Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi C.XIII, S.2, 2000
Eng. & Arch. Fac. Osmangazi Üniversity, Vol. XIII, No 2, 2000

STOKSUZLUK MALİYETİNİ ESAS ALAN STOKASTİK ENVANTER MODELLERİ

C.Cengiz ÇELİKOĞLU,[4] Nilgün MORALI[4]

ÖZET : *Envanter modellerinde optimum sipariş miktarının belirlenmesinde bir dönemlik toplam maliyet fonksiyonundan yararlanılır. Bu maliyet fonksiyonu sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyeti ve (eğer hesaplanabiliyorsa) stoksuzluk maliyetini ifade eden terimlerin toplamıyla oluşturulur. Stokastik envanter modellerinde talep miktarının ve/veya tedarik süresinin stokastik olması dikkate alınır.*

Bu çalışmada sabit tedarik süreli ve değişken talepli stokastik envanter modelinde optimum sipariş miktarının saptanması araştırılmış, modele stoksuzluk (yokluk) maliyetinin de doğrudan katılmasıyla optimum sipariş miktarı ve maksimum stoksuzluk düzeyinin nasıl etkilendiği deterministik modellerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: *Stoksuzluk maliyeti, Stokastik envanter modelleri, Yoksatmalı envanter modelleri*

STOCHASTIC INVENTORY MODEL BASED ON SHORTAGE COST

ABSTRACT : *In inventory models, when determining the optimum order quantity, one-term total cost function is used. This cost function is formed by adding purchase cost, holding cost and (if it can be calculated) shortage cost. The stochastic inventory models take into account the condition of the demand quantity and/or the lead time being stochastic or not.*

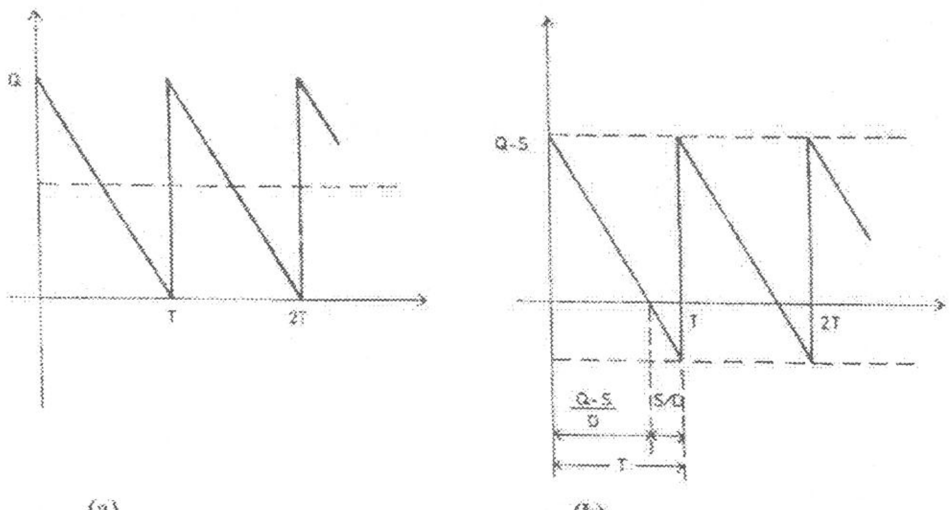
In this study, in constant lead time and stochastic inventory model with changing demand rate, the determination of optimum order quantity is researched. By adding the shortage cost to the model directly, how the optimum order quantity and maximum shortage level is affected, in comparison with deterministic models is investigated.

KEYWORDS: *Shortage cost, Stochastic inventory models, Back-order inventory models*

[4] *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Buca-İZMİR*

I. GİRİŞ

Bir malın üretilerek ya da satın alınarak tedarik edilip, bir depoda saklanması ve talebin bu stoktan karşılanmasına envanter sistemi adı verilir. Stokta bulunan mal miktarına ise envanter düzeyi denir ve t zamanındaki envanter düzeyi $I(t)$ ile gösterilir. $I(t)$'nin değişimi, doğal olarak bu malın nasıl tedarik edildiğine ve talebin zaman içinde nasıl ortaya çıktığına bağlıdır. Tedarik işleminin satın almayla gerçekleştirildiği, dolayısıyla tedarik anında envanterin bir anda maksimuma çıktığı envanter sistemleri sipariş modelleriyle ifade edilir. Birim zamanda talebin sabit olarak gerçekleştiği (D gibi) ve tedarik süresinin sabit olduğu sipariş modellerinde her sipariş miktarı Q ile belirlenirse, envanter düzeyi Şekil 1'de görülen iki grafikten birinde olduğu gibi değişir. Şekil 1.a'da stokta her zaman mal bulunduğu, Şekil 1.b'de ise en fazla S kadar stoksuzluğa girildiği durum görülmektedir ve envanter düzeyinin periyodik olarak değişim gösterdiği dikkati çekmektedir.



(a) (b)

Şekil 1. Sipariş Modellerinde Envanter Düzeyinin Değişimi

Envanter modellerinde (Q) sipariş miktarı temel karar değişkenidir. Yoksatmalı modellerde buna ayrıca (S) stoksuzluk düzeyi de eklenir. Karar değişkeni gibi görülebilen T periyod uzunluğu, Q'ya bağlı olarak $T = Q/D$ formülüyle elde edilir.

Optimum Q (ve S) değerlerinin belirlenmesinde birim zamanda toplam maliyet esas alınır. Maliyet parametreleri

v : sipariş maliyeti (para birimi/sipariş)

c : elde bulundurma maliyeti (para birimi/mal birimi/zaman birimi)

r : stoksuzluk (yoksatma) maliyeti (para birimi/mal birimi/zaman birimi)

olarak tanımlanır ve toplam maliyet (TC)

$$\left(\begin{matrix}\text{toplam}\\\text{maliyet}\end{matrix}\right)=\left(\begin{matrix}\text{sipariş}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)+\left(\begin{matrix}\text{elde bulundurma}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)+\left(\begin{matrix}\text{stoksuzluk}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)$$

İle ifade edilir. Birim zamanda sipariş maliyeti, sipariş maliyetinin siparişlerarası süreye oranı olarak toplam maliyet fonksiyonunda

$$\left(\begin{matrix}\text{sipariş}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)=\frac{v}{T}=v\frac{D}{Q}$$

şeklinde yer alır. Şekil 1.b'de görüldüğü gibi $(0,T)$ periyodu içinde $(0,\frac{Q-S}{D})$ aralığında envanter pozitiftir ve elde bulundurma maliyetine neden olur. $(\frac{Q-S}{D},T)$ aralığında ise S/D zaman birimi kadar bir sürede envanter negatiftir ve bu süre içinde stoksuzluk maliyeti ortaya çıkar. Dolayısıyla toplam maliyet fonksiyonunda elde bulundurma maliyeti için birim elde bulundurma maliyeti, $(0,\frac{Q-S}{D})$ aralığındaki ortalama envanter düzeyi ve bu aralığın siparişlerarası süreyle çarpımı

$$\left(\begin{matrix}\text{elde bulundurma}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)=c\ \frac{Q-S}{2}\ \frac{(Q-S)/D}{Q/D}=c\frac{(Q-S)^2}{2Q}$$

ifadesi kullanılır. Benzer şekilde stoksuzluk maliyeti için birim stoksuzluk maliyeti, $(\frac{Q-S}{D},T)$ aralığında ortalama stoksuzluk düzeyi ve bu sürenin siparişlerarası süreye oranının çarpılması suretiyle

$$\left(\begin{matrix}\text{stoksuzluk}\\\text{maliyeti}\end{matrix}\right)=r\ \frac{S}{2}\ \frac{S/D}{Q/D}=c\frac{S^2}{2Q}$$

eşitliği ile elde edilir.

Sonuç olarak, yoksatmalı sipariş modellerinde toplam maliyet

$$TC = v\frac{D}{Q} + c\frac{(Q-S)^2}{2Q} + r\frac{S^2}{2Q}$$

ile belirlenir ve optimal sipariş miktarıyla optimal stoksuzluk düzeyi için

$$Q = \sqrt{\frac{c+r}{r}}\sqrt{\frac{2vD}{c}} \qquad S = \frac{c}{c+r}Q$$

ifadeleri kullanılır. Stoksuzluğa izin verilmezse, başlangıçta S=0 kararlaştırılmış demektir. Toplam maliyet

$$TC = v\frac{D}{Q} + c\frac{Q}{2}$$

ve optimal sipariş miktarı

$$Q = \sqrt{\frac{2vD}{c}}$$

şeklindedir.

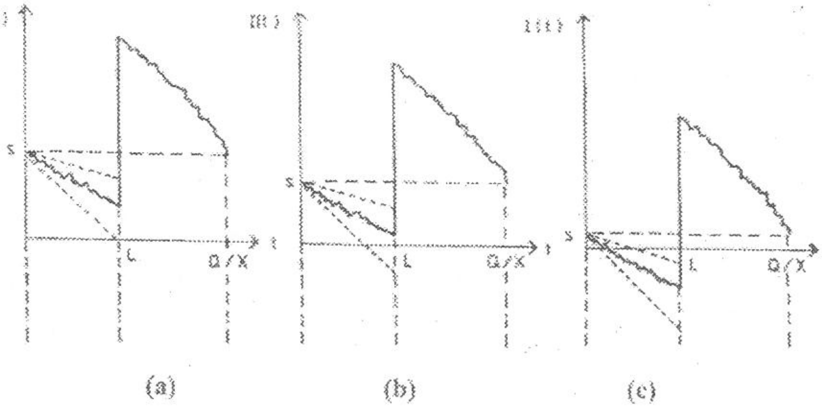
Malın sipariş verildiği andan envantere katılmasına kadar geçen süreye tedarik süresi adı verilir ve L ile gösterilir. Tedarik süresindeki talep LD olur ve stoksuzluğa izin verilmeyen envanter sistemlerinde optimal sipariş politikası "envanter düzeyi LD olduğunda Q kadar sipariş verilmesi" şeklindedir. Burada LD yeniden sipariş noktası olarak nitelendirilir ve s ile gösterilir. Yoksatmalı envanter sistemlerindeyse yeniden sipariş noktası $s = LD - S$ ile belirlenir.

Yukarıda verilen parametrelerden en azından biri olasılıklı olduğunda ve durumun modele yansıtılması istendiğinde stokastik envanter modellerinden yararlanmak gerekir.[1] Bu konuda yapılmış çalışmalarda, beklenen değer üzerinden optimizasyon[2], dinamik programlama[3] ve Markov karar modelleri[4] gibi çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sipariş modellerinde talebin olasılıklı diğerlerinin sabit olduğu stokastik envanter modelleri incelenmiştir. Stoksuzluğun kesin olduğu durum için yeni bir model geliştirilmiş ve izleyen bölümde ayrıntılarıyla tanıtılmıştır.

II. DEĞİŞKEN TALEPLİ STOKASTİK ENVANTER MODELLERİ

Tedarik süresinin sabit ve talebin değişken olduğu stokastik envanter sistemlerinde sipariş politikası ya "sabit aralıklarla eldeki envantere bağlı olarak değişen miktarlarda sipariş vermek" ya da "envanteri sürekli gözetim altında tutup belirli bir düzeye geldiğinde sabit miktarda sipariş vermek" şeklinde oluşturulur. Bunlardan ilkine P-sis-tem (sabit periyodlu) ikincisine ise Q-sistem (sabit miktarlı) envanter politikası adı verilir.

Q-sistem envanter politikasının uygulandığı stokastik envanter sistemlerinde envanter düzeyinin değişimi Şekil 2'de görüldüğü gibi yeniden sipariş noktasına göre üç ayrı biçimde ortaya çıkar. Bu grafiklerde sipariş verildiği andan tedarik anına kadar gerçekleşen envanter düzeyinin altında ve üstünde görülen kesikli çizgiler sırasıyla gerçekleşebilecek en az ve en çok talebe göre envanter düzeylerini göstermektedir.



Şekil 2. Envanter Düzeyinin Değişimi

Envanter değişiminin Şekil 2.a'da görüldüğü gibi gerçekleşmesi için, tedarik süresindeki maksimum talebin yeniden sipariş noktasındaki envanterden kesinlikle küçük olması gerekir. X rassal değişkeni, birim zamandaki talep miktarını göstermek üzere bu koşul matematiksel olarak

$$\Pr(XL \leq s) = 1 \quad \text{ve} \quad \Pr(XL > s) = 0$$

ya da

$$\Pr(X \leq s/L) = 1 \quad \text{ve} \quad \Pr(X > s/L) = 0$$

ile ifade edilir. Dolayısıyla, hiç bir zaman stoksuzluk durumuyla karşılaşılmaz ve birim zamanda beklenen toplam maliyet, sipariş maliyeti ve tedarik süresindeki ortalama envanter ile tedarikten sonraki ortalama envanterin ağırlıklı ortalamasına bağlı elde bulundurma maliyetinin toplamı olarak

$$E(TC) = vE\left[\frac{1}{Q/X}\right] + cE\left[\frac{L}{Q/X}\frac{(2s - XL)}{2} + \frac{(Q/X - L)}{Q/X}\frac{(2s + Q - XL)}{2}\right]$$

biçiminde ifade edilir. Burada $E(TC)$, birim zamanda beklenen toplam maliyeti göstermek üzere

$$E(TC) = v\frac{\overline{D}}{Q} + c\frac{Q}{2} + c(s - \overline{D}L)$$

elde edilir. Burada yer alan $s - \overline{D}L$ emniyet stoku olarak adlandırılır. Emniyet stokuna bağlı elde bulundurma maliyeti, talebin olasılıklı olmasından kaynaklanmaktadır ve bu maliyetin minimum yapılması için s değeri $\Pr(XL \leq s) = 1$ koşulunu sağlayan en küçük değer ve Q ise $Q = \sqrt{\frac{2v\overline{D}}{c}}$ ile belirlenir.

Envanter değişiminin Şekil 2.b'de görüldüğü gibi gerçekleşmesi, $0< q<1$ olmak üzere,

$$\Pr(XL \leq s) = q \qquad \text{ve} \qquad \Pr(XL > s) = 1 - q$$

ya da

$$\Pr(X \leq s/L) = q \qquad \text{ve} \qquad \Pr(X > s/L) = 1 - q$$

olmasıyla mümkündür. Burada q talebin hangi oranda karşılandığını belirtir ve ***servis düzeyi*** olarak adlandırılır. 1- q ise talebin karşılanmaması olasılığı olur ve ***risk düzeyi*** adı verilir. Dolayısıyla tedarik süresindeki talebe bağlı olarak, $x \in (0, s/L)$ ise yokluk maliyeti olmaz, fakat $x \in (s/L, \infty)$ ise yokluk maliyeti ortaya çıkar. Bu durumda, birim zamanda beklenen maliyet, X'in olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ olmak üzere,

$$E(TC) = vE\left[\frac{1}{Q/X}\right] + c\left[\int_0^{s/L} \frac{L}{(Q/x)}\frac{(2s - xL)}{2} f(x)dx + \int_{s/L}^{\infty} \frac{(s/x)}{(Q/x)}\frac{s}{2} f(x)dx\right]$$
$$+ r\int_{s/L}^{\infty} \frac{(L - s/x)}{(Q/x)}\frac{(xL - s)}{2} f(x)dx + cE\left[\frac{(Q/X - L)}{(Q/X)}\frac{(2s + Q - XL)}{2}\right]$$

ile ifade edilir. Bu ifade matematiksel işlemlerle geliştirilerek, Q ve s için optimal değerlerin açık bir formülünü elde etmek için uygun değildir. Wagner bu durum için işlemlerin değişik aşamalarında yaklaşık değerleri alarak, Q ve s'nin optimal değerlerini hesaplamak için bir yol geliştirmiştir.[5]

Şekil 2.c'de görülen envanter değişimi, tedarik süresi içinde kesinlikle stoksuzluk durumuna girilen durumu yansıtmaktadır. Bu durum, matematiksel olarak

$$\Pr(XL \leq s) = 0 \qquad \text{ve} \qquad \Pr(XL > s) = 1$$

ya da

$$\Pr(X \leq s/L) = 0 \qquad \text{ve} \qquad \Pr(X > s/L) = 1$$

ile belirlenir. Dolayısıyla, tedarik süresindeki talebi stoksuzluk durumuyla karşılaşmadan yerine getirmek hiç bir zaman mümkün değildir ve sonuç olarak her periyotta yokluk maliyeti ortaya çıkar. Stoksuzluğun kesin olduğu bu durum için geliştirdiğimiz model izleyen bölümde tanıtılmıştır.

III. DEĞİŞKEN TALEPLİ STOKASTİK ENVANTER SİSTEMLERİNDE STOKSUZLUĞUN KESİN OLDUĞU DURUM

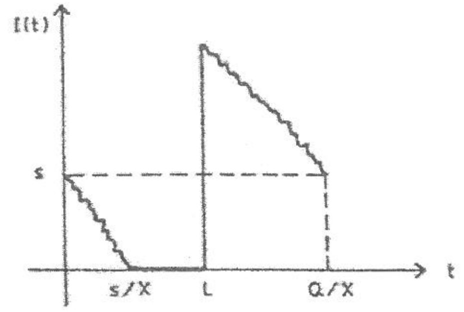
Stoksuzluğun kesin olduğu durumda toplam maliyetin ifadesi sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyeti ve yokluk maliyeti şeklinde sıralanan üç maliyet bileşeninin toplamıyla oluşturulur:

$$E(TC) = vE\left[\frac{1}{Q/X}\right] + cE\begin{bmatrix}\text{birim zamanda}\\ \text{ortalama}\\ \text{envanter düzeyi}\end{bmatrix} + rE\begin{bmatrix}\text{birim zamanda}\\ \text{ortalama}\\ \text{stoksuzluk düzeyi}\end{bmatrix}$$

Şekil 2.c'de görülen envanter değişimine göre, stok maliyetine neden olan envanter düzeyi

$$I(t) = \begin{cases} s - Xt & 0 \leq t \leq s/X \\ 0 & s/X < t < L \\ s + Q - Xt & L \leq t \leq T \end{cases}$$

şeklinde ifade edilir ve Şekil 3'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3. Stok Maliyetine Neden Olan Envanter Düzeyi

Şekil 3'e dayanarak birim zamanda ortalama envanter düzeyinin $(0,s/X)$, $(s/X,L)$ ve $(L,Q/X)$ aralıklarındaki ortalama envanter düzeylerinin, bu aralıkların uzunluklarına bağlı ağırlıklı ortalamaları ile hesaplanır:

$$E\begin{bmatrix}\text{birim zamanda}\\ \text{ortalama}\\ \text{envanter düzeyi}\end{bmatrix} = E\left[\frac{(s/X)}{(Q/X)}\frac{s}{2}+\frac{(L-s/X)}{(Q/X)}0+\frac{(Q/X-L)}{(Q/X)}\frac{(2s+Q-XL)}{2}\right]$$

$$= E\left[\frac{s}{Q}\frac{s}{2}+\frac{(Q-XL)}{Q}\frac{(2s+Q-XL)}{2}\right]$$

$$= E\left[\frac{(s+Q-XL)^2}{2Q}\right]$$

$$= \frac{[E(s+Q-XL)]^2+Var(s+Q-XL)}{2Q}$$

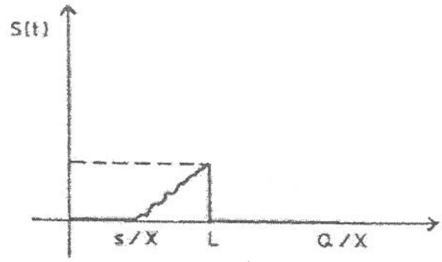
$$= \frac{(s+Q-\overline{D}L)^2}{2Q}+\frac{Var(XL)}{2Q}$$

Tedarik anında (L'de) envanter düzeyinin $s+Q-XL$ olduğu düşünüldüğünde, elde edilen eşitliğin birinci teriminde yer alan $s+Q-\overline{D}L$ ifadesi bunun beklenen değerini belirler. İkinci terim ise tedarik süresindeki talebin varyansına bağlıdır.

Benzer şekilde stoksuzluk maliyetine neden olan yokluk düzeyi $S(t)$ fonksiyonuyla

$$S(t)=\begin{cases}0 & 0\le t\le s/X\\ Xt-s & s/X<t<L\\ 0 & L\le t\le T\end{cases}$$

şeklinde elde edilir ve grafiği Şekil 4'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. Stoksuzluk Maliyetine Neden Olan Yokluk Düzeyi

Buna dayanarak, birim zamanda ortalama stoksuzluk düzeyinin beklenen değeri $(s/X, L)$ aralığındaki ortalama stoksuzluk düzeyi $(0, Q/X)$ aralığının uzunluğuna göre ağırlıklandırılarak bulunur:

$$E\begin{bmatrix}\text{birim zamanda}\\ \text{ortalama}\\ \text{stoksuzluk düzeyi}\end{bmatrix} = E\left[\frac{(L - s/X)}{(Q/X)}\frac{(XL - s)}{2}\right]$$

$$= E\left[\frac{(XL - s)^2}{2Q}\right]$$

$$= \frac{[E(XL - s)]^2 + Var(XL - s)}{2Q}$$

$$= \frac{(\overline{D}L - s)^2}{2Q} + \frac{Var(XL)}{2Q}$$

Elde edilen eşitliğin ikinci teriminde yer alan varyansın envanter düzeyine bağlı olarak hesaplanan beklenen değerdeki varyans ile aynı olduğu dikkati çekmektedir. İlk terimde yer alan $\overline{D}L - s$ ise tedarik anındaki stoksuzluk düzeyinin beklenen değerini ifade eder ve $\overline{S}_L$ ile gösterilir.

Toplam maliyetin beklenen değeri, yukarıda elde edilen beklenen envanter ve stoksuzluk düzeylerine dayanarak;

$$E[TC(Q,s)] = v\frac{\overline{D}}{Q} + c\frac{(Q - \overline{D}L + s)^2}{2Q} + r\frac{(\overline{D}L - s)^2}{2Q} + \frac{c+r}{2Q}Var(XL)$$

şeklinde ifade edilir. Bu ifade de $\overline{S}_L = \overline{D}L - s$ ifadesi yerine konduğunda,

$$E\left[TC\left(Q,\overline{S}_L\right)\right] = v\frac{\overline{D}}{Q} + c\frac{(Q - \overline{S}_L)^2}{2Q} + r\frac{\overline{S}_L^2}{2Q} + \frac{c+r}{2Q}Var(XL)$$

elde edilir. Talebin sabit olduğu durumda yukarıdaki ifadede $Var(XL)=0$ olur ve diğer terimlerin toplamı deterministik modeldeki toplam maliyete karşılık gelir. Dolayısıyla talebin değişkenliğinden kaynaklanan ek maliyet $\frac{c+r}{2Q}Var(XL)$ ifadesiyle belirlenir ve buna ***değişkenlik maliyeti*** denir.

Bu modelde karar değişkenleri, sipariş miktarı Q ve yeniden sipariş noktası s ile belirlenir. Dolayısıyla, optimal Q ve s değerleri $E[TC(Q,s)]$ fonksiyonunun Q'ya ve s'ye göre kısmi türevlerinin sıfıra eşitlenerek eşanlı çözümüyle elde edilebilir. Ancak, $\bar{S}_L = \bar{D}L - s$ olması nedeniyle $E[TC(Q,\bar{S}_L)]$ fonksiyonunun Q'ya ve $\bar{S}_L$'ye göre kısmi türevlerine dayanarak da aynı çözüme daha basit bir yoldan ulaşmak mümkündür. Öncelikle $\bar{S}_L$ ve Q arasındaki ilişki

$$\bar{S}_L = \frac{c}{c+r}Q$$

ve sonuçta, optimal değerler

$$Q = \sqrt{\frac{2v\bar{D}(c+r)}{cr}}\sqrt{1+\frac{(c+r)Var(XL)}{2v\bar{D}}}$$

$$\bar{S}_L = \sqrt{\frac{2v\bar{D}c}{r(c+r)}}\sqrt{1+\frac{(c+r)Var(XL)}{2v\bar{D}}}$$

biçiminde ortaya çıkar. Talebin sabit olması durumunda $Var(XL)=0$ olur ve hem Q hem de $\bar{S}_L$ için elde edilen değerler deterministik modeldeki optimal değerlere karşılık gelir. Dolayısıyla, talebin değişkenliğinden kaynaklanan değişikliğin optimal değerlere $\sqrt{1+\frac{(c+r)Var(XL)}{2v\bar{D}}}$ çarpanıyla yansıtıldığı söylenir. Bu çarpana ***talebin değişkenliğine bağlı düzeltme katsayısı*** adı verilir ve A_D ile gösterilir. Bu katsayı her zaman birden büyük olduğu için optimal sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası, talebin değişkenliğine bağlı olarak sabit talep durumuna göre daha büyük olur. Bu durumun beklenen toplam maliyete yansıması, Q_0 ve S_0 sırasıyla talebin sabit $\bar{D}$ olması durumunda optimal sipariş miktarı ve yokluk düzeyi değerlerini göstermek üzere

$$Q = A_D Q_0 \quad \text{ve} \quad \overline{S}_L = A_D S_0$$

ifadelerinin $E(TC)$ fonksiyonu içinde yerine konmasıyla incelenir.

$$E(TC) = v\frac{\overline{D}}{A_D Q_0} + c\frac{(A_D Q_0 - A_D S_0)^2}{2A_D Q_0} + r\frac{(A_D S_0)^2}{2A_D Q_0} + \frac{c+r}{2A_D Q_0}Var(XL)$$

ifadesi yeniden düzenlendiğinde

$$E(TC) = A_D\left[v\frac{\overline{D}}{Q_0} + c\frac{(Q_0 - S_0)^2}{2Q_0} + r\frac{S_0^2}{2Q_0}\right]$$

elde edilir. Dolayısıyla, olasılıklı talep için beklenen toplam maliyetin de sabit talep durumundakine göre A_D düzeltme katsayısıyla değiştiği görülür.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada tedarik süresinin sabit ve talebin olasılıklı olduğu durumlar için tedarik süresindeki talebin tamamen karşılanmasının mümkün olmadığı koşullarda uygulanmak üzere bir stokastik envanter modeli geliştirildi ve Q sistem sipariş politikası çerçevesinde optimal sipariş miktarı ile optimal yeniden sipariş noktası için formüller elde edildi. Deterministik envanter sistemlerinde stoksuzluğa izin verilmediğinde optimal maliyet $TC = c\sqrt{\frac{2vD}{c}}$ yoksatmalı durumda ise $TC = c\sqrt{\frac{r}{c+r}}\sqrt{\frac{2vD}{c}}$ ile hesaplanır. Dolayısıyla yoksatma maliyeti hesaplanabildiği sürece yoksatmalı modelin kullanımı tercih edilir. Oysa stokastik envanter sistemlerinde stoksuzluğa izin verilmezse optimal beklenen maliyet $E(TC) = c\sqrt{\frac{2v\overline{D}}{c}} + c(s - \overline{D}L)$ stoksuzluğun kesin olması durumunda beklenen optimal maliyet ise $E(TC) = A_D c\sqrt{\frac{r}{c+r}}\sqrt{\frac{2v\overline{D}}{c}}$ şeklindedir. Ayrıca ikisinin arasında Şekil 2.b'de görülen bir ara sistem bulunmaktadır. Dolayısıyla birinin diğerine her zaman tercih edildiğini iddia etmek kolaylıkla mümkün değildir. Ancak, soruna ekonomik koşullar açısından bakıldığında stoklanan malın elde bulundurma maliyeti yükseldikçe ve tüketicinin bu mal için bir ikame mal bulmasının güç, dolayısıyla malı alma konusunda sabırlı olduğu durumda kısaca yoksatma maliyeti küçüldükçe, yoksatmalı modelin kullanımının daha uygun olacağı açıktır.

KAYNAKLAR

[1]Heizer J. ve Render B. (1993) *Productions and Operations Management*, 3rd ed., Allyn and Bacon.

[2]Winston W. L. (1991) *Operations Research: Applications and Algorithms*, 2nd ed., PWS-Kent.

[3]Taha H. A. (1987) *Operations Research: An Introduction*, 4th ed., Collier Macmillan.

[4]Hillier F. S. ve Lieberman G. J. (1990) *Introduction to Operations Research*, 5th ed., McGraw-Hill, Inc.

[5]Wagner, H. M. (1975) *Principles of Operations Research*, 2nd ed., Prentice-Hall.