilmeye çalışılacaktır. Q miktarı sabit olduğundan belli bir seviyeye indiğinde yenisinden Q kadar sipariş verilecektir. Bu seviyenin de (Sipariş verme düzeyi) sabit olması, talebin değişkenliği karşısında tedarik sürelerini de değişken kılmaktadır.

Bu sistem daha çok civata ve somun gibi düşük değerli mallar için kullanılmaktadır(14).

AA- Sabit sipariş miktarı alternatif olayları

Sabit sipariş miktarı sistemini incelerken tedarik süresinin gecikebileceğinden, tüketim hızının yüksek olabileceğinden veya her iki olayın birden gerçekleşebileceğinden söz etmiştik. Burada bu durumların alternatiflerini kısaca incelemeye çalışacağız.

1- Talep sabit-Tedarik süresi sabit

Bu durum pratikte pek mümkün değildir. Şekil 1.6' da durumu inceleyecek olursak; her Q miktar sabit siparişte, talep (tüketim) hızı ve tedarik süresi de sabit olacağından $t_1 = t_2 = \dots = t$ ve dolayısıyla $T_1 = T_2 = \dots = T$ olacaktır. Bu durumda tüm değişkenler kontrol altında olduğundan hiç bir zaman emniyet stoku gerekmeyecek, Q, t ve T değerleri rahatlıkla hesaplanacaktır.

2- Talep sabit-Tedarik süresi değişken

Talebin sabit olması, Q miktarını kontrol ettiğimiz kadar talebi de kontrol altında bulunduruyoruz demektir. Bu durumda yönetim tarafından tesbit edilen sipariş düzeyleri de sistem gereği sabittir. Fakat tedarik süresinin değişken olması, elde bulundurmama durumuyla karşılaşmamak için emniyet stoku bulundurmaya zorunlu kılar. Bu durumda $T_1 = T_2 = \dots = T$ olmasına karşın $t_1 \neq t_2 \neq \dots \neq t$ olabilecektir.

3- Talep değişken-Tedarik süresi sabit

Şekil 1.6'da $t_1 = t_2 = \dots = t$ ve $T_1 \neq T_2 \neq \dots$ olabileceği bir olaydır. Talebin değişken, tedarik süresinin sabit olduğu bu durumda sabit bir sipariş verme düzeyi tesbit edilemez. Talebin değişken olması emniyet stokunu gerektirir.

4- Talep değişken-Tedarik süresi değişken

Pratikte en sık rastlanan durumdur. Şekil 1.6 bu durumu yansıtmaktadır. Talebin değişken olması $T_1 \neq T_2 \neq \dots$ farklı sürelerini, tedarik sürelerinin değişken olması da $t_1 \neq t_2 \neq \dots$ farklı sürelerini oluşturmaktadır. Bu durumda hem talep dalgalanmalarını hem de tedarik sürelerindeki gecikmeyi telafi edici bir emniyet stokunun bulundurulması zorunludur.

B- Sabit Sipariş Dönemi Sistemi

Bu sistemde kontrol değişkenleri siparişler arasında geçen süre, yani sipariş dönemleridir. Yönetim talep ve maliyet faktörlerini gözönünde bulundurarak, sipariş dönemlerini ekonomik olarak tesbit edebilir. Sipariş dönemleri sabit olduğuna göre, sistemi etkileyen diğer faktörlerde değişken olabilecektir. Bu faktörler ; sipariş miktarları, tüketim hızları ve tedarik süreleridir.

Tedarik sürelerindeki gecikme ve iki sipariş arasında geçen süredeki talep dalgalanmalarına karşı önlem olarak, sabit sipariş miktarı sistemine göre daha fazla emniyet stoku bulundurulur.

Şekil 1.7'de $I_{\max}$ stokların maksimum seviyesini göstermektedir. T zamanda bir kontrol edilen stok seviyesinin $I_{\max}$ düzeyine çıkacak şekilde siparişi verilir.

$I_{\max}$, yıllık talebe göre belirlenmektedir. Yıllık sipariş dönemi sayısı bilindiğine göre

$$I_{\max} = s + \frac{\text{Yıllık Talep}}{\text{Yıllık Sipariş Dönemi Sayısı}} \quad (1.34)$$

şeklinde hesaplanır.

Stok seviyesi sistem gereği $I_{\max}$ seviyesini geçemez. Ancak bu seviyenin altında bulunabilir.

Sabit sipariş dönemi sistemini uygulamaktan amaç ; yıllık sipariş ve stok bulundurma giderlerini en azla-
maktır. Tesbit edilen T dönemi ne kadar büyükse yıllık
giderlerde o derece az olacaktır.

BB- Sabit sipariş dönemi alternatif olayları

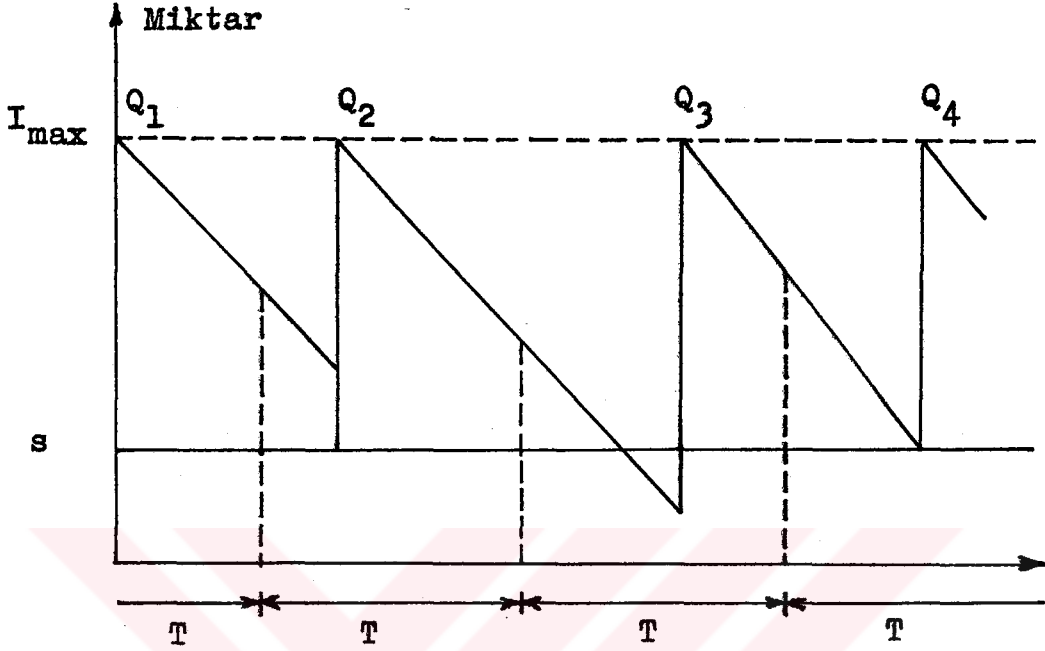
Sabit sipariş miktarı sisteminde olduğu gibi aynı
tür alternatif olaylar sabit sipariş dönemi sisteminde
de mevcuttur. Fakat iki sistem arasında alternatif olay-
ların içeriği açısından farklılıklar bulunmaktadır. Şim-
di bunları kısaca inceleyelim :

1- Talep sabit-Tedarik süresi sabit

Böyle bir olayda; talep sabit, tedarik süresi sa-
bit ve sistem gereği sipariş dönemi sabit olduğu için
sipariş miktarı da sabit olacak, herhangi bir emniyet
stoku bulundurulması gerekmeyecektir.

2- Talep sabit-Tedarik süresi değişken

İki sipariş verme noktası arasındaki zaman daima
sabit kalacağına göre, talebin sabit olması sipariş edi-
len miktarların da tayininde büyük kolaylık sağlayacak-
tır. Tedarik süresinin değişken olması sabit bir sipariş
düzeyi belirlememize engel olacaktır. Bu değişkenlik em-
niyet stoku bulundurmayı gerektirmektedir.



Şekil 1.7. Sabit sipariş dönemi sistemi

3- Talep değişken-Tedarik süresi sabit

T döneminin ve tedarik süresinin bilinmesi (sabit olması), buna karşın talebin değişken olması stokların tesliminin talebe bağlı olarak değişmesine ve emniyet stoku bulundurulmasına neden olacaktır.

4- Talep değişken-Tedarik süresi değişken

Her iki durumunda değişken olması, T nin sabit olmasına karşın kontrolsuzluğa yol açacaktır. Bu durumda mutlak surette emniyet stokunun bulundurulması gerekir.

I.2.c. Stok Maliyetleri

Stok yönetiminin ve kontrolünün temel amacının ekonomiklik olduğunu biliyoruz. Zaten bütün uğraşlar kıt kaynakları verimli bir şekilde kullanmaktır. Dolayısıyla konuyla ilgili maliyetlerin belirlenmesi en önemli aşamayı oluşturur. Yapılan hesaplarla minimum maliyetli sonuçlara ulaşılmaya çalışılır.

Şimdi stokları etkileyen maliyet türlerini başlıklar ve kalemler halinde sıralayalım :

a) Hazırlık Maliyeti

Hazırlık maliyeti, bir siparişin verilmesiyle ilgili yapılan giderleri kapsar. Bunlar ;

- Ulaştırma, teslim alma giderleri
- Kayıt ve kontrol giderleri
- Haberleşme giderleri
- Kalite kontrol (Kabul muayenesi) giderleri
- v.b

giderlerdir.

b) Elde Bulundurma Maliyeti

Adı üzerinde işletmenin deposunda bulundurulan stoklardan doğan giderlerdir. Bunlar ;

- Vergiler
- Sermaye maliyeti (Fırsat kaybı)
- Kırılma, bozulma, kayıp giderleri
- Isıtma, aydınlatma giderleri
- Sigorta giderleri
- Stok kayıt, sayım ve bakım giderleri
- Depo personeli ücretleri
- Demode olma giderleri
- v.b

giderlerdir. Bu giderler stokta bulundurma miktarı ve süresine bağlı olarak doğrusal ilişkilidir.

c) Elde Bulundurmama Maliyeti

- Müşteri kaybı giderleri
- Talebin ileri bir tarihte karşılanmasına ilişkin haberleşme giderleri
- Atıl durumdaki personelin ücretleri
- Malın acil talebi için normal fiyatın üzerinde bir fiyattan malın tedarik edilmesi dolayısıyla

ödenen fazla fiyatın işletmeye yüklediği maliyet

- Talebin geciktirilmesi sonucu işletmece tazminat ödenmesi

- v.b

giderler olup, fazla talep veya tedarik gecikmeleri sonucu stok tükenmesinden dolayı talebin karşılanamamasından doğmaktadır.



BÖLÜM II

TEDARİK SÜRESİ VE/VEYA TALEBİN BELİRSİZ OLDUĞU DURUMLARDA EMNİYET STOKUNUN BELİRLENMESİ

II.1. Tedarik süresi ve Talepdeki Belirsizliklerin Nedenleri

Emniyet stoku miktarını belirlemek bir karar problemidir. Emniyet stokunu etkileyen en önemli iki faktör; tedarik süresi ve talep olduğuna göre bu faktörleri dikkate alarak miktarın belirlenmesi gerekir.

Deterministik durumda emniyet stokunu belirlemek için matematiksel modeli kurularak, elde edilen bir fonksiyon çözülür ve bir sonuç elde edilir. Belirsizlik durumunda ise, tezimiz için sonuçları belirleyecek fakat çözüm bu sonuçlardan biri veya birkaçı olacaktır.

Belirsizlik halinde mümkün sonuçlardan hareketle belli bir kısıta (Örneğin maliyet) ve karşılaşılabilecek durumlara göre uygun sonuç(ları) seçmek Oyunlar Kuramı yardımıyla çeşitli düşünce tarzları (Kriterler) altında yapılır. Bu tür problemler ise genel olarak "Belirsizlik altında karar" adını alır.

Stok yönetiminden cevaplandırılması istenen sorulara cevap ararken birçok değişken sabit kabul edilerek çözüm yapılır. Halbuki işletme faaliyetlerinde değişmezlik çok azdır. Sipariş verme noktasından teslim kadar geçen sürede (Tedarik süresi), talep ve tedarik basamaklarının herbiri kendine göre belirsizlik derecesi bulunan bağımsız birer olaydır. Bunların ardarda dizilmesiyle oluşan talep ve tedarik faaliyetlerinin ön-

ceden belirlenen bir noktada sona ermesi büyük bir tesadüftür. Başka bir deyişle sipariş verildikten sonra siparişin, eldeki stokların tam tükendiği zaman teslim olasılığı çok azdır(15).

Talep ve tedarik sürelerini belirsiz yapan faktörler şöyle sıralanabilir(15) :

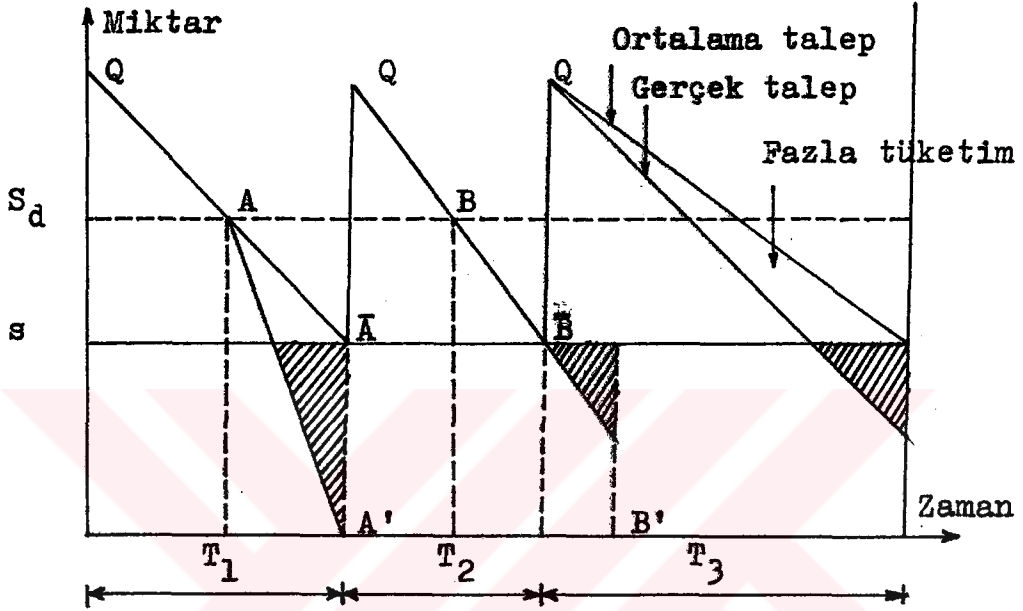
- Ülke ekonomisi ve ilgili endüstri dalındaki trendler
- Talepte beklenmeyen değişimler
- Hükümetin ithalat-ihracat, fiyat kontrolu ve diğer konulardaki politika ve kararları
- Üretim programlarının uygulanmasında sapmalar
- Bazı stok kalemlerinin çok sayıda mamulde kullanılır olması
- İsteklerin geç bildirilmesi
- Tedarik kaynaklarının belirsiz davranışları
- Kabul muayenesi sonunda malın bir kısmının veya tamamının reddedilmesi
- Stok kontrolunda çalışan elemanların hataları
- Üretim programlarının ve iş emirlerinin düzenlenmesinde yapılan hatalar
- v.b

II.2. Emniyet Stokunun Gerekliiliği

Pratikte genellikle değişken olan talep ve tedarik süreleri, işletmenin işlevini sürdürebilmesi için aktif olarak kullanılan stokların dışında, güvenlik amacıyla belirli bir miktar da emniyet stoku bulundurmak zorundadır. Bu emniyet stoku miktarının belirlenmesinde ise bazı durumların gözönüne alınması gereklidir. Örneğin bazı durumlarda talep değişken, tedarik süresi sabit veya tersi alternatif durumları ortaya çıkabilir. Daha önce stok denetim sistemleri başlığı altında kontrol edilebilir ve edilemez değişkenlerimiz olduğunu ve

ayrıntısını kısaca açıklamıştık.

Emniyet stokunu gerektirecek etmenleri şekil üzerinde daha kolay görebiliriz.



Şekil 2.1. Emniyet stokunu gerektiren etmenler

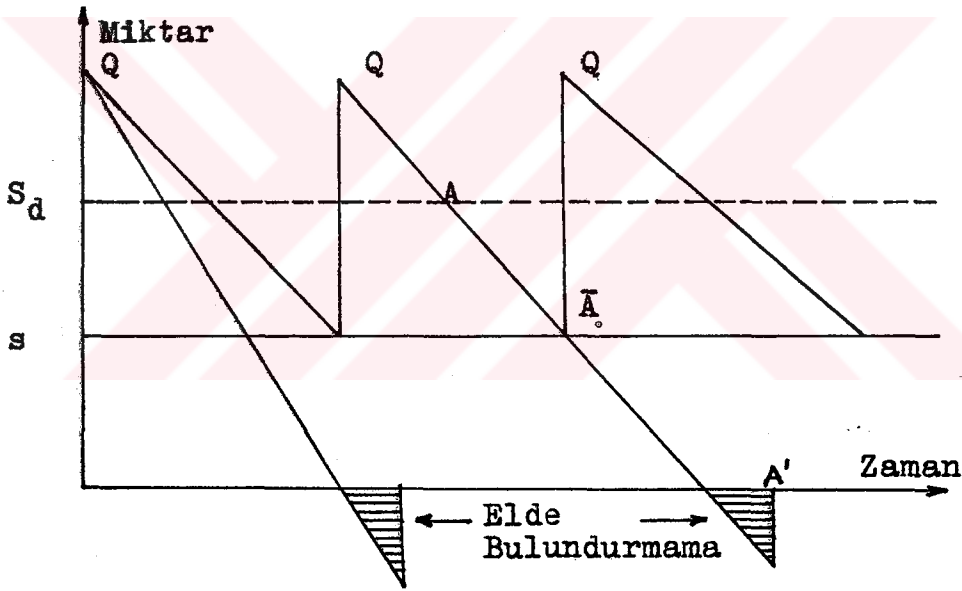
Şekil 2.1'de sabit sipariş miktarı sistemine göre olası durumlardan bazıları gösterilmiştir. Şekilde ;

- T_1 sürecinde, A noktasında verilen siparişin $\bar{A}$ noktasında gelmesi beklenir. Fakat bu süre içinde AA' doğrusu gibi maksimum bir tüketim hızı olabilir. Bu durumda elde bulundurulmuş emniyet stoku bu yüksek hıza cevap verir.
- T_2 sürecinde, B noktasında verilen siparişin $\bar{B}$ noktasında gelmesi beklenir. BB' kadar bir gecikme olursa, bu esnada devam eden talebe emniyet stoklarından cevap verilir.
- T_3 sürecinde, gerçek tüketim hızı ortalama tüketimden daha yüksek olduğundan, sabit sipariş düzeyinde verilen siparişte belli bir zaman sonra işletmeye ulaşacağından, bu fazla tüketim emniyet stoklarından karşılanacaktır.

Düşünelim ki, belli bir miktar (s kadar) emniyet stokumuz var ve yukardaki durumlar meydana geliyor. Bu durumda emniyet stoku için bir elde bulundurma maliye-

tinden sözedilir. Fakat yukarıdaki üç durum gerçekleşirken, örneğin tedarik işlevi uzun bir süre gecikirse veya talep beklenenin üzerinde olup emniyet stokları yeterli değilse sonuçta ne olur sorularıyla karşılaşılacaktır.

Şekil 2.2'de A noktasında verilen siparişin $\bar{A}$ noktasında gelmesi gerekirken A' noktasında gelmesi tüketim hızının aynı olması (sabit) halinde elde bulundurmama durumu ortaya çıkacaktır. Aynı şekilde talebin yüksek olması, emniyet stokunun da kullanılıp elde bulundurmama durumuna yol açacaktır.



Şekil 2.2. Elde Bulundurmama durumu

Elde bulundurmama durumuyla karşılaşmamak için emniyet stokunun çok iyi bir şekilde belirlenmesi, dolayısıyla karşılaşılan durumlara ilişkin elde bulundurma ve bulundurmama maliyetlerinin bilinmesi gerekir. Bu maliyetlere ilişkin gider kalemleri daha önce açıklanmıştı. Bundan sonra maliyetleri sembolize ederek açıklamaya çalışacağız.

II.3. Emniyet Stoku Maliyetleri

Daha önce de belirttiğimiz üzere emniyet stokunu etkileyen iki maliyet türü mevcuttur. Şimdi bunları görelim :

1- Elde Bulundurmama Maliyeti

Şekil 2.2'de elde bulundurmama durumları gösterilmiştir. Ancak şekilde emniyet stoklarının yetersiz olması durumunda elde bulundurmama meydana geliyormuş gibi gözükmesine karşın, sıfır miktarlı emniyet stoku durumunda da elde bulundurmama ile karşılaşılabilir. Bu durum daha önce şekil 1.3'de gösterilmiştir.

Elde bulundurmama maliyet kalemleri 1.2.3. başlığı altında verilmişti. Bu maliyeti bir T dönemi için tahmini olarak hesaplayabiliriz. Örneğin; bir malın birim satış fiyatı 450 TL., birim satış kârı 70 TL. ve haftalık ortalama satış ise 30 birim olsun. Siparişlerin iki hafta gecikmesi halinde, satış yapılamamasından dolayı

$$2 \times 30 \times 70 = 4.200 \text{ TL}$$

lik bir kayıp ortaya çıkacaktır. Buna ek olarak özel imâl giderlerini 2800 TL. olarak kabul edersek, bu koşullarda bir T dönemine ilişkin elde bulundurmama maliyeti

$$4.200 + 2.800 = 7.000 \text{ TL.}$$

elde edilir. Biz bu değeri bundan böyle R ile göstereceğiz. R tek döneme ilişkin elde bulundurmama maliyeti olduğuna göre, yıllık elde bulundurmama maliyetini hesaplayabilmek için yılda kaç dönem veya sipariş sayısı bulunduğunu

$$x = \frac{12}{T} \quad (2.1)$$

ile hesaplayabiliriz. Burada x sipariş sayısını, 12 ise bir yıldaki ay sayısını göstermektedir. Yıllık elde bulundurmama maliyetini hesaplarken R 'yi $12/T$ ile çarpmak mümkün olmakla birlikte bize gerçek değerini vermez. Zira elimizdeki emniyet stoku miktarını artırdığımızda elde bulundurmama olasılığı azalacaktır. Tersî durumunda da artacaktır. Buna karşın tedarik süresindeki gecikmeler ve/veya talepteki değişimler arttıkça elde bulundurmama maliyeti artacak, tersî durumunda azalacaktır. Buna göre bir elde bulundurmama olasılıklar cümlesinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu olasılıkların belirlenmesi konusunu ilerde inceleyeceğiz. Olasılıklar kümülatif olarak belirleneceğinden bu olasılığa F dersek, belli bir değişken için alacağı kümülatif olasılıklar ;

- Emniyet stoku için direk elde bulundurmama olasılığı olup,

$$F(s) \quad (2.2)$$

- Tedarik gecikme süreleri için elde bulundurmamaya bağlı kalarak,

$$F(t) \quad (2.3)$$

- Talep için elde bulundurmamaya bağlı kalarak,

$$F(d) \quad (2.4)$$

şeklinde kullanılacaktır. Tezde bu üç değişkene ilişkin, emniyet stoku daima var olmak suretiyle uygun kombinasyonlar işleme sokulacağından $F(s)$ ile $F(t)$ veya $F(s)$ ile $F(d)$ ya da $F(s)$ ile $F(d, t)$ çarpımları bize, aynı anda elde bulundurmamaya bağlı kalarak meydana gelme olasılıklarını verecektir. Bu da elde bulundurmama olasılıklarıdır. Şu halde yukarıdaki ikili kombinasyonlardan birine π dersek, o kombinasyona ilişkin yıllık elde bulundurmama olasılığı

$$\frac{12}{\pi} \pi \quad (2.5)$$

ve elde bulundurmama maliyeti de,

$$C_1 = \frac{12R}{T} \pi \quad (2.6)$$

şeklinde hesaplanacaktır.

2- Elde Bulundurma Maliyeti

Elde bulundurma gider kalemlerini sıralarken, bu giderlerin stokta bulundurma miktarı ve süresiyle doğrusal ilişkili olduğunu belirtmiştik. Bu maliyetin hesaplanması zor olduğu için, yıllık olarak oransal bir şekilde ifade edilmektedir. Buna göre birim elde bulundurma maliyeti yüzdesi,

$$M = \frac{\text{Yıllık stok Giderleri}}{\text{Toplam stok Değeri}} \quad (2.7)$$

olarak hesaplanmaktadır. Örneğin daha önce sıralanan giderlerin yıllık toplamı 1.500.000 TL. ve yıl boyunca eldeki stokların toplam değeri 6.250.000 TL. olsun. Buna göre yıllık elde bulundurmanın birim maliyet yüzdesi,

$$M = \frac{1.500.000}{6.250.000}$$

$$= .24$$

bulunur.

Emniyet stokları için konuyu ele aldığımızda, emniyet stoku miktarının ve stok birim fiyatının da elde bulundurma maliyetinin doğrusal artışına etkisi vardır.

u Stokların birim değeri

s Emniyet stoku miktarı

M Yıllık elde bulundurmanın birim maliyeti (%)

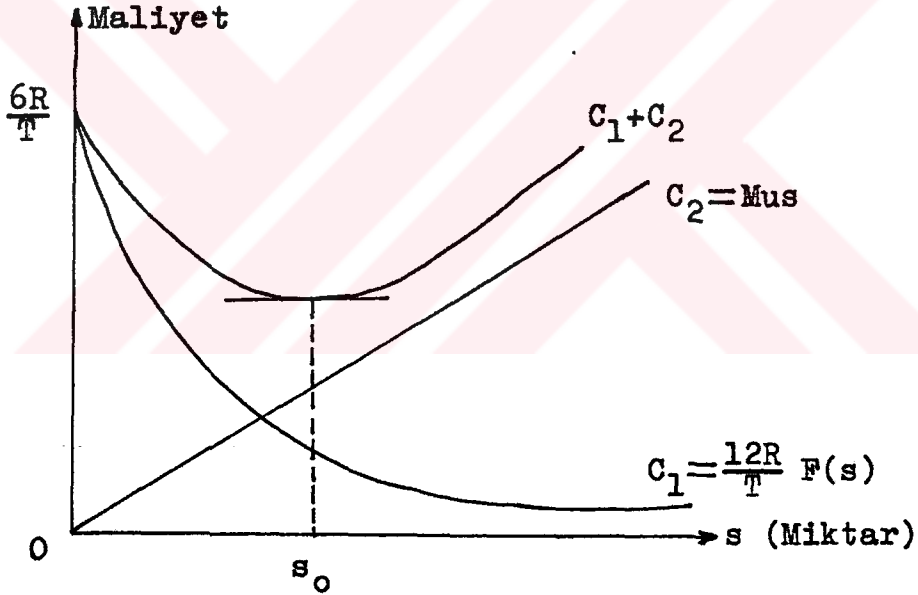
olmak üzere, Yıllık toplam elde bulundurma maliyeti,

$$C_2 = Mus \quad (2.8)$$

olacaktır. Buraya kadar emniyet stokuna etki eden iki maliyet unsurunu inceledik ve formüle etmeye çalıştık. Emniyet stokuna etki eden bu iki maliyet unsurunun toplamı bize emniyet stoku maliyetini vereceğine göre

$$C_1 + C_2 = \frac{12R}{T} \pi + Mus \quad (2.9)$$

elde edilecektir(12).



Şekil 2.3. Emniyet stoku-Maliyet ilişkisi

Şekil 2.3'deki grafik (2.6), (2.8) ve (2.9) denklemlerinden elde edilmiştir. Ancak grafikte bir özelleştirme yapılmış olup, $F(s)$ alınmıştır. Yani apsis emniyet stokunu göstermektedir.

Tezimizin başında emniyet stokunu belirsizlik altında tesbit edeceğimizi belirtmiştik. Şekil 2.3'deki grafikte (2.9) denkleminde yararlanarak s_0 gibi bir optimum emniyet stoku miktarı belirlenebilmektedir.

Grafik sadece emniyet stoku - maliyet ilişkisini göstermektedir. Halbuki belirsizliğin kaynaklarının tedarik süresi ve talep olduğunu daha önce açıklamıştık. Bu nedenle (2.9) denklemi bize tedarik gecikme süresi - emniyet stoku, talep - emniyet stoku ve (tedarik gecikme süresi + talep) - emniyet stoku arasındaki maliyet ilişkisinin kurulmasına yardımcı olacaktır.

II.4. Tedarik Süresinin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi

Stok denetim sistemlerinden gerek sabit sipariş miktarı, gerekse sabit sipariş dönemi sistemi alternatif olaylarında

- Talep sabit, tedarik süresi değişken
- Talep değişken, tedarik süresi sabit
- Talep değişken, tedarik süresi değişken

durumlarının varlığından söz etmiştik. İşte bu başlık altında bunlardan ilkinin, yani talebin sabit, tedarik süresinin değişken olduğu durumları inceleyerek emniyet stokunu belirlemeye çalışacağız.

Varsayımlar :

- Talep sabit, tedarik süresi değişkendir.
- Malın birim fiyatı sabittir.
- Emniyet stoku muhtemel durumlarının olasılıkları bilinmektedir.
- Tedarik süresi muhtemel durumlarının olasılıkları bilinmektedir.
- Yıllık elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri bilinmektedir.
- Sipariş dönemleri, T_1 bilinmektedir.

Bu koşullar altında tedarik süresinin belirsiz olduğu durumda oyun matrisini oluşturabiliriz.

Tablo 2.1. s ve t ye göre oyun matrisi

	t_1	t_2	$\dots$	t_n
s_1	c_{11}	c_{12}	$\dots$	c_{1n}
s_2	c_{21}	c_{22}	$\dots$	c_{2n}
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$
s_m	c_{m1}	c_{m2}	$\dots$	c_{mn}

Notasyonlar :

- s_i Emniyet stoku muhtemel durumları, $i=1,2,\dots,m$
 t_j Tedarik gecikme sürelerinin muhtemel durumları, $j=1,2,\dots,n$
 c_{ij} i .emniyet stokunda, j .tedarik gecikmesine karşı oluşacak maliyet (C_1+C_2)

II.4.a. Emniyet Stoku Muhtemel Durumlarının Belirlenmesi ve Elde Bulundurmama Olasılığı

Tablo 2.1'deki $s_1, s_2, \dots, s_m$ değerlerini belirlemek için geçmiş istatistiklerden yararlanılması gereklidir. Bununla ilgili gözlem frekansları belirlenmelidir.

Dönemlere ilişkin $s_1, s_2, \dots, s_m$ emniyet stoku miktarları daha önce sırasıyla $g_1, g_2, \dots, g_m$ defa gözlenmiş ise, s_i değerlerine ilişkin gerçekleşme olasılıkları

$$\frac{g_i}{\sum_{i=1}^m g_i} \quad (2.10)$$

şeklinde elde edilir.Bununla beraber emniyet stokunun herhangi bir s_1 miktarından küçük olması olasılığı

$$P(s < s_1) \quad (2.11)$$

olarak hesaplanır.Diğer bir deyişle bu olasılık, s_1 miktarından küçük bir emniyet stokunun elde bulundurma olasılığıdır.Bu değerler (2.10) ifadesinin kümülatifi alınarak elde edilebilir.Kümülatif alınırken

$$s_1 < s_2 < \dots < s_m \quad (2.12)$$

şeklinde sıralandığı için m. emniyet stokundan küçük veya eşit emniyet stoku bulundurma olasılığı

$$P(s \leq s_m) = 1 \quad (2.13)$$

bulunur. s_m değeri s_1 değerleri arasında maksimum olduğundan,bu değerinde elde bulundurmama riski(olasılığı) çok azdır.Hatta bazı durumlarda sıfırdır.Buna göre $s_{m-1}, s_{m-2}, \dots$ değerlerinde elde bulundurmama riski artacaktır.Bu risk s_1 nin minimum değerinde,yani s_1 de maksimuma ulaşacaktır.Dolayısıyla s_1 değerinin elde bulundurmama olasılığı "1" olacaktır.

Bu bilgiler ışığında s_1 miktarının elde bulundurmama olasılığı

$$P(s \geq s_1) \quad (2.14)$$

veya (2.11) den,

$$1 - P(s < s_1) \quad (2.15)$$

şeklinde hesaplanır.

Gözlem frekanslarında genellikle uç noktalara ilişkin olasılıklar sıfıra yakın olduğundan bir normal dağılımdan sözedilebilir.

(2.10) ve (2.14) ifadeleri Tablo 2.2'de daha açık bir şekilde görülmektedir.

Tablo 2.2. s_i ye ilişkin elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi

Emniyet Stoku s_i	Gözlem Frekansı g_i	Kümülatif G_i	Elde Bulundurmama Olasılığı $F(s)=P(s \geq s_i)$
s_1	g_1	g_1	$P(s \geq s_1)$
s_2	g_2	g_1+g_2	$P(s \geq s_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
s_m	g_m	$g_1+g_2+\dots+g_m$	$P(s \geq s_m)$
$s_m <$	0	$g_1+g_2+\dots+g_m$	0

II.4.b. Tedarik Gecikme Sürelerinin Muhtemel Durumlarının Belirlenmesi ve Gecikme Olasılıkları

Emniyet stoklarında olduğu gibi tedarik gecikme süreleri de geçmiş istatistiklerden yararlanarak belirlenir. Burada da daha önce meydana gelmiş tedarik sürelerinin gözlem frekansları tesbit edilir. Genellikle en çok frekansa sahip tedarik süresi, ortalama tedarik süresi olarak kabul edilerek bir orijin oluşturulur. Bu ortalama değeri sıfır alarak ; altındaki değerleri negatif, üzerindeki değerleri de pozitif olarak belirle-

yebiliriz.İşte orijin üzerindeki bu pozitif değerler, muhtemel tedarik gecikme sürelerini oluştururlar.Bu süreler Tablo 2.1'deki oyun matrisinde $t_1, t_2, \dots, t_n$ durumlarını meydana getirirler.Burada t_1 orijin değeri olup, $t_1=0$ durumu her zaman mevcut olacaktır.

Tedarik gecikme olasılıklarını tesbit ederken, orijinden sonraki tedarik sürelerinden bahsedildiği unutulmamalıdır.Bu olasılık ise, tedarik sürelerinin gerçekleşme olasılıklarıdır.Buna göre, elde bulundurmama durumuna bağlı kalarak tedarik süresinin en fazla b_t olması olasılığı,

$$P(b \leq b_t) \quad (2.16)$$

olacaktır.Bu olasılık da kümülatif olasılıklar yardımıyla hesaplanacaktır.(2.16) da b tedarik süresini göstermektedir.Şunu belirtmekte yarar vardır ki; gecikme süresi arttıkça elde bulundurmama olasılığı da artacaktır.Gecikme sürelerinin olasılıklarının elde bulundurmamaya bağlı kalarak kümülatifinin alınmasındaki sebep buradan kaynaklanmaktadır.Dolayısıyla (2.16) ifadesine, tedarik gecikme süresinin elde bulundurmama olasılığı da diyebiliriz.

Tablo 2.3'de tedarik süresi olasılıklarının hesaplanmasını göstermektedir.Burada daha önce belirtildiği üzere en çok frekansa sahip b_t değeri sıfır alınarak

- Altında kalan değerler

$$-t_1, -t_2, \dots, -t_e \quad (2.17)$$

- Üzerinde kalan değerler

$$t_2, t_3, \dots, t_n \quad (2.18)$$

Tablo 2.3. Tedarik süresi gerçekleşme olasılıklarının belirlenmesi

Tedarik Süresi b_t	Gözlem Frekansısı g_t	Kümülatif G_t	Tedarik süresi Olasılığı $F(t)=P(b \leq b_t)$
b_1	g_1	g_1	$P(b \leq b_1)$
b_2	g_2	g_1+g_2	$P(b \leq b_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
b_k	g_k	$g_1+g_2+\dots+g_k$	$P(b \leq b_k)$
$b_k <$	0	$g_1+g_2+\dots+g_k$	1

durumlarını ifade etmektedir. Burada özel olarak $t_1=0$ olduğundan, (2.18) ifadesine t_1 dahil edilmemiştir. (2.17) ve (2.18) ifadelerinde $e + n = k$ dır. (2.17) ifadesi, verilen siparişin vaktinden önce geldiği tedarik sürelerini, (2.18) de tedarik gecikme sürelerini göstermektedir.

Buraya kadar Tablo 2.1'deki oyun matrisine bağlı kalarak s_i ve t_j durumlarını ve s_i ye bağlı olarak c_{ij} nin hesaplanmasında kullanacağımız elde bulundurmama ve ayrıca tedarik gecikme olasılıklarını belirlemiş bulunuyoruz.

II.4.c. Elde Bulundurmama Maliyetinin Hesaplanması

Tedarik süresinin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stokunu belirlerken elde bulundurma maliyetinin tedarik süresinden bağımsız, emniyet stoku miktarıyla bağımlı olması nedeniyle hesaplanması kolaydır. Ancak

elde bulundurmama maliyeti, hem tedarik süresine hem de emniyet stoku miktarına bağımlı olduğundan her iki durumu da ortaya koyabilecek bir yönteme ihtiyaç vardır. Bu yöntem ise, i. emniyet stoku miktarıyla j. gecikme süresinin aynı anda gerçekleşmesi durumunu ortaya koyan, s_i emniyet stoku ile t_j tedarik gecikme süresinin olasılıklarının çarpılmasıdır. Her iki olasılığın çarpımı

$$f_{ij}(s, t) = F_i(s) F_j(t) \quad (2.19)$$

olup, bize i. emniyet stoku miktarıyla j. tedarik gecikmesi sonunda elde bulundurmama olasılığını verecektir. (2.19) ifadesi, emniyet stoku ile tedarik gecikmesinin birbirinden bağımsız olaylar olmasının bir sonucudur. Yani emniyet stokunun s_i birim olması tedarik süresinin t_j zaman birimi kadar gecikmesini etkilememektedir.

Tablo 2.4. Elde bulundurmama olasılık matrisi

		$F_1(t)$	$F_2(t)$	...	$F_n(t)$
		t_1	t_2	...	t_n
$F_1(s)$	s_1	f_{11}	f_{12}	...	f_{1n}
$F_2(s)$	s_2	f_{21}	f_{22}	...	f_{2n}
.	.	.	.	...	.
.	.	.	.	...	.
$F_m(s)$	s_m	f_{m1}	f_{m2}	...	f_{mn}

Tablo 2.4, (2.19) ifadesinin matris gösterimini, diğer bir deyişle elde bulundurmama olasılık matrisini vermektedir. Tabloda elde bulundurmama olasılıkları,

(2.1) ifadesinin altında yer alan paragrafta açıklandığı üzere

$$f_{ij} < f_{ij+1} \quad (2.20)$$

ve

$$f_{ij} > f_{i+1j} \quad (2.21)$$

şeklinde bir gelişme gösterir.

Elde bulundurmama olasılıklarını (riskini) belirlediğimize göre maliyetini de (2.6) ifadesine göre $\pi = f_{ij}$ olmak üzere

$$C_{1ij} = \frac{12R}{T} f_{ij} \quad (2.22)$$

şeklinde hesaplayabiliriz. Burada R ve T nin bilindiğini daha önce varsaymıştık.

II.4.d. Elde Bulundurma Maliyetinin Hesaplanması

Elde bulundurma maliyeti tedarik süresine bağlı olmadığı için, bu maliyeti hesaplamak kolaydır. (2.8) ifadesine göre elde bulundurma maliyeti

$$C_{2i} = M u_i \quad (2.23)$$

biçiminde hesaplanmaktadır. Burada da M ve u değerleri bilinmektedir.

II.4.e. Oyun Matrisinin Elde Edilmesi ve Çözüm Şekli

Belirsizlik altında emniyet stokunu belirleyebilmek için tüm verileri elde etmiş bulunuyoruz. Buna göre Tablo 2.1'deki oyun matrisindeki c_{ij} toplam maliyet

değeri ise (2.22) ve (2.23) den

$$c_{ij} = \frac{12R}{T} f_{ij} + Mus_i \quad (2.24)$$

şeklinde hesaplanacaktır. Böylece Tablo 2.1'deki oyun matrisinde c_{ij} değerleri yerine konularak maliyet tipli bir oyun matrisi elde edilmiş olur. Bu matris yardımıyla belirsizlik altında ne kadar emniyet stoku bulundurmanız gerektiğini belirleyebiliriz.

Doğaya karşı oyunlar ve kriter seçimi konusunda Savage Kriterini incelerken sonuç kısmında "eğer kararın etkinliği bir tek doğa durumuna bağlı ise Savage Kriteri kullanılır." demiştik. İşte burada da tek bir doğa durumu (Tedarik süresi) etken olduğundan emniyet stokunu belirlerken bu kriteri kullanacağız. Burada şunu belirtmek isteriz ki; tek bir doğa durumunu genel anlamda düşünmek gerekir. Yani karara birden fazla doğa durumu etki ettiğinde onu tek bir doğa durumu haline getirerek yine aynı kriteri kullanabiliriz.

Emniyet stokunu bulundururken belli bir maliyete katlanmak zorundayız. Ancak vereceğimiz kararda amacımız, pişmanlığımızı (Fırsat kaybını) en azlamak olacaktır. Bu nedenle elde edilen oyun matrisine bağlı kalarak Savage Kriterine göre maliyet tipli yeni bir pişmanlık matrisi oluşturarak çözüme gidilecektir.

c_{ij} oyun matrisinin elemanları olmak üzere, pişmanlık matrisi elemanları r_{ij} ,

$$r_{ij} = c_{ij} - \min_k c_{kj} \quad (r_{ij} \geq 0) \quad (2.25)$$

şeklinde hesaplanır. Tablo 2.5'de pişmanlık matrisinin genel gösterimi yer almaktadır.

Tablo 2.5. Pişmanlık matrisi genel gösterimi

	t_1	t_2	$\dots$	t_n
s_1	r_{11}	r_{12}	$\dots$	r_{1n}
s_2	r_{21}	r_{22}	$\dots$	r_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
s_m	r_{m1}	r_{m2}	$\dots$	r_{mn}

Oluşturulan pişmanlık matrisinin Oyunlar Kuramına göre çözüm şekli ilgili bölümde açıklanmıştır.Çözüm sonucu oyun ;

- Eyer noktalı ise, stok yöneticisi yıl boyunca dönem başına ortalama,eyer noktasına karşılık gelen miktar kadar emniyet stoku bulunduracaktır.
- Eyer noktalı değilse,çözüm şekli 1.1.7. başlığı altında açıklandığı üzere sonuçta birden fazla emniyet stoku miktarları belli frekanslarla,yıl boyunca dönem başına işletmede bulundurulacaktır

Burada dikkat edilmesi gereken husus,belirlenen emniyet stoku miktarının yıl boyunca dönem olarak hep aynı olmasının beklenmemesidir.Yani,eğer elde bulundurulması gereken emniyet stokunu s_k bulmuşsak,yıl boyunca $T_1, T_2, \dots$ dönemlerinde elde bulundurulması gereken miktarın s_k olması gerekmez. s_k ortalama bir değer olduğundan dönemsel olarak değişen miktarı,dönemlere ilişkin tesbit edilecek düzeltme katsayılarıyla belirlememiz mümkündür.

Bir başka dikkat gerektiren konu ise,maliyetlerdir. Dikkat edilirse maliyetleri yıllık olarak belirledik. Halbuki emniyet stokunu dönemlere ilişkin bulmaya çalış-

tık.Ancak yıllık maliyeti dönem sayısına böldüğümüzde dönem başına ortalama maliyeti bulabiliriz.Fakat maliyet matrisinde (Oyun matrisi) bütün değerler aynı sayıya (Dönem sayısı) bölüneceği için sonuçta bir etki yaratmaz.

II.4.f. Bir Uygulama Örneği

Bir işletme talebinin sabit,tedarik süresinin değişken olduğu belirsizlik durumunda,yılda dönemsel olarak ortalama ne miktar emniyet stoku bulunduracağı konusunda karar vermek istemektedir.Bununla ilgili veriler aşağıda gösterilmiştir.:

Tablo 2.6. Fiili tedarik süreleri

Yıl \ Sipariş Sayısı	Hafta					
	1	2	3	4	5	6
1.	2	3	2	3	4	-
2.	4	3	5	4	3	4
3.	6	4	5	3	4	5
4.	5	6	7	4	5	

Tablo 2.7. Fiili emniyet stokları

Yıl \ Sipariş Sayısı	Adet					
	1	2	3	4	5	6
1.	90	70	120	100	0	50
2.	60	90	70	80	110	60
3.	110	80	80	60	90	50
4.	90	100	60	80	80	70

Tablo 2.6, son 4 yıla ilişkin tedarik sürelerini göstermektedir. Tabloda kimi yıl 5, kimi yıl ise 6 defa sipariş verilmiştir. Tablo 2.7'de ise, son 4 yıla ilişkin iki aylık dönemler sonunda eldeki emniyet stoku miktarlarını fiili olarak göstermektedir.

Tablo 2.8. Tedarik gecikme süresi ve olasılıklarının belirlenmesi

Tedarik Süresi	Gözlem Frekansı	Kümülatif	Tedarik Süresi Olasılığı $F(t)$	Orijine Göre Sapmalar t_j
b_t	g_t	G_t		
2	2	2	.091	-2
3	5	7	.318	-1
4	7	14	.636	0
5	5	19	.864	+1
6	2	21	.955	+2
7	1	22	1.000	+3

Tablo 2.8'de, Tablo 2.6'dan yararlanılarak elde edilen gözlem frekansları ve Tablo 2.3'e bağlı kalarak tedarik süresi olasılıklarıyla orijine göre sapmalar belirlenmiştir.

Tablo 2.9'da tedarik süresinin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stoklarına ilişkin gözlem frekansları ve elde bulundurmama olasılıkları Tablo 2.2'deki esasa göre belirlenmiştir.

Böylece (2.19) ifadesini gerçekleştirecek bilgileri elde etmiş bulunuyoruz. Tablo 2.10'da ise (2.19) ifadesi matris biçiminde gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Tedarik süresi için emniyet stoku elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi

Emniyet Stoku s_i	Gözlem Frekansı g_i	Kümülatif G_i	Elde Bulundurmama Olasılığı $F(s)$
0	1	1	1.000
50	2	3	.958
60	4	7	.875
70	3	10	.708
80	5	15	.583
90	4	19	.375
100	2	21	.208
110	2	23	.125
120	1	24	.042

Tablo 2.10. Tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi

	$F(t)$	.636	.864	.955	1.000
$F(s)$	$s_i \backslash t_j$	0	1	2	3
1.000	0	.636	.864	.955	1.000
.958	50	.609	.828	.915	.958
.875	60	.557	.756	.836	.875
.708	70	.450	.612	.676	.708
.583	80	.371	.504	.557	.583
.375	90	.239	.324	.358	.375
.208	100	.132	.180	.199	.208
.125	110	.080	.108	.120	.125
.042	120	.027	.036	.040	.042

Şimdi elde bulundurmama maliyetini belirlemeye çalışalım. Elde bulundurmama maliyeti s ve t ye bağlı olarak,

$$C_{1ij} = \frac{12R}{T} f_{ij}(s, t)$$

idi. Dönem başına elde bulundurmama maliyeti, $R=15.000$ TL. olsun. Tablo 2.6'dan işletme 4 yılda iki defa 5 ve iki defa 6 sipariş verdiğinden, 4 yılda ortalama olarak yıl başına

$$\begin{aligned} x &= \frac{(2 \times 5) + (2 \times 6)}{2+2} \\ &= 5.5 \end{aligned}$$

sipariş vermiştir. Yani $12/T$ oranı 5.5 olarak bulunur. Bu değer bir sonraki yıl verilecek tahmini sipariş sayısıdır. Şu halde işletme bir sonraki yıl ortalama 2.18 ayda bir sipariş verecektir. Bilinen değerleri C_1 için yerine koyarsak,

$$\begin{aligned} C_{1ij} &= \frac{12 \times 15.000}{2.18} f_{ij}(s, t) \\ &= 82.500 f_{ij}(s, t) \end{aligned}$$

elde edilir.

Tablo 2.11, 82.500 değerinin Tablo 2.10'daki her olasılık değeriyle çarpılmasından elde edilmiştir. Örneğin 90 birim emniyet stokuna karşılık 2 haftalık gecikmenin elde bulundurmama maliyeti,

$$C_{190,2} = 82.500 (.358)$$

$$= 29.535 \text{ TL.}$$

şeklinde hesaplanmıştır. Diğer değerlerde aynı şekilde hesaplanarak Tablo 2.11 oluşturulmuştur.

Tablo 2.11. Tedarik süresi için elde bulundurmama maliyet matrisi

$s_i \backslash t_j$	0	1	2	3
0	52.470	71.280	78.788	82.500
50	50.243	68.310	75.488	79.035
60	45.953	62.370	68.970	72.188
70	37.125	50.490	55.770	58.410
80	30.608	41.580	45.953	48.098
90	19.718	26.730	29.535	30.938
100	10.890	14.850	16.418	17.160
110	6.600	8.910	9.900	10.313
120	2.228	2.970	3.300	3.465

Daha önce belirtildiği üzere emniyet stoku maliyetlerini, elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri oluşturmaktadır. Buraya kadar elde bulundurmama maliyetlerini hesapladık. Şimdi ise

$$C_{2_i} = M u s_i$$

formülüne dayanarak $M = .25$ ve $u = 3.000 \text{ TL.}$ olmak üzere elde bulundurma maliyetini hesaplırsak,

$$C_{2_i} = (.25) 3.000 s_i$$

$$= 750 s_i$$

olacaktır. Buna göre örneğin $i=5$,yani 90 birim emniyet stoku için elde bulundurma maliyeti,

$$C_{25} = 750 \times 90$$

$$= 67.500 \text{ TL.}$$

bulunacaktır. Diğer değerleri de benzer şekilde hesaplayarak ve elde bulundurmama maliyetine ekleyerek toplam emniyet stoku maliyetini belirlemiş oluruz. Örneğin 90 birim emniyet stoku ve iki haftalık gecikme için toplam maliyet,

$$C_{190,2} + C_{290} = 29.535 + 67.500$$

$$= 97.035 \text{ TL.}$$

bulunur. Diğer değerler için toplam maliyetler Tablo 2.12 de hesaplanmış biçimde gösterilmiştir.

Tablo 2.12. Tedarik süresi için emniyet stoku maliyet matrisi (Oyun matrisi)

$s_i \backslash t_j$	0	1	2	3
0	52.470	71.280	78.788	82.500
50	87.743	105.810	112.988	116.535
60	90.953	107.370	113.970	117.188
70	89.625	102.990	108.270	110.910
80	90.608	101.580	105.953	108.098
90	87.218	94.230	97.035	98.438
100	85.890	89.850	91.418	92.160
110	89.100	91.410	92.400	92.813
120	92.228	92.970	93.300	93.465

Şimdi işletmede bulunduracağımız emniyet stoku miktarını tesbit amacıyla teorisini daha önce açıkladığımız Savage Kriterine ilişkin pişmanlık matrisini oluşturalım. Pişmanlık matrisi elemanları

$$r_{ij} = c_{ij} - \min_k c_{kj} \quad (r_{ij} \geq 0)$$

şeklinde tesbit ediliyordu. Buna göre

$$j=1 \text{ için } \min_k c_{k1} \rightarrow \min_1 c_{11} = 52.470$$

$$j=2 \text{ için } \min_k c_{k2} \rightarrow \min_1 c_{12} = 71.280$$

$$j=3 \text{ için } \min_k c_{k3} \rightarrow \min_1 c_{13} = 78.788$$

$$j=4 \text{ için } \min_k c_{k4} \rightarrow \min_1 c_{14} = 82.500$$

şeklinde her sütundaki minimum değerler bulunur. r_{ij} değerleri de, örneğin 90 birim emniyet stoku ve 2 haftalık gecikme için,

$$\begin{aligned} r_{90,2} &= c_{90,2} - \min_1 c_{13} \\ &= 97.035 - 78.788 \\ &= 18.247 \end{aligned}$$

elde edilir. Diğer r_{ij} değerleri de benzer şekilde hesaplanarak Tablo 2.13'deki pişmanlık matrisinde gösterilmiştir.

Tablo 2.13'ün eyer noktalı olup olmadığını araştıralım :

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] = \max_i \left[34.035, 34.688, 28.410, \right]$$

$$25.598 , 15.938 , 9.660 , \\ 10.313 , 10.965 \Big]$$

$$= 34.688$$

$$\min_j \left[\max_i r_{ij} \right] = \min_j \left[39.758 , 36.090 , 35.182 \\ 34.688 \right]$$

$$= 34.688$$

Tablo 2.13. Tedarik süresi için pişmanlık matrisi

$s_i \backslash t_j$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
50	35.273	34.530	34.200	34.035
60	38.483	36.090	35.182	34.688
70	37.155	31.710	29.482	28.410
80	38.138	30.300	27.165	25.598
90	34.748	22.950	18.247	15.938
100	33.420	18.570	12.630	9.660
110	36.630	20.130	13.612	10.313
120	39.758	21.690	14.512	10.965

Şu halde

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] = \min_j \left[\max_i r_{ij} \right]$$

olduğundan, işletme $i=3$ 'e karşılık gelen 60 birimlik emniyet stokunu yıl boyunca dönem başına ortalama olarak elinde bulunduracaktır. Burada işletmenin dönemlere

ilişkin tedarik gecikmeleri de dikkate alınacak olursa, örneğin ortalama olarak yılda 5.5~6 dönem planlandığına göre 1. ve 4. dönemlerde tedarik gecikmesinin mevsimsel olarak değişeceği varsayılırsa, 1. dönem elde bulundurulması gereken miktarın %15 daha fazla olması, 4. dönemde ise %10 luk bir azalma olması beklenirse (Diğer dönemler sabit), 1. dönem emniyet stoku miktarı

$$60(1 + .15) = 69 \text{ birim}$$

ve 4. dönem emniyet stoku miktarı

$$60(1 - .10) = 54 \text{ birim}$$

elde bulundurulacaktır.

II.5. Talebin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi

Stok denetim sistemleri alternatif olaylarından bir diğeri talep değişken, tedarik süresi sabit olan bir olaydır. Burada değişkenliğin belirsizlik doğurduğunu unutmamak gerekir. Şimdi bu olaya ilişkin durumu inceleyelim :

Varsayımlar :

- Talep değişken, tedarik süresi sabit
- Diğer varsayımlar tedarik süresinin belirsiz olduğu durumdaki varsayımlarla aynıdır.

Buna göre oluşacak oyun matrisi Tablo 2.14'deki gibi olacaktır.

Notasyonlar :

- s_i Emniyet stoku muhtemel durumları, $i=1,2,\dots,m$
- d_j Talebin beklenenin üzerindeki muhtemel durumları, $j=1,2,\dots,n$
- c_{ij} Emniyet stoku maliyeti (C_1+C_2)

Tablo 2.14. s ve d ye göre oyun matrisi

	d_1	d_2	$\dots$	d_n
s_1	c_{11}	c_{12}	$\dots$	c_{1n}
s_2	c_{21}	c_{22}	$\dots$	c_{2n}
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$
s_m	c_{m1}	c_{m2}	$\dots$	c_{mn}

Bundan sonra yapılacak bütün işlemler, tedarik süresinin belirsiz olduğu durumlarla aynı olduğundan aynı bilgiler tekrar edilmeyecektir. Yalnız buradaki fark, tedarik gecikme sürelerinin yerine en muhtemel talep miktarının üzerindeki sapmalı talep miktarları doğanın durumlarını oluşturacaktır.

Talebin belirsiz olduğu durumlarda da emniyet stokunu belirlerken vereceğimiz kararlarda amacımız pişmanlığımızı (Fırsat kaybını) en azlamak olacağından, Savage Kriteri kullanılacaktır.

II.5.a. Bir Uygulama Örneği

Bir işletme talebinin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stoku miktarını belirlemek istemektedir. Buna göre emniyet stokuna ilişkin bilgiler Tablo 2.15'de, talebe ilişkin bilgiler ise Tablo 2.16'da verilmiştir.

Tablo 2.15'de sıfır miktarlı emniyet stoku gözlenmediği varsayılmıştır. Ancak bu bir koşul değildir. Her ne kadar gözlem değerleri keyfi verilmişse de gerçeğe yakın olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle gözlem değerlerinin normal dağıldığını söyleyebiliriz. Ancak bu her zaman mümkün olmayabilir.

Tablo 2.15. Talep için emniyet stoku elde bulundurmama olasılıklarının belirlenmesi

Emniyet Stoku	Gözlem Frekansı	Kümülatif	Elde Bulundurmama Olasılığı
s_i	g_i	g_i	$F(s)$
50	2	2	1.000
60	4	6	.917
70	4	10	.750
80	5	15	.583
90	4	19	.375
100	2	21	.208
110	2	23	.125
120	1	24	.042

Tablo 2.16. Talep sapmaları ve olasılıklarının belirlenmesi

Talep Miktarı	Gözlem Frekansı	Kümülatif	Talep Olasılığı	Orijine Göre Sapmalar
D_i	g_i	g_i	$F(d)$	d_j
500	5	5	.07	-250
550	7	12	.17	-200
600	15	27	.38	-150
650	8	35	.49	-100
700	9	44	.62	- 50
750	11	55	.77	0
800	6	61	.86	+ 50
850	7	68	.96	+100
900	3	71	1.00	+150

Tablo 2.16'da dikkat edileceği üzere, en çok gözlem frekansına sahip 600 birimlik talep yerine, 11 defa gerçekleşen 750 birimlik talep miktarı ortalama olarak alınmış ve orijin kabul edilmiştir. Bu karar, karar vericinin insiyatifine bağlı kalarak akılcı bir şekilde alındığı varsayılmıştır. Zira bizim için önemli olan elde bulundurmamayı gerektiren miktarların tesbitidir. Bu nedenle karar verici en muhtemel talep miktarı olan 750 birimin aktif stoklardan karşılanacağını düşünmüş olmaktadır.

Burada $T=3$, $R=25.000$ TL. olmak üzere elde bulundurmama maliyeti,

$$\begin{aligned} C_{1ij} &= \frac{12 \times 25.000}{3} f_{ij}(s, d) \\ &= 100.000 f_{ij}(s, d) \end{aligned}$$

tesbit edilsin. Elde bulundurma maliyeti ise; $M = .25$, $u = 5.000$ TL. olmak üzere

$$\begin{aligned} C_{2i} &= (.25) 5.000 s_i \\ &= 1.250 s_i \end{aligned}$$

olarak bulunsun. Toplam emniyet stoku maliyeti de

$$c_{ij} = 100.000 f_{ij}(s, d) + 1.250 s_i$$

olur. Bu verilere dayanarak oluşturulan oyun matrisi Tablo 2.17'deki gibidir.

Tablo 2.17 oluşturulurken daha önce yaptığımız gibi bir elde bulundurmama olasılık matrisi oluşturmadık. Ancak Tablo 2.17'de bu olasılık matrisini oluşturmaya

yardımcı olan olasılıklar verilmiş ve

$$f_{ij}(s,d)=F_i(s) F_j(d)$$

işlemi gerçekleştirilmiş olduğu kabul edilmiştir. Sonuç olarak da yukarıda genelleştirilmiş olarak verilen işlemler gerçekleştirilerek oyun matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 2.17'ye ilişkin pişmanlık matrisi ise Tablo 2.18'de meydana getirilmiştir.

Tablo 2.17. Talep için emniyet stoku maliyet matrisi (Oyun matrisi)

		F(d)	.77	.86	.96	1.00
F(s)	$s_i \backslash d_j$		0	50	100	150
1.000	50		139.500	148.500	158.500	162.500
.917	60		145.609	153.862	163.032	166.700
.750	70		145.250	152.000	159.500	162.500
.583	80		132.391	137.638	143.468	145.800
.375	90		141.375	144.750	148.500	150.000
.208	100		141.016	142.888	144.968	145.800
.125	110		147.125	148.250	149.500	150.000
.042	120		153.234	153.612	154.032	154.200

Tablo 2.18'deki pişmanlık matrisinin eyer noktalı olup olmadığını araştıralım :

$$\begin{aligned} \max_i \left[\min_j r_{ij} \right] &= \max_i \left[\begin{matrix} 7.109, 13.218, 0, 4.200, \\ 0, 4.200, 8.400 \end{matrix} \right] \\ &= 13.218 \end{aligned}$$

Tablo 2.18. Talep için pişmanlık matrisi

$s_i \backslash d_j$	0	50	100	150
50	7.109	10.862	15.032	16.700
60	13.218	16.224	19.564	20.900
70	12.859	14.362	16.032	16.700
80	0	0	0	0
90	8.984	7.112	5.032	4.200
100	8.625	5.250	1.500	0
110	14.734	10.612	6.032	4.200
120	20.843	15.974	10.564	8.400

$$\begin{aligned} \min_j \left[\max_i r_{ij} \right] &= \min_j \left[\begin{matrix} 20.843, & 16.224, & 19.564, \\ & 20.900 \end{matrix} \right] \\ &= 16.224 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] \neq \min_j \left[\max_i r_{ij} \right]$$

olduğundan eyer noktası yoktur. Dolayısıyla karma stratejilidir. Ancak üstün stratejiler ilkesine göre emniyet stokunun 80 birim olduğu satıra karşılık gelen tüm pişmanlık değerleri sıfır olduğundan diğer bütün satırları elimine eder. Böylece çözümü kendiliğinden ortaya çıkmış olur. Bu şartlar altında işletme yıllık dönem başına

$$s=80 \text{ birim}$$

emniyet stoku bulundurmalıdır.

II.6. Tedarik Süresi ve Talebin Belirsiz Olduğu Durumlarda Emniyet Stokunun Belirlenmesi

Daha önce iki faktörden birini sabit tutarak emniyet stokunu belirlemeye çalışmıştık. Şimdi ise, pratikte sık karşılaşılan her iki faktöründe değişken olduğu durumda emniyet stokunu belirlemeye çalışacağız. Burada oyun matrisini oluştururken iki kişili olmasına dikkat edeceğiz. Yani bunlardan biri emniyet stocku olacağına göre, diğeri de talep ve tedarik süresinin bir kombinasyonu olacaktır. Buradaki varsayımlar talebin değişken, tedarik süresinin değişken olması dışında diğer varsayımlarla aynıdır.

Şimdi tedarik süresi ile talep arasındaki ilişkiyi kurmaya çalışalım :

Tablo 2.19. Tedarik süresi ve talebin olasılık matrisi

		$F_1(t)$	$F_2(t)$	...	$F_u(t)$
		t_1	t_2	...	t_u
$F_1(d)$	d_1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1n}
$F_2(d)$	d_2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2n}
.	.	.	.	...	.
$F_L(d)$	d_L	p_{L1}	p_{L2}	...	p_{Lu}

Notasyonlar :

d_i Talebin beklenenin üzerindeki muhtemel durumları, $i=1,2,...,L$

t_j Tedarik gecikme sürelerinin muhtemel durumları, $j=1,2,...,u$

- P_{ij} i.talep miktarının j.gecikme süresindeki gerçekleşme olasılığı
- $F_1(d)$ i.talep miktarının kümülatif olasılığı ya da d'nin en fazla i.talep miktarı kadar olması olasılığı
- $F_j(t)$ j.tedarik gecikme süresinin kümülatif olasılığı ya da t'nin en fazla j. tedarik süresi kadar olması olasılığı

Tablo 2.19'daki ilişkinin kümülatif olarak kurulmasındaki amacının elde bulundurmamaya bağlı olduğunu unutmamak gerekir.Doğaldır ki,tedarik süresindeki gecikme arttıkça elde bulundurmama riski artacak,aynı şekilde talep yükseldikçe yine elde bulundurmama riski yükselecektir.Bu ilişkiyi veren yöntem ise,talep ve tedarik gecikme süresinin kümülatifi ile işlem yapmaktır.Dolayısıyla yukardaki artış ifadesini aşağıdaki biçimde ilişkilendirebiliriz :

$$P_{ij} < P_{ij+1} \quad (2.26)$$

$$P_{ij} < P_{i+1j} \quad (2.27)$$

Oyun matrisinin elemanlarından biri emniyet stoku olacağına göre diğeri yani doğanın elemanları da talep ve tedarik gecikme sürelerinin Tablo 2.19'da elde edilen kombinasyonları olacaktır.Bu kombinasyonların sayısı da L_{xu} kadardır.İşte doğanın durumları, (d_i, t_{j+1}) şeklinde ve $i \geq 1$ ve $j \geq 0$ olmak üzere L_{xu} tane olup, buna karşılık gelen olasılıklar da p_{ij} olacaktır.

Emniyet stoku muhtemel durumları ve elde bulundurmama olasılıklarını daha önceki bilinen yöntemle aynı şekilde belirledikten sonra,yukarda elde edilen doğanın durumlarıyla birlikte elde bulundurmama olasılıklarını

belirleyebiliriz.

Tablo 2.20. Talep ve tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi

		P_{11}	P_{12}	...	P_{1u}	...	P_{1j}	...	P_{1u}
		(d_1, t_1)	(d_1, t_2)	...	(d_1, t_u)	...	(d_1, t_j)	...	(d_L, t_u)
$F_1(s)$	s_1	f_{11}	f_{12}	..	f_{1u}	..	f_{1j}	...	$f_{1(u)}$
$F_2(s)$	s_2	f_{21}	f_{22}	..	f_{2u}	..	f_{2j}	...	$f_{2(u)}$
.	.	.	.	..	.	..	.	...	.
$F_m(s)$	s_m	f_{m1}	f_{m2}	..	f_{mu}	..	f_{mj}	...	$f_{m(u)}$

Tablo 2.20, (2.20) ve (2.21) ifadelerindeki aynı gelişmeleri göstermez. Buradan sonraki bütün işlemler maliyet değerleriyle ilgili olup, (2.22), (2.23), (2.24) ve (2.25) ifadelerinin gerçekleştirilmesiyle sonuca ulaşılır. Sonucun eyer noktalı olup olmaması durumlarına göre yorumu 2.4.5. başlığı altında açıklandığı gibidir.

II.6.a. Bir Uygulama Örneği

Talep ve tedarik süresinin belirsiz olduğu durumlarda emniyet stokunu belirlemek için tedarik gecikme sürelerinin ve talep sapmalarının belirlendiği ve bunların olasılıklarının aşağıdaki gibi olduğunu varsayalım. (Bu değerler önceki iki uygulama örneğinden alınmıştır.)

Aşağıdaki verilere göre Tablo 2.19'a ilişkin olasılık matrisini Tablo 2.21'deki gibi belirleyebiliriz.

Tedarik Gecikme Sü.	Olasılık	Talep Sapması	Olasılık
t_j	$P(t \leq t_j)$	d_i	$P(d \leq d_i)$
0	.636	0	.77
1	.864	50	.86
2	.955	100	.96
3	1.000	150	1.00

Tablo 2.21. Tedarik süresi ve talep için fiili Olasılık matrisi

		.636	.864	.955	1.000
		0	1	2	3
.77	0	.490	.665	.735	.770
.86	50	.547	.743	.821	.860
.96	100	.610	.830	.917	.960
1.00	150	.636	.864	.955	1.000

Emniyet stoku için muhtemel miktarlar ve elde bulundurmama olasılıkları da ikinci uygulama örneğinde kullanılan değerler olsun. Hatırlatmak amacıyla bu değerleri verelim :

s_i :	50	60	70	80	90	100	110
	120						
$P(s \geq s_i)$:	1.000	.917	.750	.583	.375	.208	.125
	.042						

Tablo 2.22'de talep ve tedarik süresi için elde bulundurmama olasılıkları belirlenmiştir. Bundan sonra ya-

Tablo 2.22. Talep ve tedarik süresi için elde bulundurmama olasılık matrisi

	.490	.547	.610	.636	.665	.743	.830	.864	.735	.821	.917	.955	.770	.860	.960	1.000
(0,0)	(0,0)	(50,0)	(100,0)	(150,0)	(0,1)	(50,1)	(100,1)	(150,1)	(0,2)	(50,2)	(100,2)	(150,2)	(0,3)	(50,3)	(100,3)	(150,3)
1.000	.490	.547	.610	.636	.665	.743	.830	.864	.735	.821	.917	.955	.770	.860	.960	1.000
.917	.450	.501	.560	.583	.609	.681	.761	.792	.674	.753	.840	.876	.706	.789	.880	.917
.750	.368	.440	.458	.477	.499	.557	.623	.648	.551	.616	.688	.716	.578	.645	.720	.750
.583	.286	.319	.356	.371	.388	.433	.484	.504	.429	.479	.535	.557	.449	.501	.560	.583
.375	.183	.205	.229	.239	.249	.279	.311	.324	.276	.308	.344	.358	.289	.323	.360	.375
.208	.102	.114	.127	.132	.138	.155	.173	.180	.153	.171	.191	.199	.160	.179	.200	.208
.125	.061	.068	.076	.080	.083	.093	.104	.108	.092	.103	.115	.120	.096	.108	.120	.125
.042	.020	.023	.026	.027	.028	.031	.035	.036	.031	.034	.038	.040	.032	.036	.040	.042

pılacak işlem, bu olasılıkların elde bulundurmama maliyetiyle çarpılması ve elde bulundurma maliyetinin de bu elde bulundurmama maliyetine eklenmesinden ibarettir. Şu halde yıllık elde bulundurmama maliyetini

$$C_{1ij} = 100.000 f_{ij}(s, d, t)$$

ve elde bulundurma maliyetini de

$$C_{2i} = 1.250 s_i$$

olarak kabul edersek, toplam emniyet stoku maliyeti ;

$$c_{ij} = 100.000(s, d, t) + 1.250 s_i$$

elde edilir. Bu değerlerin hesaplanmış sonuçları Tablo 2.23'de gösterilmiştir. Tablo 2.23 aynı zamanda oyun matrisidir.

Amacımız fırsat kaybımızı minimize etmek olacağına göre Tablo 2.23'e dayanarak Tablo 2.24'de pişmanlık matrisi oluşturulmuştur. Pişmanlık matrisinin eyer noktalı olup olmadığını araştırdığımızda,

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] = 8.400$$

ve

$$\min_j \left[\max_i r_{ij} \right] = 11.000$$

bulunur. $8.400 \neq 11.000$ olduğundan oyun, eyer noktalı değildir. Eyer noktası olmayan oyunun çözüm yöntemine geçmeden önce, çözümü kolaylaştıracak üstün stratejilerin varlığını araştıralım :

Tablo 2.23. Talep ve tedarik süresi için maliyet matrisi
(Oyun matrisi)

	(0,0)	(50,0)	(100,0)	(150,0)	(0,1)	(50,1)	(100,1)	(150,1)	(0,2)	(50,2)	(100,2)	(150,2)	(0,3)	(50,3)	(100,3)	(150,3)
50	111.500	117.200	123.500	126.100	129.000	136.800	145.500	148.900	136.000	144.600	154.200	158.000	139.500	148.500	158.500	162.500
60	120.000	125.100	131.000	133.300	135.900	143.100	151.100	154.200	142.400	150.300	159.000	162.600	145.600	153.900	163.000	166.700
70	124.300	128.500	133.300	135.200	137.400	143.200	149.800	152.300	142.600	149.100	156.300	159.100	145.300	152.000	159.500	162.500
80	128.600	131.900	135.600	137.100	138.800	143.300	148.400	150.400	142.900	147.900	153.500	157.700	144.900	150.100	156.000	158.300
90	130.800	133.000	135.400	136.400	137.400	140.400	143.600	144.900	140.100	143.300	146.900	148.300	141.400	144.800	148.500	150.000
100	135.200	136.400	137.700	138.200	138.800	140.500	142.300	143.000	140.300	142.100	144.100	144.900	141.000	142.900	145.000	145.800
110	143.600	144.300	145.100	145.500	145.800	146.800	147.900	148.300	146.700	147.800	149.000	149.500	147.100	148.300	149.500	150.000
120	162.000	152.300	152.600	152.700	152.800	153.100	153.500	153.600	153.100	153.400	153.800	154.000	153.200	153.600	154.000	154.200

Tablo 2.24. Talep ve tedarik süresi için pızmanlık matrisi

	(0,0)	(50,0)	(100,0)	(150,0)	(0,1)	(50,1)	(100,1)	(150,1)	(0,2)	(50,2)	(100,2)	(150,2)	(0,3)	(50,3)	(100,3)	(150,3)
50	0	0	0	0	0	0	3.200	5.900	0	2.500	10.100	13.100	0	5.600	13.500	16.700
60	8.500	7.900	7.500	7.200	6.900	6.300	8.800	11.200	6.400	8.200	14.900	17.700	6.100	11.000	18.000	20.900
70	12.800	11.300	9.800	9.100	8.400	6.400	7.500	9.300	6.600	7.000	12.200	14.200	5.800	9.100	14.500	16.700
80	17.100	14.700	12.100	11.000	9.800	6.500	6.100	7.400	6.900	5.800	9.400	10.800	5.400	7.200	11.000	12.500
90	19.300	15.800	11.900	10.300	8.400	3.600	1.300	1.900	4.100	1.200	2.800	3.400	1.900	1.900	3.500	4.200
100	23.700	19.200	14.200	12.100	9.800	3.700	0	0	4.300	0	0	0	1.500	0	0	0
110	32.100	27.100	21.600	19.400	16.800	10.000	5.600	5.300	10.700	5.700	4.900	4.600	7.600	5.400	4.500	4.200
120	40.500	35.100	29.100	26.500	23.800	16.300	11.200	10.600	17.100	11.300	9.700	9.100	13.700	10.700	9.000	8.400

A oyuncusu, emniyet stoku ve B oyuncusu da talep ve tedarik gecikme süresi kombinasyonları olmak üzere üstün stratejiler ilkesine göre

A oyuncusu için ;

- 50 birimlik emniyet stoku; 60 ve 70 birimlik emniyet stokunu, 100 birimlik emniyet stoku da 110 ve 120 birimlik emniyet stokunu elimine etmektedir. Geriye 50, 80, 90 ve 100 birimlik emniyet sto-ku miktarları kalmaktadır.

B oyuncusu için ;

- (0,0) kombinasyonu; (50,0), (100,0), (150,0), (0,1), (50,1), (0,2) ve (0,3) kombinasyonlarını, (150,3) kombinasyonu ise, (100,1), (150,1), (50,2), (100,2), (150,2), (50,3) ve (100,3) kombinasyonlarını dev-re dışı bırakmaktadır. Geriye sadece (0,0) ve (150,3) kombinasyonları işleme dahil edilecektir.

Şu halde aldedilen satır ve sütunlardan ayıklanmış pişmanlık matrisi Tablo 2.25'deki gibi olacaktır.

Tablo 2.25. Üstün stratejileri belirlenmiş pişmanlık matrisi

	(0,0)	(150,3)
50	0	16.700
80	17.100	12.500
90	19.300	4.200
100	23.700	0

Oluşturulan bu son matrisin eyer noktalı olup olmadığı kontrol edersek ;

$$\max_i \left[\min_j r_{ij} \right] = 12.500$$

$$\min_j \left[\max_i r_{ij} \right] = 16.700$$

değerleri elde edilerek, $12.500 \neq 16.700$ olduğundan oyunun eyer noktasının bulunmadığı görülür. Bu durumda oyunu daha önce bahsettiğimiz yöntemlerden biriyle çözerek sonuca ulaşabiliriz.

Tablo 2.25 'de matris küçük boyutta olduğundan cebirsel, grafik ya da doğrusal programlama yöntemlerinden biriyle kolaylıkla çözülebilir. Şimdi hem A hem de B oyuncusu için oyunu modelleyelim :

- A oyuncusu (Emniyet stoku) için strateji frekansları x_i olmak üzere

$$17.100x_2 + 19.300x_3 + 23.700x_4 \geq v$$

$$16.700x_1 + 12.500x_2 + 4.200x_3 \geq v$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

- B oyuncusu (Talep+Tedarik gecikme süresi) için strateji frekansları y_j olmak üzere

$$\begin{aligned}
16.700y_2 &\leq v \\
17.100y_1 + 12.500y_2 &\leq v \\
19.300y_1 + 4.200y_2 &\leq v \\
23.700y_1 &\leq v \\
y_1 + y_2 &= 1 \\
y_1, y_2 &\geq 0
\end{aligned}$$

dır. A ya da B oyuncusuna göre sistem çözüldüğünde ;

- A oyuncusu için

$$x_1 = .216 , x_2 = .784 , x_3 = x_4 = 0 , v = 13.407$$

- B oyuncusu için

$$y_1 = .197 , y_2 = .803 , v = 13.407$$

bulunur.

A oyuncusu, yani emniyet stoku için sonucu yorumlayacak olursak; İşletme yıl boyunca dönemsel olarak %21,6 olasılıkla 50 birim, %78,4 olasılıkla da 80 birim emniyet stokunu elinde bulundurmak zorundadır. Başka bir yaklaşımla, işletme yılda 5 adet sipariş dönemine sahipse veya 5 sipariş veriyorsa, bunların yaklaşık 4'ünde 80 birim, 1'inde de 50 birim emniyet stoku bulundurmalıdır. Diğer bir yaklaşımla da karar vericinin insiyatifine ya da duruma göre işletme dönemsel olarak ortalama,

$$50(.216) + 80(.784) = 74 \text{ birim}$$

emniyet stoku elinde bulundurabilir.

B oyuncusu ya da talep ve tedarik gecikme süresi için sonucu yorumlarsak; doğa bu sonuçlara göre iki ihtimalli oyun oynamaktadır. Bu oyun ya talep ve tedarik süresinin en muhtemel durumları ya da en kötü durumlarının gerçekleşmesidir. Bunda da doğa en muhtemel durumları %19,7 olasılıkla, en kötü durumları da %80,3 olasılıkla oluşturmaktadır.

Bu oyun eğer yukardaki olasılıklara bağlı kalarak oynanırsa, işletmenin en düşük maliyete nazaran 13.407 TL.'lik ek bir maliyete katlanması gerekecektir. Bu değer, pişmanlığımızın minimum değeridir.

BÖLÜM III

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmamızda; verdiğimiz uygulama örneklerinden anlaşılacağı üzere, uyguladığımız yöntemin son derece mantıklı sonuçlar doğurduğunu gördük. Teorik incelemeden çok, pratikte karşılaşılan durumlara yönelik bir çalışma olmasına özen gösterdik. Kısaca çalışmanın gerçekte uygulanabilirliğini araştırdık. Bunda da başarılı olduk inancındayız.

Şunu hemen belirtelim ki, uygulama örneklerinin temelini geçmiş veriler oluşturmaktadır. Ancak salt bu verilere dayanmak bazı durumlarda bizi yanıltabilir. Bu nedenle daha önce hiç gerçekleşmemiş değerler veya değerlerinde olayların gidişine göre bir olasılığa sahip olabileceğini unutmamalıyız. Tabii bu durumda ihtimal dahili böyle bir değer ya da değerlerin önceki değerlerle işlem görmesi gerekir. Yine, genellikle uç değerlerin küçük gözlem frekanslarına sahip olması ve daha çok orta değerlerin yüksek frekanslara sahip bulunması, değişkenin bir normal dağılım olduğunu gösterebilir. Fakat bu dağılımın her zaman olması bir koşul değildir.

Genellikle literatürde Oyunlar Kuramı ve Karar Kuramı adları altında ayrı ayrı incelenen konular, tezimizde biraraya gelmiştir. Belirlilik, belirsizlik ve risk altında alınan kararlarda farklı yöntemler uygulanır. Tezin isminden de anlaşılacağı üzere, belirsizlik altında karar verme sözkonusudur. Ancak bütün olasılıkların biliniyor olması risk altında bir karar alınıyor izlenimi verebilir. Dikkat edilirse Tezde iki şursuz faktör çatışma halindedir. Risk altında karardan sözdebilmek için burada emniyet stoklarının ön plana çıkması ve tezin isminin "Risk altında emniyet stoklarının belirlenmesi" şeklin-

de değiştirilmesi gereklidir.Fakat tezde özellikle vur-gulamak istediğimiz olayın talep ve tedarik süresi oldu-đunu,talep ve tedarik süresi için riskin değil de belir-sizliğin sözkonusu edildiğini söylemekte yarar görüyo-ruz.

Çalışmamızı ortaya koyarken birçok veri kullandık.
Bunlar ;

- Talep ve/veya tedarik süreleri
- Emniyet stoku miktarları
- Maliyetler

dir.Bu durumda belirsizlik altında sonucun,verilerin oluşturduğu kısıtlara göre bir optimum olduğunu söyleme-miz mümkündür.

Bilindiği üzere stok kontrolünde gerçekteşme durum-larına göre değişik modeller kullanılmaktadır.Bu model-ler daha çok ekonomik sipariş miktarının belirlenmesin-de uygulanmaktadır.Belirsizlik altında (ki bunlar genel-likle stokta,olasılıklı veya stokastik modeller olarak geçmektedir.) incelenen stok modelleriyle birlikte emni-yet stoklarını belirlediğimiz yöntemle,ekonomik sipariş miktarını da belirleyebileceğimizi sanmaktayız.Diğer bir deyişle,aktif stok veya aktif stok + emniyet stoku mik-tarını belirsizlik altında incelediğimiz yöntemle belir-lememiz mümkündür diyebiliriz.Ancak böyle bir girişim yeni bir tez çalışması aşamasını oluşturabilir.Bu tür çalışmanın da teorik ve özellikle pratik öneminin büyük olacağı kanısındayız.

K A Y N A K L A R

- 1- Kara, İ., Yöneylem Araştırması Doğrusal Olmayan Modeller, Anadolu Ü.Müh.-Mim.Fak., Yay.No:29, Eskişehir, (1986)
- 2- Koçer, M., Harekât Araştırması, ADMMA İşletme Müh., Yay. No:3, Ankara, (1981)
- 3- Halaç, O., Kantitatif Karar Verme Teknikleri, İ.Ü.İşl. Fak.Yay.No:138, Cilt I, İstanbul, (1983)
- 4- Esensoy, Ö., "Oyunlar kuramı ve istatistik kalite kontrolü", Sanayi Müh.Der., Sayı 6, 2.37 (1983)
- 5- Akalın, S., Yöneylem Araştırması, E.Ü.İşl.Fak.Yay.No:5, Bornova, (1979)
- 6- Esensoy, Ö., "Stratejik modeller ve oyunlar kuramı", Hacettepe Fen ve Müh.Bil.Der., 6.185 (1976)
- 7- Ventsell, E.S., Oyunlar Teorisine Giriş, (Çev.Halil Yüksel), Türk Mat.Der.Yay., Sayı 27, İstanbul, (1965)
- 8- İnal, C., Oyunlar Kuramı, H.Ü.İstatistik Böl., Ders Not., Ankara, (1981)
- 9- Kaufmann, A., Méthodes et Modeles de la Recherche Operationelle, tome 2, Dunod, Paris, (1968)
- 10- İdil, O., Örnekleme Teorisi ve İşletme Yönetiminde Uygulaması, İ.Ü.İşl.Fak., Yay.No:107, İstanbul, (1980)
- 11- Tatar, T., İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri, ADMMA İşletme Müh.Böl.Yay.No:4, Ankara, (1981)
- 12- Rambaux, A., Gestion Economique Des Stocks, Dunod, Paris, (1969)

- 13- Devrez, G., İşletmelerde Stok Kontrolü, A.Ü.Siyasal Bil.
Bil.Fak., Yay.No:206-108, Ankara, (1966)
- 14- Buffa, E.S., Temel Üretim Yönetimi, (Edit.Attila Sez-
gin) AİTİA Yay., Ankara, (1981)
- 15- Kobu, B., Üretim Yönetimi, İ.Ü.İşl.Fak.Yay.No:149, İs-
tanbul, (1984)

A. C.
Yükseköğretim Kurumu
Dokümantasyon Merkezi