

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI**

**Talepte Yığılma Olmaksızın Hemen Teslim
Durumundaki Envanter Modeli
(Bir Hotel İşletmesindeki Uygulaması)**

(Yüksek Lisans Tezi)

42292

Elif M. ÇEKİCİ

Danışmanı:Doç.Dr.İsmail Hakkı ARMUTLULU

İstanbul 1995

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	
1.BÖLÜM	1
ENVANTER SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ	1
1.1.Envantere Tanımı ve Envanter Problemlerinde Kullanılan Çözüm Yöntemlerinin Amacı	1
1.2.Ekonometrik Parametreler	2
1.3.Envantere Sistemlerinin Yapısı	5
1.4.Envantere Kalemleri ve Ağırlığı Olan Kalemlerin Belirlenmesi	7
2.BÖLÜM	10
MODEL ÇEŞİTLERİ	10
2.1.Deterministik Envantere Modelleri	10
2.2.Olasılıksal Envantere Modelleri	18
2.2.1.Talepte Yığılma Olmaksızın Hemen Teslim Durumunda Çok Periyodlu Olasılıksal Envantere Modeli	30
3.BÖLÜM	34
OLASILIKSAL ENVANtere MODELİNİN BİR HOTEL İŞLETMESİNE UYGULAMASI	34
3.1.Maliyetlerin ve Gelirin Hesaplanması.	34
3.2.Talep Dağılımının Belirlenmesi	36
3.3.Ekonomik Sipariş Miktarının Bulunması	37
SONUÇ	41
YARARLANILAN KAYNAKLAR	42
EK-I	
EK-II	

GİRİŞ

Küçük veya büyük tüm işletmeler, talepleri karşılayabilmek, üretim sürecindeki aksaklıkları önleyebilmek yada elde fazla mal bulundurulması sonucu yıpranma, bozulma veya teknolojinin gelişmesinden kaynaklanan ek maliyetlerle karşı karşıya kalmamak ve karlarını maksimize etmek için envanter kontrolü yapmak zorundadır.

Bir işletmenin envanter kontrolünü gerçekleştirmek için yararlanabileceği çok sayıda envanter modeli bulunmaktadır. Önemli olan işletmenin yapısına uygun envanter modelinin belirlenmesidir. İşletmenin yapısına uygun modelin seçimi için talebin belirsizlik içerip içermediğine bakılır. Eğer belirli ise deterministik modeller kullanılabilir. Belirsizlik durumunda ise rastlantısallıktan kaynaklanan belirsizlik için olasılıksal envanter modelleri kullanılabilir. Bu durumda talebin dağılım fonksiyonunu belirlemek gerekir. Belirlenen bu model doğrultusunda karı maksimize etmek için optimizasyon teknikleri yardımı ile işletme için uygun ekonomik sipariş miktarları bulunur.

Birinci bölümde envanterin tanımı ve envanter kontrolünün amacı açıklanmış, envanter sistemleri ve envanter kalemlerinin özellikleri, etkileşimleri ve toplam maliyeti büyük oranda etkileyen envanter kalemlerinin belirlenmesi hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, envanter kontrolünün gerçekleştirilmesi için kullanılan envanter modellerinde kullanılan ekonometrik parametreler tanımlanmış ve bu parametrelerin nelere bağlı olarak değiştikleri anlatılmıştır.

İkinci bölümde ise envanter modellerinin çeşitleri, temel envanter modelleri ve bunlara bağlı olarak geliştirilen envanter modelleri hakkında genel bilgiler verilmiş ve uygulamada kullanılan talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumundaki olasılıksal envanter modeli açık bir şekilde anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumundaki olasılıksal envanter modelinin bir otel işletmesinde uygulaması yapılmıştır.

Gözlem değerleri aylık temelde bir yıllık olduğundan ve otelin geçmişi ve zamanla değişen ekonomik şartlar gereği daha uzun süreli zaman serisi gözlemek imkansız ve de anlamsız olduğundan Monte-Carlo benzetim Yöntemi ile otuz yıllık veri türetilerek dağılım fonksiyonları test edilmiştir. Optimum sipariş miktarları bu dağılımlar kullanılarak hesaplanmıştır.



1.BÖLÜM

ENVANTER SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ

Bir işletmenin maliyetini minimize etmek veya karını maksimize etmek amacıyla yararlandığı envanter sisteminin bileşenleri, envanter problemlerinin çözüm yöntemlerinde kullanılan parametreleri oluşturur. Envanter sisteminin yapısı ve sistemde yer alan envanter kalemlerinin özellikleri bu parametrelerin değerlerini etkiler.

1.1. Envanterin Tamamı ve Envanter Problemlerinde Kullanılan Çözüm Yöntemlerinin Amacı

Envanter, işletmelerin yapacakları üretim, satış ve verecekleri hizmet için ellerinde tuttıkları mallar olarak tanımlanabilir.

Envanter kontrolünün amacı, talebi karşılayabilmek için talep edilen malı istenilen zamanda elde bulundurmak ve elde bulundurma maliyetini en düşük düzeyde tutmaktır.

Envanter kontrolünde çeşitli teknikler kullanılabilir. Bunlar envanter modelleri, Q-sistemi, P-sistemi ve ABC tekniğidir.

Envanter problemlerinde kullanılan envanter modelleri, sabit miktarlarda sipariş verilen Q-sistemi ve sabit aralıklarla Değişen miktarlarda sipariş verilen P-sistemi'nin amacı, "hangi aralıklarla sipariş verilmeli?" ve "en düşük maliyetle talebi karşılayacak şekilde verilecek siparişin miktarı ne olmalı?" sorularına cevap bulmaya yardımcı olmaktır. Bir başka deyişle envanter modelini oluşturmada yatan temel amaç, karar

değişkenleri (ne zaman, ne kadar) için optimal (en düşük maliyeti, en uygun maliyeti veren) değerleri belirlemektir¹.

Envanter kontrolü açısından özel dikkat isteyen kalemlerin ayrımında kullanılabilen ABC tekniği ise, basit bir tekniktir. Bu teknik, envanter kalemlerinin, toplam içindeki kümülatif yüzdelerine göre sınıflandırılmasından ibarettir².

1.2. Ekonometrik Parametreler

Envanter modellerinin oluşturulmasında veya envanter problemlerinin diğer çözüm tekniklerinde etkili olan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) İmalat veya Sipariş Verme Maliyeti: Sipariş vermek için yapılan veya üretim için yapılan hazırlık harcamalarıdır. Sipariş miktarından veya üretim miktarından bağımsız olduğu kabul edilirse, sabit bir maliyet olur. Bu maliyet, üretim veya sipariş miktarına bağlı olarak taşıma maliyetlerini, teslim alma maliyetlerini, işçi ücretlerini, kontrol ve kayıt maliyetlerini, paketlenmeyen malların maliyetlerini ve sipariş ve üretim miktarından bağımsız olan pul, baskı, kağıt, posta, telefon ve fax gibi maliyetleri kapsamaktadır.

b) Satınalma veya Üretim Maliyeti: Satın alınan mal için ödenen parasal değer veya üretilen mal için yapılan üretim harcamalarıdır. Bu parametre, belirli bir miktarın üzerindeki siparişler için uygulanan miktar iskontosu veya fiyat kırma sözkonusu olduğu zaman veya büyük üretim partilerinin üretim maliyetinde azalma sağladıkları zaman özellik gösterir³.

c) Elde Bulundurma Maliyeti: Malların satılarak veya kullanılarak tüketilinceye kadar saklanmasından doğan maliyetlerdir. Bu maliyetler sermaye yatırımı, sigorta, eskime ve yıpranma, depolama, işleme, bakım ve vergi maliyetleri olarak sıralanabilir. İşletme stoğa yatıracağı nakit için kredi kullanırsa veya borç alırsa,

¹ ÖZTÜRK Ahmet, Yöneylem Araştırması, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, BURSA, 1991, s.200

² KOBU Bülent, Üretim Yönetimi, Alaş Basım ve İmalat Sanayi, İstanbul, 1982, s.252.

³ HALAÇ Osman, Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1983, s.281.

bu kredinin veya borcun getireceği faiz maliyeti ile karşılaşılır. Bir şirket sermayeyi envantere bağladığı zaman, alternatif amaçlar için bu paranın kullanımını engeller⁴. Diğer bir deyişle nakitin stoğa yatırılmasıyla kar elde edilmesi mümkün olabilecek diğer yatırımların gerçekleştirilememesi nedeniyle meydana gelebilecek maliyetler sözkonusu olacaktır. Bu maliyetler sermaye yatırımı maliyeti olarak adlandırılabilir. Bazı kitaplarda bu maliyet, sermaye maliyeti veya bağlanmış sermayenin maliyeti olarak geçmektedir. Sigorta maliyetleri, stoktaki malların karşılaşılabilecek risklere (Örneğin yangın gibi) karşı sigorta edilmesinden kaynaklanan maliyetlerdir. Depolama maliyeti ise, stokların muhafaza edildiği depo için ödenen kira, elektrik, güvenlik gibi giderlerin oluşturduğu maliyettir. Stokta tutulan mallar zamanla bozulabilirler, yıpranabilirler veya modadaki değişimler veya gelişen teknoloji nedeniyle popüleritesini yitirebilirler. Bu nedenle, çok yüksek eskime ve yıpranma maliyeti ile karşılaşmamak için stok düzeyini belirlerken dikkatli olmak gerekir.

Elde bulundurma maliyetinin stok düzeyi ile doğru orantılı olarak değiştiği kabul edildiği gibi, stoklama süresinin uzunluğu ile de doğru orantılı olarak değiştiği kabul edilir.

d) Elde Bulundurmama Maliyeti: Bu maliyet, stoktaki malların eksikliğine bağlı olarak, talebin karşılanmasındaki gecikmeden veya yetersizlikten kaynaklanan maliyettir. Stokta yeterli miktarda mal bulunmadığı durumlarda talep gecikmeli olarak karşılanabilir veya hiç karşılanamaz. Talebin gecikmeli olarak karşılanması durumunda müşteri güveninin kaybının yanı sıra verilen öncelikli mal siparişinden kaynaklanan maliyetlerle de karşılaşılacaktır. Talep geç karşılandığında üretim birimleri arasında kopukluklar meydana gelecek ve bu aksaklıklar nedeniyle üretim gecikecektir. Üretimdeki bu gecikme ek maliyetler getirerek üretilen malın maliyetini yükseltecektir. Talebin gecikmeli olarak karşılanması durumunda elde bulundurmama maliyetinin diğer adıyla stok tükenme maliyetinin gecikme süresi ve stokta bulunmayan talep miktarı ile doğru orantılı olarak değiştiği kabul edilir.

⁴ HILLER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operation Research, Mc Graw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.690.

Talebin karşılanamaması durumunda ise, gelir kaybı sözkonusu olacaktır. Bu durumda elde bulundurmama maliyetinin karşılanamayan talep miktarı ile doğru orantılı olarak değiştiği kabul edilir.

e) Talep: Planlama dönemi içinde talep kesin olarak bilinebilir veya bilinmeyebilir. Diğer bir deyişle talep deterministik veya olasılıksal olabilir. Talebin deterministik olması durumunda, planlama dönemindeki her periyod için talep edilen mal miktarı kesin olarak saptanmıştır. Ancak planlama dönemi içinde belirlenen bir periyod için talep miktarı kesin olarak bilinmiyorsa ve bu talep miktarı bir olasılık dağılımı ile ifade edilebiliyorsa, olasılıksal talep sözkonusu olacaktır. Talepteki bütün etkileşimler toplam stok maliyetini etkileyecektir. Toplam stok maliyeti,

Toplam stok Maliyeti= Satınalma Maliyeti

+ Elde Bulundurma Maliyeti

+ Sipariş Maliyeti

+ Elde Bulundurmama Maliyeti

şeklinde ifade edilebilir⁵.

f) Tedarik Süresi: Bir malın sipariş verilmesi ile teslim alınması arasındaki süre tedarik süresi olarak adlandırılır. Tedarik süresi deterministik veya olasılıksal olabilir.

g) Yeniden Sipariş Verme Noktası: Stok düzeyi, malın sipariş verilmesi ve teslim alınması arasındaki periyotta malın muhtemel tüketimi için kabul edilen yeterli derecedeki minimum miktara ulaştığı zaman sipariş verilir. Bu nokta, yeniden sipariş verme noktası (Sipariş noktası) olarak bilinir. Kısaca stoğun doldurulması için uygun olan envanter düzeyi olarak tanımlanabilir. (D) günlük ortalama talebi, (L) tedarik süresini (gün olarak) ve (B) emniyet stoğunu göstermek üzere, sipariş noktası (r),

⁵ TAHA Hamdy A., Operation Research An Introduction, MacMillan Publishing Company, New York, 1989, s.508.

$$r = D \cdot xL + B$$

ile hesaplanır.

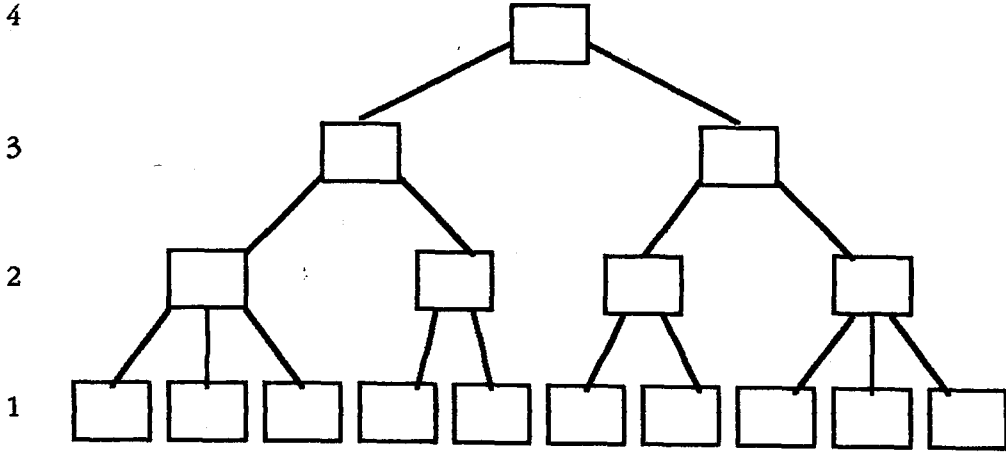
h) Emniyet Stoğu: Tedarik süresi boyunca talepte meydana gelebilecek dalgalanmalar nedeniyle elde bulundurulan fazla mal miktarı olarak tanımlanabilir.

1.3. Envanter Sistemlerinin Yapısı

Envanter sistemleri arasında önemli farklar vardır. Hacim ile, envantere giren kalemlerin çeşitleri ile, sistemin işleyişi ile ilgili maliyetlerle farklı olurlar. Bu farkların hepsinin, envanter sisteminin bütünüyle planlanmasındaki değişimleri yansıttığı düşünülebilir. Bu değişimler, önemli ölçüde sistem kontrolünde kullanılan işleyiş doktrinlerine dayanır. İşleyiş doktrini ile siparişin ne zaman ve ne kadar olduğunu ifade eden kuralı basit bir şekilde açıklayabiliriz.

Bir envanter kalemi sadece tek bir yerde stoklanabilir veya pek çok yerde stoklanabilir. Birden fazla stoklama noktası olduğu zaman, stoklama noktaları arasındaki etkileşimler için pek çok seçenek bulunur. Bir ambardan servis veren tek stoklama noktası, birbirine etki eden bir veya daha fazla stoklama noktasını içine alabilir⁶. Bu stoklama noktası, çok kademeli envanter sisteminin şematikleştirilmesinde en başta yer alır. Çok kademeli sistemin muhtemel bir çeşidi Şekil-1.1'de gösteriliyor. Dört düzey olması nedeniyle, dört kademeli bir sistem gibi düşünülebilir. Her düzey bir kademe olarak adlandırılır. Sistem, birinci düzeyde stoklama noktalarında meydana gelen müşteri taleplerini gösterir. Bu stoklama noktaları, 3.düzye tarafından doldurulduğu kabul edilen 2.düzye'deki ambarlardan gönderilen mallarla doldurulan stoklara sahiptir. Şekil-1.1 çok kademeli sistemin sadece bir çeşidini gösterir.

⁶ HADLEY G., WHITIN T.M., Analysis of Inventory Systems, Prentice-Hall, Inc. Engleweed Cliffs, N.J., 1963, s.5.

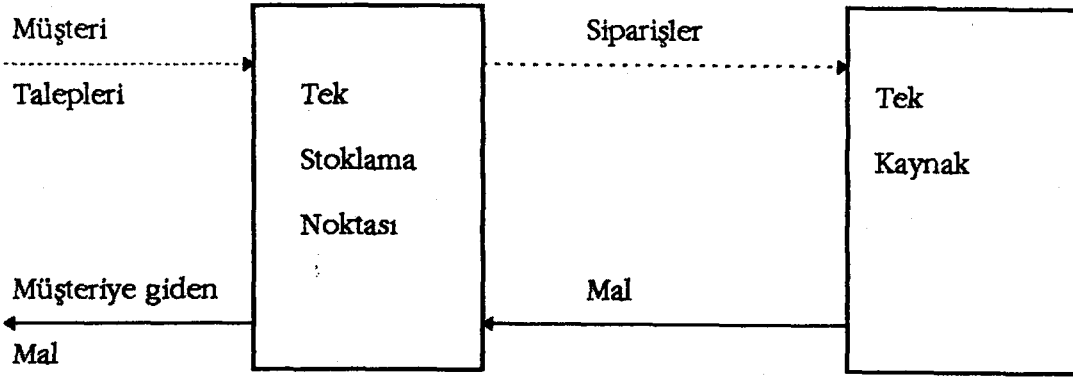


Şekil-1.1 Çok Kademeli Envanter Sistemine Bir örnek

Diğer durumlarda, müşteri taleplerinin bütün düzeylerde meydana geldiği kabul edilebilir veya herhangi bir düzeydeki stoklama noktalarındaki malların sadece yukarıdaki en yüksek düzeyden gönderilen mallar olduğu kabul edilmeyebilir; fakat aynı zamanda kaynaktan veya kendisinden daha yüksek herhangi bir düzeyden doldurularak tedarik edilebilir. Aynı zamanda belirli bir düzeyde stoklama noktalarının tekrar dağıldığı düşünülebilir.

Genellikle çok kademeli sisteme ihtiyaç duyulmaz. Bunun nedeni, sistemin farklı bölümlerinin işleyişindeki farklı organizasyonlardır. Belirli her bir düzey birbirinden farklı çok sayıda organizasyonu içerebilir.

Temel envanter sistemi, Şekil-1.1'de gösterilen çok kademeli sistemden daha basittir. Müşteri talepleri tek bir stoklama noktasına ulaşır ve zamanında verilen siparişlerle stok, kaynaktan yeniden doldurulur. Bu sistemin işleyişi şematik olarak Şekil-1.2'de gösteriliyor.



Şekil-1.2: Temel envanter Sistemi

Şekil-1.2 nin basit yapısı, genellikle (her zaman olmasada) uygulamalar pratik uygulamalar için yeterlidir. Daha öncede belirtildiği gibi çok kademeli sistemlerden değişiktir. Çoğu kez bireysel stoklama noktalarını düşünmek gerekir. Hatta birkaç stoklama noktası tek organizasyonla kontrol edildiğinde, aralarındaki etkileşimlerin önemsenmeyecek kadar küçük olması durumunda, birbirlerinden bağımsız olarak çalıştıkları kabul edilir.

1.4. Envanter Kalemleri ve Ağırlığı Olan Kalemlerin Belirlenmesi

Bir envanter sisteminde bir veya iki mal stoklandığı gibi birbirinden farklı çok sayıda mal da stoklanabilir. Stoklanan mallar, maliyetleri, fiziksel özellikleri, ağırlıkları ve hacimleri ile farklı olabilirler. Bazı mallar dayanıksızdır ve uzun süre saklanamazlar. Bazılarıda bozulmadan sınırsız süre saklanabilirler. Bazı mallar ise çok çabuk eskirler.

Mallar, depolama için özel pakitleme gerektirebilirler veya ısı, nem gibi durumların özellikle kontrol altında tutulması suretiyle saklanabilirler. Bunlarda depolama maliyetini arttırıcı unsurlardır.

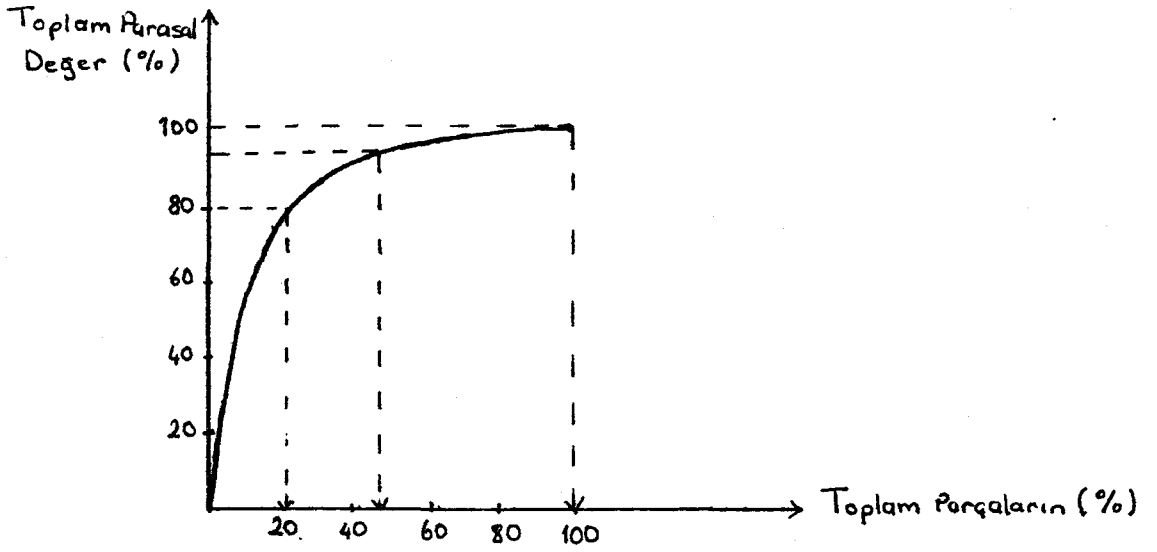
Birden fazla mal bulunması durumunda, mallar arasında bazı etkileşimler olabilir. Örneğin, depo alanının veya stoklama için ayrılan paranın sınırlı olması stoklama yapılan malları büyük ölçüde etkiler. Bir malın hacminin büyük olması nedeniyle işletmeci, o maldan daha az miktarda alım yapabilir. Bu durumda sistemde stok dışı kalma olabilir; diğer bir deyişle o mal için stok tükenmesi ile karşılaşılabilir. Bu durumun bazı ek maliyetleri beraberinde getireceği açıktır. Bu sebeple stoklama yapılırken, malların yapısı nedeniyle mallar arasında meydana gelebilecek etkileşimler dikkate alınmalıdır.

Toplam maliyeti büyük oranda etkileyen kalemlerin belirlenmesinde kullanılan teknik, ABC tekniğidir.

Gerçek envanter yönetimi genellikle büyük sayıdaki parçaların, nispi olarak birimlerin en pahalıdan en ucuza kadar fiyat dağılımını içine alır. Gerçekte envanter işlemeyen sermayeyi gösterir. Bu nedenle sermaye maliyetinde karı önemli bir oranda etkileyen parçalar üzerinde envanter kontrolünün uygulanması doğaldır. Sürekli kullanılan maliyeti düşük parçalar, pahalı yedek parçaları ihtiva eden parçalar ile karşılaştırıldığında, sermaye maliyetine önemsiz sayılabilecek bir oranda katkıda bulunurlar. Edinilen deneyimler, sadece nispi olarak küçük sayıdaki envanter parçalarının, genellikle sermaye maliyetinin büyük bir kısmını oluşturduğunu göstermiştir. Bu tip parçalar, envanter kontrole bağlı olmalıdır.

ABC tekniği, envanter kontrolü açısından özel dikkat isteyen kalemlerin ayrımında kullanılabilen basit bir yöntemdir. Bu yöntem envanter kalemlerinin toplam içindeki kümülatif yüzdelerine göre sınıflandırılmasından ibarettir⁷. Şekil-1-3 tipik bir ABC eğrisini gösteriyor.

⁷ KOBU Bülent, Üretim Yönetimi, Alaş Basım ve İmalat Sanayi, İstanbul, 1982, s.252



Şekil-1-3

Yöntemin amacı, birikimli parasal değer katkısı % 80 olan kalemlerin yüzdesinin belirlenmesidir. Bu kalemler A grubu olarak sınıflandırılır ve onlar normal olarak bütün kalemlerin %20 sini oluştururlar. B sınıfındaki kalemler, parasal değerlerinin yüzdesi %80 ile %95 arasına denk düşen kalemlerdir. Bu kalemler, bütün kalemlerin %25 ini kapsar. Kalan kalemler C sınıfını oluşturur.

A sınıfı kalemleri, pahalı, kalemlerin küçük miktarlarını gösterir ve envanter kontrole bağlı olmalıdır. C sınıfındaki kalemler, miktar olarak büyük ama parasal değeri küçük olan kalemlerdir. B sınıfını oluşturan kalemler ise, bu iki sınıf arasında kalan kalemlerdir.

Genellikle, A sınıfını oluşturan pahalı kalemlerin sipariş hacmi, sermaye maliyetini minimuma indirmesi beklenen değerdir. Diğer taraftan C sınıfı için sipariş hacmi oldukça büyük olabilir.

ABC tekniği, genellikle, bir envanter kontrol durumunda, uygulanması gereken ilk adımdır. Bu analiz sayesinde önemli envanter parçaları belirlenir.

2.BÖLÜM

MODEL ÇEŞİTLERİ

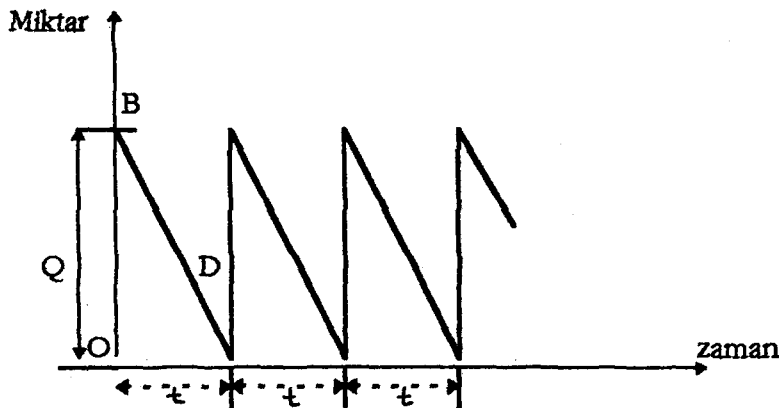
Envanter problemlerinin çözümünde kullanılan çok sayıda envanter modeli bulunmaktadır. Bu modelleri planlama dönemi içinde talebin belirli olup olmamasına göre deterministik veya olasılıksal modeller olarak iki kısımda incelenebilir.

2.1. Deterministik Envanter Modelleri

Deterministik envanter modelleri, tam belirlilik altında incelenen modellerdir. Modeller genellikle çoğu tek envanter kalemine yöneliktir. Bu modeller arasında temel model olarak kabul edilen model, ekonomik sipariş miktarı modelidir.

Bu modelde her periyod için talep kesin olarak bilinmekte ve siparişler eşit zaman aralıkları ile verilmektedir. Sipariş edilen malların fiyatları, sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyeti sabittir. Sipariş, stok düzeyi sıfıra indiğinde verilmekte ve bir anda teslim alınmaktadır. Dolayısıyla tedarik süresi sıfırdır ve stok tükenme sözkonusu değildir. Bu modelin amacı, optimum sipariş miktarını ve en uygun sipariş verme zamanını bulmaktır.

Bu varsayımlar sonucu ortaya çıkan envanter modeli Şekil-2.1'de görülmektedir.



Şekil-2.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu modelin toplam maliyeti, üç maliyet bileşeninin toplamıdır⁸:

Toplam Maliyet = Satınalma Maliyeti

+Sipariş Maliyeti

+Elde Bulundurma Maliyeti

Toplam maliyeti belirleyebilmek için bu üç maliyet bileşeninin de matematiksel ifadesini bulmak gerekir.

Birinci bileşen olan satınalma maliyeti (c_1) birim satınalma fiyatı olmak üzere,

$$C_1Q \quad (1)$$

olarak yazılabilir.

İkinci bileşen olan sipariş maliyeti, sipariş sayısı ile doğru orantılıdır⁹. Sipariş miktarından bağımsız olduğu kabul edilen sipariş maliyetinin, verilen bir sipariş için (c_2) olduğunu kabul edelim.

Bir sipariş periyodu boyunca elde bulundurulan mal miktarı Şekil-2.1 deki OAB üçgeninin alanına eşittir. Bu durumda elde bulundurulan mal miktarı,

$$\frac{1}{2} Qt \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu alan bir birimi elde bulundurma maliyeti olan (c_3) ile çarpılacak olursa, elde bulundurma maliyeti,

⁸ HALAÇ Osman, Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 1983, s.285

⁹ HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, Mc Graw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.692

$$\frac{1}{2} Qtc_3 \quad (3)$$

olarak elde edilir.

t zamandaki talep miktarı, siparişlerin stok düzeyi sıfıra indiğinde verilmesi nedeniyle (Q)'ya eşittir. (D) birim zamandaki talebi göstermek üzere,

$$Q=t.D \quad (4)$$

dir. (Q) nun bu değeri elde bulundurma maliyetinde yerine yazılacak olursa, elde bulundurma maliyeti,

$$\frac{1}{2} t^2 Dc_3 \quad (5)$$

olarak elde edilir.

Siparişler arası süre olan t yi $Q=t.D$ den çekecek olursak,

$$t = \frac{Q}{D} \quad (6)$$

elde edilir. Planlama dönemi boyunca verilen siparişlerin sayısı (n),

$$n = \frac{D}{Q} \quad (7)$$

dur¹⁰. Başka bir deyişle sipariş sayısı (n), t nin tersine eşittir.

¹⁰ ÖZTÜRK Ahmet, Yöneylem Araştırması, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, Bursa, 1991, s.201

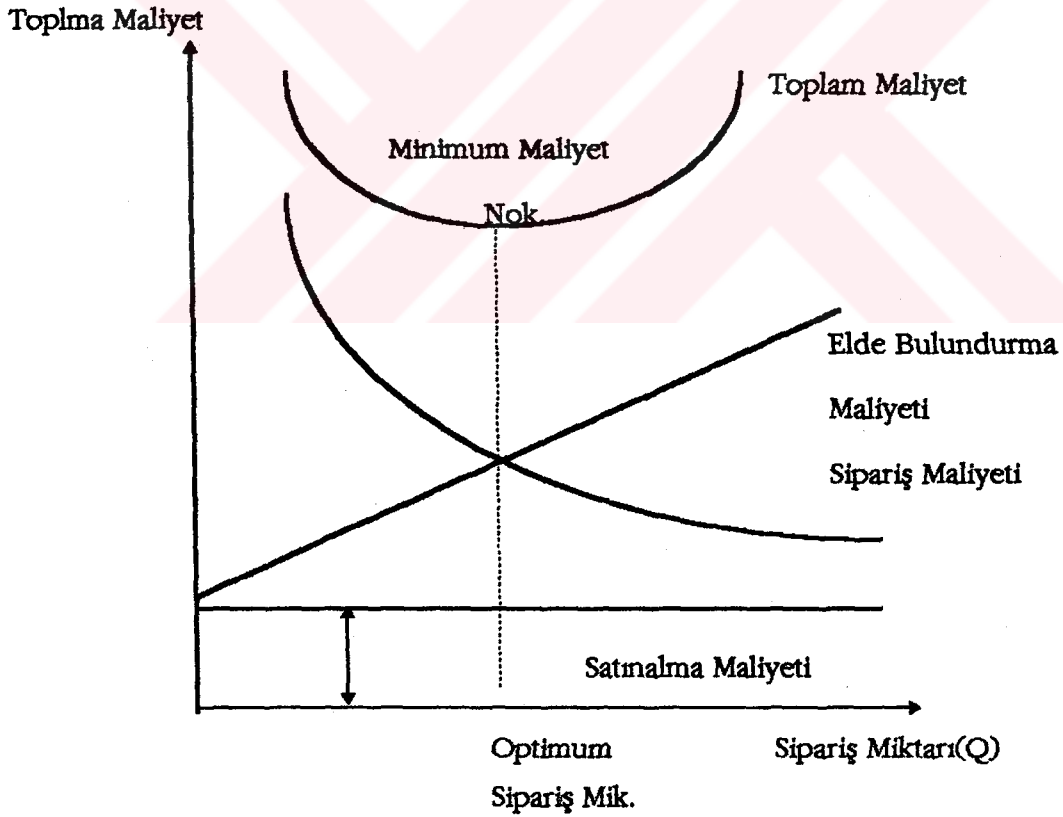
Bir sipariş periyodu için toplam maliyet,

$$BTM = c_1Q + c_2 + c_3 \frac{Q^2}{2D} \quad (8)$$

olur. Planlama dönemi için toplam maliyet, sipariş sayısı (n) ile bir sipariş periyodu için belirlenen toplam maliyetin çarpımına eşittir:

$$TM = c_1D + c_2 \frac{D}{Q} + c_3 \frac{Q}{2} \quad (9)$$

Toplam maliyet eğrisi üç bileşenin ayrı ayrı ele alınarak çizilmesiyle elde edilir. Şekil-2.2'de de görüldüğü gibi optimum sipariş miktarı, toplam maliyetin minimum olduğu noktada bulunur.



Şekil-2.2. Toplam Maliyet Eğrisi

Toplam maliyetin Q ya göre birinci türevini alıp, sıfıra eşitlersek, (Q*) olarak adlandırdığımız ekonomik sipariş miktarını bulabiliriz:

$$\frac{dTM}{dQ} = 0 \quad (10)$$

$$\frac{dTM}{dQ} = -c_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{1}{2} c_3 = 0 \quad (11)$$

ise

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_2D}{c_3}} \quad (12)$$

olarak elde edilir. Toplam maliyetin Q'ya göre ikinci türevi sıfırdan büyüktür.

$$\frac{d^2TM}{dQ^2} = \frac{2c_2D}{Q^3} > 0$$

Bu nedenle toplam maliyet minimumdur. Optimum sipariş verme süresi olan (t*) ise,

$$t^* = \frac{Q^*}{D} \quad (13)$$

dir.

Bir periyod için verilen siparişin hepsinin aynı anda teslim alınmayıp (P) gibi sabit bir oranla peyder pey teslim alındığında bu model, sabit oranlı sipariş modeli (üretim modeli) adını alır.

Sabit oranlı sipariş modelinde (P) hızı ile malların ulaştığı zaman süresi içinde talep (D) birim/zaman hızı ile stokları eritir. Bu nedenle $P > D$ olmalıdır. $D > P$ olması durumunda talep karşılanamaz.

Mallar teslim alındığında kullanılmaya başlandığından envanter düzeyinin (Q) birim olduğu söylenemez¹¹. Bu nedenle bir periyodluk süre için envanter düzeyi,

$$I_m = \frac{Q}{P} (P - D) = Q \left(1 - \frac{D}{P}\right) \quad (14)$$

olur.

Buna bağlı olarak planlama dönemindeki toplam maliyet,

$$TM = c_1 D + c_2 \frac{D}{Q} + \frac{1}{2} c_3 Q \left(1 - \frac{D}{P}\right) \quad (15)$$

dir. Buradan optimum sipariş miktarı,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_2 D}{c_3 \left(1 - \frac{D}{P}\right)}} \quad (16)$$

olarak elde edilir.

Stok tükenmesi sözkonusu olduğunda ise elde bulundurulan miktarın talebi karşılamak için yeterli olmamasından doğan stok tükenmesi veya elde bulundurmama maliyeti, toplam maliyeti arttıracaktır. Talebin geç karşılanması

¹¹ ÖZTÜRK Ahmet, Yöneylem Araştırması, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, Bursa, 1989, s.205

durumunda işletme, talep fazlalığını karşılamak için gönderilen öncelikli malın tüm maliyetini yüklenir. Talep karşılanmadığında ise karşılaşılan maliyet, gelir maliyeti gibi incelenebilir¹². Bu ek maliyetler nedeniyle toplam maliyet,

$$\begin{aligned}
 TM &= \text{Satınalma Maliyeti} \\
 &+ \text{Sipariş Maliyeti} \\
 &+ \text{Elde Bulundurma Maliyeti} \\
 &+ \text{Elde Bulundurmama Maliyeti}
 \end{aligned}$$

olarak yazılabilir.

S elde bulunmayan miktarı göstermek üzere,

$$TM = c_1D + c_2 \frac{D}{Q} + c_3 \frac{(Q - S)^2}{2Q} + c_4 \frac{S^2}{2Q} \quad (17)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu durumda ekonomik sipariş miktarı modeli, stok tükenmesi durumunda sipariş modeli adını alır ve optimum sipariş miktarı

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_2D(c_3 + c_4)}{c_3c_4}} \quad (18)$$

eşittir.

Optimum elde bulundurmama miktarı, diğer bir deyişle elde bulunmayan mal için verilecek sipariş miktarı S^* ise,

$$S^* = \frac{c_3}{c_3 + c_4} Q^* \quad (19)$$

¹² HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.690

veya

$$S^* = \sqrt{\frac{2c_2c_3D}{c_4(c_3 + c_4)}} \quad (20)$$

ile bulunur.

Bir birimin satınalma fiyatı büyük parti mal alımlarında değişebilmektedir. Bu durumda ekonomik sipariş miktarı modeli, fiyat kırma durumunda sipariş modeli adını alır.

Satıcılar, büyük parti mal alımlarında birim fiyatlarda indirim yapabilirler. Birim satınalma fiyatı c_1 ile sipariş miktarı Q arasındaki ilişki sürekli değildir. Fiyat indirimiyle oluşan değişik birim fiyatlar nedeniyle birim satınalma fiyatı c_1 in değeri, belirli bir satınalma aralığında değişir. Büyük partilerle mal satınalma durumunda müşteri daha az satınalma ve sipariş maliyetleri ile yüksek elde bulundurma maliyetleri arasında bir denge arar¹³.

Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli'ni düşünelim. C_j ler farklı satınalma fiyatlarını göstermek üzere, planlama dönemindeki toplam maliyet,

$$TM_j = c_jD + c_2 \frac{D}{Q} + c_3 \frac{Q}{2} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (21)$$

dir¹⁴.

Fiyat indirimlerine göre her aralık için (12) bağıntısından yararlanarak Q^* belirlenir. Belirlenen bu Q^* lara aralık değerlerinin en yakın değerleri karşılık

¹³ HALAÇ Osman, Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 1983, s.301

¹⁴ HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.695

getirilerek en iyi Q^* lar bulunur. Bulunan ekonomik sipariş miktarlarından (Q^* lardan) hangisi toplam maliyeti minimum yapıyorsa çözüm o olacaktır¹⁵ .

2.2. Olasılıksal Envanter Modelleri

İşletme faaliyetlerinde, deterministik modellerdeki gibi kesin değerler çok azdır. (2.1. de belirtildiği gibi talep kesin olarak bilinmemektedir. Envanter problemlerinde planlama dönemi genellikle bir yıl olarak seçilmektedir. Talep her ay değişiklik göstermektedir. Tedarik süresi ise bazen sabit kalabilmekte bazen de değişebilmektedir. Envanter problemlerinde parametrelerin belirsiz olmasına yol açan etkenler,

1. Ülke ekonomisi
2. Talepte beklenmeyen değişimler
3. Hükümetin ithalat-ihracat, fiyat kontrolü ve diğer konulardaki politika ve kararları
4. Üretim programlarının uygulanmasında sapmalar
5. Bazı envanter kalemlerinin çok sayıda mamulde kullanılır olması
6. Envanter kontrolünde çalışan elemanların hataları

gibi sıralanabilir¹⁶ .

Bir kalem için talep, belirli bir periyotta yalnızca bir kez sipariş verilerek karşılandığında tek periyodlu olasılıksal envanter modeli oluşur. Bu model talebin ani veya düzgün olmasına göre farklılık gösterir. Talep olasılıksaldır. Bu nedenle formülasyonlarda talebin bir olasılık dağılımına göre bulunan olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılır. Envanter problemlerinde genellikle normal dağılım veya poisson dağılımı kullanılır.

¹⁵ ENDERSON David R., SWEENEY Dennis J., Thomas A.WILLIAMS, An Introduction to Management Science, West Publishing Company, St Paul, 1991, s.472.

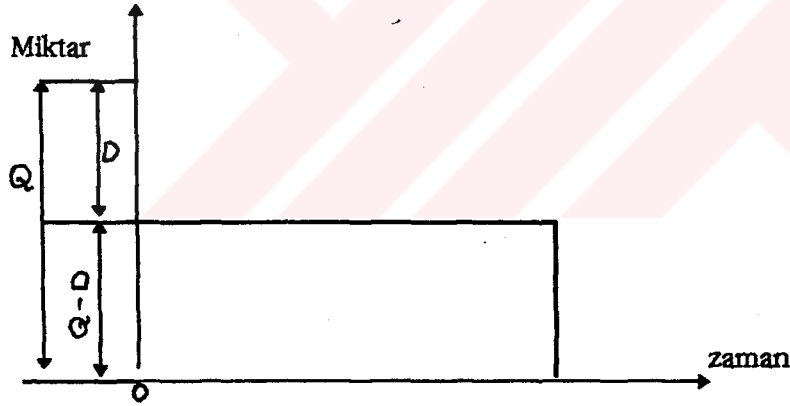
¹⁶ KOBU Bülent, Üretim Yönetimi, Aaş Basım ve İmalat Sanayi, İstanbul, 1982, s.255

Her birim için satınalma (veya üretim) maliyeti değişmez. Amaç, optimal envanter düzeyini belirlemek ve buna bağlı olarak envanter politikasını belirlemektir. Optimal envanter düzeyi, beklenen toplam envanter maliyetlerinin toplamının minimizasyonuna dayanarak bulunur¹⁷. Beklenen envanter maliyetlerinin toplamı,

$$\begin{aligned} E\{\text{Toplam Maliyet}\} &= \text{Satınalma Maliyeti} \\ &+ E\{\text{Elde bulundurma Maliyeti}\} \\ &+ E\{\text{Elde bulundurmama Maliyeti}\} \end{aligned}$$

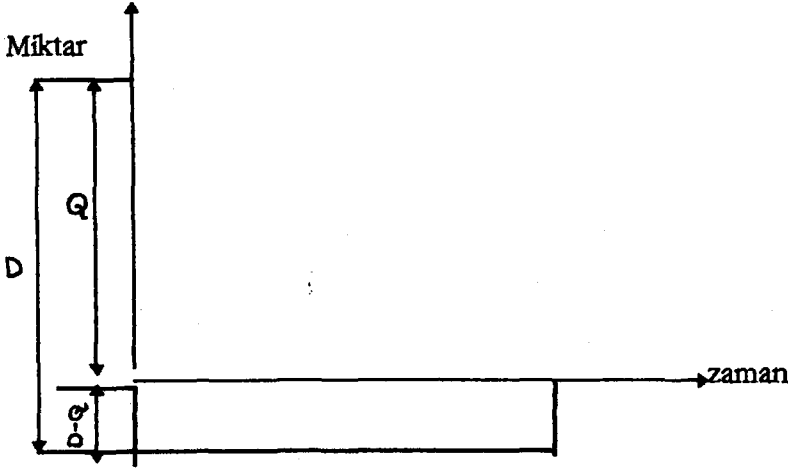
şeklinde ifade edilebilir.

Talebin ani olması durumunda, toplam talebin periyodun başında doldurulduğu kabul edilir. Böylece talep edilen miktar D 'ye bağlı olarak, talebin meydana gelmesinden sonra envanter fazla veya eksik olabilir. Bu iki durum Şekil-2.3a ve Şekil-2.3b de gösteriliyor.



Şekil-2.3a $D < Q$ olması durumu

¹⁷ HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald S., Introduction to Operations Research, Mc Graw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.708.



Şekil-2.3b $D > Q$ olması durumu

Q kadar sipariş verildikten sonra elde bulunan envanter genellikle,

$$I_m(Q) = \begin{cases} Q - D, & D < Q \\ 0, & D \geq Q \end{cases} \quad (23)$$

ile ve elde bulunmayan envanter ise,

$$S(Q) = \begin{cases} 0, & D < Q \\ D - Q, & D \geq Q \end{cases} \quad (24)$$

ile gösteriliyor¹⁸.

$f(D)$ talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak tanımlansın ve x , sipariş teslim alınmadan önce eldeki miktar, c_3 ve c_4 sırasıyla bir periyod için bir birimin elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri ve c_1 bir birimin satılma maliyeti olsun. Q 'nun sürekli olduğunu kabul edelim. Bir periyod için beklenen maliyet,

$$E = \{BTM(Q,D)\} = \text{Satılma maliyeti} + E\{\text{elde bulundurma maliyeti}\}$$

$$+ E\{\text{elde bulundurmama maliyeti}\}$$

¹⁸ TAHA Hamdy A., Operations Research An Introduction, Macmillan Publishing Company, New York, 1989, s.542

dir ve

$$E\{TM(Q, D)\} = c_1(Q - x) + c_3 \int_0^{\infty} I_m(Q, f(D)) dD + c_4 \int_0^{\infty} S(Q, f(D)) dD \quad (24)$$

$$= c_1(Q - x) + c_3 \left\{ \int_0^Q (Q - D) f(D) dD + 0 \right\} + c_4 \left\{ 0 + \int_Q^{\infty} (D - Q) f(D) dD \right\}$$

$$= c_1(Q - x) + c_3 \int_0^Q (Q - D) f(D) dD + c_4 \int_Q^{\infty} (D - Q) f(D) dD \quad (25)$$

şeklinde ifade edilebilir¹⁹.

Q'nun optimal değeri, $E\{TM(Q, D)\}$ nun Q'ya göre kısmi türevi alınıp sıfıra eşitlenerek bulunur:

$$\frac{\partial E\{TM(Q, D)\}}{\partial Q} = c_1 + c_3 \int_0^Q f(D) dD - c_4 \int_Q^{\infty} f(D) dD = 0 \quad (26)$$

$$\int_Q^{\infty} f(D) dD = 1 - \int_0^Q f(D) dD \quad (27)$$

eşitliğinden yararlanarak, (26)'dan

¹⁹ HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore,

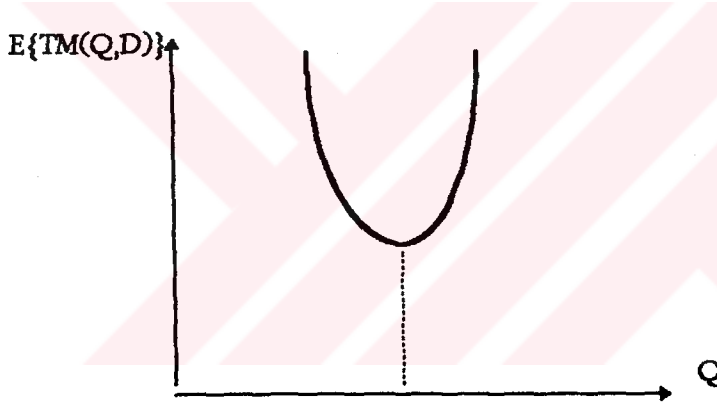
$$\int_0^{Q^*} f(D)dD = \frac{c_4 - c_1}{c_4 + c_3} \quad (28)$$

elde edilir.

Q^* 'ın değeri yalnızca $c_4 \geq c_1$ olduğunda tanımlıdır. Eğer $c_4 < c_1$ ise bu envanter sistemini tamamen bir yana bırakmak gibi yorumlanabilir.

$$\frac{\partial^2 E\{TM(Q, D)\}}{\partial Q^2} = (c_3 + c_4)f(Q^*) > 0 \quad (29)$$

Q^* 'ın minimum nokta olduğunu gösterir. Grafik olarak $E\{TM(Q, D)\}$ fonksiyonu Şekil-2.4'de görülmektedir.



Şekil-2.4

Q^* tektir ve $D \leq Q^*$ olasılığı

$$P = \frac{c_4 - c_1}{c_4 + c_3} \quad (c_4 > c_1) \quad (30)$$

e eşittir. Optimal sipariş politikası, aşağıdaki koşullara göre belirlenir:

- a) $Q^* > x$ ise $Q^* - x$ kadar sipariş verilir.
- b) $Q^* \leq x$ ise sipariş verilmez.

Talebin düzgün olması durumunda ise Q'nun sürekli bir değişken olduğu kabul edilirse, beklenen toplam maliyet

$$E\{TM(Q, D)\} = c_1(Q - x) + c_3 \left\{ \int_0^Q \left(Q - \frac{D}{2}\right) f(D) dD + \int_Q^\infty \frac{Q^2}{2D} f(D) dD \right\} + c_4 \int_Q^\infty \frac{(D - Q)^2}{2D} f(D) dD \quad (31)$$

ile ifade edilebilir. Q'ya göre kısmi türev alınıp sıfıra eşitlenecek olursa,

$$\int_0^{Q^*} f(D) dD + Q^* \int_{Q^*}^\infty \frac{f(D)}{D} dD = \frac{c_4 - c_1}{c_4 + c_3} = P \quad (32)$$

bulunur.

Periyod sayısı birden fazla olduğunda ise bu olasılıksal envanter modeli, çok periyodlu olasılıksal envanter modeli olarak değişir. Çok periyodlu olasılıksal envanter modeli ise aşağıdaki koşulların farklı kombinasyonları altında incelenir²⁰

1-Talepte yığılma olması veya olmaması

2-Anında veya gecikmeli teslim

Çok periyodlu olasılıksal envanter modelinin amacı, diğer envanter modellerinde de olduğu gibi optimal envanter düzeyini belirlemektir. Optimal envanert düzeyi maliyetin minimizasyonu ile belirlendiği gibi karın maksimizasyonu ile de belirlenebilir.

²⁰ TAHA Hamdy A., Operations Research An Introduction, Macmillan Publishing Company, NewYork, 1989, s.550

Çok periyodlu olasılıksal envanter modeli tek periyodlu olasılıksal envanter modelinden farklı olarak, iskonto edilen parasal değeri hesaplamayıda içine alabilir. Bir maliyetin kapsadığı iskonto unsuru ($0 < \alpha < 1$) ile ifade edilebilir²¹.

Çok periyodlu olasılıksal envanter modeli, talep dağılımının bütün modeller için sabit olduğu kabul edilerek geliştirilen modeldir. Sabit model, i periyodları göstermek üzere, talep yoğunluk fonksiyonu $f(D)$ yerine $f_i(D_i)$ yazılarak sabit olmayan model şeklinde geliştirilebilir.

Sonsuz periyodlu model, sonsuzluğa yönelen periyodlarda olduğu gibi limit alınarak sonlu durumdan türetilebilir.

Talep yığılması ve hemen teslim durumunda sonlu bir plan N periyodla sınırlandırılmış olsun.

Genel olarak kar,

$$\text{Kar} = (\text{Toplam gelir}) - (\text{Toplam maliyet})$$

tir. Çok periyodlu olasılıksal envanter modelinde ise kar şu şekilde yazılabilir:

$f_i(x_i) = x_i$, i nci periyodda verilen sipariştin önce elde bulunan miktar olmak üzere, $(i, i+1, \dots, N)$ periyodları için maksimum toplam beklenen karı,

r =birim geliri

c_1 =birim satılma fiyatı

c_3 =bir birim elde bulundurma maliyetini

c_4 =bir birimi elde bulundurmama maliyetini

Q_i = i 'inci periyodda verilen siparişi

D =talebi

α =iskonto oranını

$f(D)$ =talebin olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermek üzere,

²¹ HILLIER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, Mc Graw-Hill Publishing Company, Singapore, 1990, s.721

$$\begin{aligned}
f_i(x_i) &= \max_{Q_i \geq x_i} \left(-c_1(Q_i - x_i) + \int_0^{Q_i} [rD - c_3(Q_i - D)]f(D)dD \right. \\
&\quad \left. + \int_{Q_i}^{\infty} [rQ_i + \alpha r(D - Q_i) - c_4(D - Q_i)]f(D)dD \right. \\
&\quad \left. + \alpha \int_0^{Q_i} f_{i+1}(Q_i - D)f(D)dD \right)
\end{aligned} \tag{33}$$

$$(i = 1, 2, \dots, N \quad \text{ve} \quad f_{N+1}(Q_N - D) \equiv 0)$$

Karşılanamayan talebin yığılması durumunda x_i 'nin negatif olabileceğine dikkat edilmelidir. İkinci integraldeki $\alpha r(D - Q_i)$ miktarı, aşağıdaki nedenlerden dolayı kullanılmıştır: $\alpha r(D - Q_i)$ miktarı i inci periyotta karşılanmayan fakat $(i+1)$ inci periyotta karşılanması gereken talebi gösterir. Böylece kardan düşülen $\alpha r(D - Q_i)$ dir.

Yukarıdaki eşitlik, her periyod için x siparişten önceki envanter düzeyini ve Q siparişten sonraki envanter düzeyini göstermek üzere,

$$\begin{aligned}
f(x) &= \max_{Q \geq x} \left(-c_1(Q - x) + \int_0^Q [rD - c_3(Q - D)]f(D)dD \right. \\
&\quad \left. + \int_Q^{\infty} [rQ + \alpha r(D - Q) - c_4(D - Q)]f(D)dD \right. \\
&\quad \left. + \alpha \int_0^Q f(Q - D)f(D)dD \right)
\end{aligned} \tag{34}$$

eşitliği ile verilen sonsuz periyodlu bir model düşünülerek analiz edilebilir²². Sonsuz periyod durumu için optimal politika, tek kritik sayıdır. Böylece

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(x)}{\partial Q} &= -c_1 + c_3 \int_0^Q f(D)dD + \int_Q^{\infty} [(1 - \alpha)r + c_4]f(D)dD \\ &+ \alpha \int_0^{\infty} \frac{\partial F(Q - D)}{\partial Q} f(D)dD = 0 \end{aligned} \quad (35)$$

olur.

$$\frac{\partial F(Q - D)}{\partial Q} \quad (36)$$

nun değeri aşağıdaki gibi belirlenir: Bir sonraki periyod başladığında elimizde $\delta > 0$ birim varsa, bir sonraki periyod için kar, daha az sipariş verilmesi gerekeceğinden $c_1\delta$ kadar artar. Bu nedenle,

$$\frac{\partial F(Q - D)}{\partial Q} = -c_1 \quad (37)$$

olur. Bu eşitlik böylece

$$\begin{aligned} -c_1 + c_3 \int_0^Q f(D)dD + ((1 - \alpha)r + c_4)(1 - \int_0^Q f(D)dD) \\ + \alpha c_1 \int_0^{\infty} f(D)dD = 0 \end{aligned} \quad (38)$$

şekline gelir ve

²² TAHA Hamdy A., Operations Research An Introduction, Macmillan Pub. Com. New York, 1989, s.551

$$\int_0^{Q^*} f(D)dD = \frac{c_4 + (1 - \alpha)(r - c_1)}{c_4 + c_3 + (1 - \alpha)r} \quad (39)$$

olur²³.

Giriş envanterinin x olarak verildiği her periyod için optimal politika şu şekilde gerçekleşir:

$x < Q^* \Rightarrow (Q^* - x)$ kadar sipariş verilir.

$x \geq Q^* \Rightarrow$ Sipariş verilmez.

Sonlu modeldeki Q_i^* , i periyodu için optimal envanter düzeyini gösteriyorsa, aşağıdaki ilişki daima sağlanır²⁴.

$$Q_N^* \leq Q_{N-1}^* \leq \dots \leq Q_i^* \leq \dots \leq Q_1^* \leq Q^* \quad (40)$$

Buradaki Q^* , sonsuz modeldeki tek kritik değerdir. Q_i^* kritik değerlerinden hiçbirisi sonsuz modeldeki Q^* optimal değerini aşamaz.

Talepte yığılma ve teslimatta gecikme olması durumunda i inci periyoddan sonra k periyod olduğu ve periyodların $k \geq 1$ olması koşuluyla $i+k$ şeklinde olduğu kabul edilerek, siparişin i inci periyodun başında verildiği varsayılır. Aynı zamanda teslimattaki gecikmenin (k 'nın) bütün periyodlar için sabit olduğu varsayılır²⁵.

$(z, z_1, \dots, z_{k-1}), (i, i+1, \dots, i+k-1)$ periyodlarının başlangıcında ulaşan miktarlar olsun. x , i inci periyodda girişteki miktar olmak üzere, $Q = x + z$, i 'inci periyodun başlangıcındaki envanter miktarı olsun.

$f_i(Q, z_1, \dots, z_{k-1}), (Q, z_1, \dots, z_{k-1})$ in $(i, i+1, \dots, N)$ periyod için maksimum beklenen karın şimdiki değeri gibi tanımlanabilir.

²³ TAHA Hamdy A., Operations Reseach An Introduction, Macmillan Publishing Company, New York, 1989, s.551

²⁴ HILLIER Fredrick S, LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, Mc Graw- Hill Publishing Company, Singapire, 1990, s.724

²⁵ HILLIER Fredrick S, LIEBERMAN Gerald J., Introduction to Operations Research, Mc Graw- Hill Publishing Company, Singapire, 1990, s.724

$I(Q)$, i periyodu için beklenen gelir eksi elde bulundurma maliyeti ve gecikme maliyeti olmak üzere,

$$I(Q) = \int_0^Q [rD - c_3(Q - D)]f(D)dD + \int_Q^{\infty} [rQ + (\alpha r - c_4)(D - Q)]f(D)dD \quad (41)$$

olacak şekilde,

$$f_i(Q, z_1, \dots, z_{k-1}) = \max_{z_k \geq 0} \left\{ -c_1 z_k + I(Q) + \alpha \int_0^Q f_{i+1}(Q, z_1 - D, z_2, \dots, z_k) f(D) dD \right\} \\ (i = 1, 2, \dots, N) \quad (42)$$

olur²⁶.

Bu model için optimal politika, $(Q+z_1+\dots+z_k)$ açısından ifade edilebilir. Bu durum yalnızca sistemin boyutunun bire indirgenmesiyle mümkün olabilir.

C_k , sipariş maliyeti $c_1 z_k$ yı hesaba katmadan k periyod boyunca beklenen gelirin şimdiki değerini, D , i periyodu için talebi ve D_j , $i+j$ periyodu için talebi göstermek üzere,

$$C_k = I(Q) + \alpha E\{I(Q + z_1 - D)\} + \alpha^2 E\{I(Q + z_1 + z_2 - D - D_1)\} + \dots + \\ + \alpha^{k-1} E\left\{I\left(Q + \sum_{j=1}^{k-1} z_j - D - \sum_{j=1}^{k-2} D_j\right)\right\} \quad (43)$$

yazılabilir²⁷.

^{26,27} TAHA Hamdy A., Operations Research An Introduction, Macmillan Publishing Company, New York, 1989, s.553-554

Bütün talepler bağımsızdır ve herbiri aynı olasılık yoğunluk. fonksiyonu $f(D)$ ile dağılmışlardır. Tesadüfi değişken

$$S_m = D + D_1 + \dots + D_{m-1} \quad (m=2,3,\dots,k-1) \quad (44)$$

ve $f_m(S_m)$, S_m 'in olasılık yoğunluk fonksiyonu olsun.

$A_i(i+1, \dots, i+k-1)$ periyodları için beklenen geliri gösteren sabit,

$$u = Q + (z_1 + \dots + z_{k-1}) + z_k \quad (45)$$

ve

$$v = Q + (z_1 + \dots + z_{k-1}) = u - z_k \quad (46)$$

olmak üzere,

$$L_{k+1}(u) = \int_0^u [rs_{k+1} - c_3(u - s_{k+1})]f_{k+1}(s_{k+1})ds_{k+1} \quad (47)$$

$$+ \int_u^\infty [ru(ar - c_4)(s_{k+1} - u)]f_{k+1}(s_{k+1})ds_{k+1} - A]$$

dır.

$$\int_0^{u^*} f_{k+1}(s_{k+1})ds_{k+1} = \frac{c_4 + (1 - \alpha)(r - c_1\alpha^{-k})}{c_4 + c_3 + (1 - \alpha)r} \quad (48)$$

olup, buradaki optimal değer u^* tektir. Herhangi bir i periyodunda optimal politika

$$u^* \geq v \Rightarrow u^* - v \text{ kadar sipariş verilir,}$$

$$u^* < v \Rightarrow \text{sipariş verilmez.}$$

şeklindedir.

Yukarıda incelenen çok periyodlu envanter modelinin üçüncü hali ise talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumunun incelenmesiyle oluşan modeldir. Bu model aynı zamanda uygulama modeli olarak kullanılmıştır.

2.2.1. Talepte Yığılma Olmaksızın Hemen Teslim Durumunda Çok Periyodlu Olasılıksal Envanter Modeli

Bu modelde talep değişkendir; fakat talep yığılması sözkonusu değildir. Aynı zamanda tedarik süresinin sıfır olduğu kabul edilir.

Talep (D), envanter düzeyini (Q_i) aştığı zaman bir sonraki periyod $x_{i+1}=0$ ile başlayacağından talepte yığılma olması durumuna benzer. Bu, doldurulamayan bir başka deyişle karşılanamayan talebin kaybedildiği ve herhangi bir gelir elde edilemediği anlamına gelir.

Sonlu sayıdaki N periyodun talep yığılması olmaması durumundaki $f_i(x_i)$ eşitliği,

$$\begin{aligned} f_i(x_i) = \max_{Q_i \geq x_i} & \left[-c_1(Q_i - x_i) + \int_0^{Q_i} [rD - c_3(Q_i - D)]f(D)dD \right. \\ & + \int_{Q_i}^{\infty} [rQ_i - c_4(D - Q_i)]f(D)dD + \alpha \left[\int_0^{Q_i} f_{i+1}(Q_i - D)f(D)dD \right. \\ & \left. \left. + \int_{Q_i}^{\infty} f_{i+1}(0)f(D)dD \right] \right] \quad (i = 1, 2, \dots, N, f_{N+1} \equiv 0) \end{aligned} \quad (49)$$

ile ifade edilebilir²⁸.

²⁸ TAHA Hamdy A., Operations Reserch An Introduction, MacMillan Publishing Company, New York, 1989, s.552

Bu problemin çözümü, her periyod için sipariş miktarı Q nun farklı olması nedeniyle zordur; fakat yerini tutan sonsuz periyodlu model, tek kritik sayı olması sebebiyle daha kolay çözülür. Bu nedenle

$$f(x) = \max_{Q \geq x} \left(-c_1(Q - x) + \int_0^Q [rD - c_3(Q - D)]f(D)dD \right. \\ \left. + \int_Q^{\infty} [rQ - c_4(D - Q)]f(D)dD + \alpha \left[\int_0^Q f(Q - D)f(D)dD \right. \right. \\ \left. \left. + \int_Q^{\infty} f(0)f(D)dD \right] \right)$$

alınabilir. İstenilen çözüme ulaşabilmek için klasik optimizasyon teknikleri kullanılacağından Q ya göre kısmi türev alınıp sıfıra eşitlenirse,

$$\frac{\partial f(x)}{\partial Q} = 0 \quad (50)$$

$$-c_1 - c_3 \int_0^Q f(D)dD + (r + c_4) \int_Q^{\infty} f(D)dD + \alpha \int_0^Q \frac{\partial f(Q - D)}{\partial Q} f(D)dD = 0 \quad (51)$$

bulunur ve daha öncede açıklandığı gibi bir sonraki periyod başladığında elimizde bir miktar mal varsa, bir sonraki periyod için kar, düşünüldenden daha az sipariş verilmesi gerekeceğinden $c_1 x$ (eldeki miktar) kadar artacaktır ve

$$\frac{\partial f(Q - D)}{\partial Q} = c_1$$

olur. Bunu (51) ifadesinde yerine koyacak olursak,

$$-c_1 - c_3 \int_0^{\infty} f(D) dD + (r + c_4) \int_0^{\infty} f(D) dD + \alpha c_1 \int_0^{\infty} f(D) dD = 0 \quad (52)$$

elde edilir.

$$\int_0^{\infty} f(D) dD = 1 \quad (53)$$

olduğundan,

$$\int_0^{\infty} f(D) dD + \int_0^{\infty} f(D) dD = 1 \quad (54)$$

ve burdan

$$\int_0^{\infty} f(D) dD = 1 - \int_0^{\infty} f(D) dD \quad (55)$$

bulunur. Bu ifade (52) bağıntısında yerine konursa

$$-c_1 - c_3 \int_0^{\infty} f(D) dD + (r + c_4) \left[1 - \int_0^{\infty} f(D) dD \right] + \alpha c_1 \int_0^{\infty} f(D) dD = 0 \quad (56)$$

olur ve

$$(-c_3 - r - c_4 + \alpha c_1) \int_0^{\infty} f(D) dD = c_1 - r - c_4 \quad (57)$$

elde edilir ve buradan

$$\int_0^{\infty} f(D) dD = \frac{r + c_4 - c_1}{c_3 + r + c_4 - \alpha c_1} \quad (58)$$

bulunur.

Bu model içinde x başlangıçtaki envanteri göstermek üzere, optimal envanter politikası

$x < Q^* \Rightarrow Q^* - x$ kadar sipariş verilir

$x \geq Q^* \Rightarrow$ sipariş verilmez.

şeklinde belirlenir.



3.BÖLÜM

OLASILIKSAL ENVANTER MODELİNİN BİR HOTEL

İŞLETMESİNE UYGULAMASI

Uygulama için veri alınan otelde yapılan incelemeler sonucunda talebin belirsiz olduğu ve talepte yığılma olmadığı, siparişlerin hemen teslim alındığı ve tedarik süresinin sıfır olduğu belirlenmiştir. Ayrıca otelin anlaşmalı olduğu gıda firmaları % 5 iskonto uygulamaktadır. Edinilen bu bilgiler çerçevesinde uygulama için en uygun modelin talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumunda olasılıksal envanter modeli olduğu tespit edilmiştir.

3.1.Maliyetlerin ve Gelirin Hesaplanması.

Otelin yıllık toplam stok yatırımı 10.000.000.000 TL dir. Bu yatırıma karşılık yıllık toplam elde belirlenebilmesi maliyeti ise yıl boyunca ödenen elektrik faturaları, işçilere ödenen brüt ücretler toplamı olarak 1.752.481.008 TL bulunmuştur.

İncelenen kalemlerin her biri için bir yıl boyunca bir birimi elde bulundurma maliyetinin bulunabilmesi için bu kalemlerin yıllık stok yatırım tutarları bulunmuştur. Bulunan bu değerler tablo-11 de görülmektedir.

Tablo 11: İncelenen envanter kalemlerinin yıllık stok yatırım tutarları

Malın Cinsi	Yıllık stok Yatırım Tutarı
Un	473.548.250
Şeker	185.804.600
Pirinç	440.172.488
Tuz	43.014.774
Türk Kahvesi	49.231.775
Salça	80.753.600
Süt	709.694.125
Krema	1.406.197.760
Beyaz Peynir	460.884.644
Reçel	374.660.064

Tablo-11 deki değerler yardımıyla orantı kurularak her kalem için yıllık toplam elde bulundurma maliyeti bulunmuştur. Bulunan bu toplam elde bulundurma maliyeti yıllık toplam sipariş miktarına bölünerek bir birimi elde bulundurma maliyeti bulunur. Örneğin un için,

$$\begin{array}{r} 10.000.000.000 \qquad 1.752.481.008 \\ \\ 473.548.250 \qquad \qquad \qquad x \\ \hline x=82.988.432 \text{ TL.} \end{array}$$

Tablo-1 den bulunan toplam sipariş miktarı 50750 kg dır.

$$c_3 = \frac{82.988.432}{50750} = 1635 \text{ TL}$$

Diğer envanter kalemleri için benzer işlemler yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo-12 de gösterilmiştir.

İncelenen kalemlerin ortalama birim satış fiyatları ise KDV oranı %15 ve kar payı %30 olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$r = \left(\frac{\text{ortalama birim satınalma fiyatı} \times 100}{30} \right) \times (1,15)$$

Örneğin un için bu fiyat,

$$r = \left(\frac{9331 \times 100}{30} \right) \times (1,15) = 35769 \text{ TL.}$$

dır. Bütün kalemler için hesaplanan birim satış fiyatları Tablo-12 de gösterilmiştir.

Bir birimi elde bulundurma maliyeti olan (C_4) ise 150 TL. olarak kabul edilmiştir. (Bu değer otel yöneticileri ile birlikte belirlenmiştir)

Tablo 12: İncelenen envanter kalemlerinin ortalama satınalma fiyatları, satış fiyatları ve bir birimi elde bulundurma maliyetleri

Malın Cinsi	Ortalama Satınalma Fiyatı/birim	Ortalama Satış Fiyatı/birim	Bir birimi elde bulundurma maliyeti c_3
Un	9331	35769	1635
Şeker	15536	58845	2691
Pirinç	23516	90145	4121
Tuz	5907	21885	1035
Türk Kahvesi	228985	877775	40129
Salça	123100	471883	21573
Süt	17257	66152	3024
Krema	62420	239276	10939
Beyaz Peynir	57871	221839	10142
Reçel	7498	28742	1314

3.2. Talep Dağılımının Belirlenmesi

Talep dağılımının belirlenmesinde önce normal dağılıma uygun olup-olmadığını araştırdım. Bilindiği gibi normallik tetkikinde en basit teknik büyük sayılar kanunu doğrultusunda normal bir dağılıma sahip bir kütleden alınan örnekte değerlerin yaklaşık %67'si $X \pm \sigma$ aralığında, %95'i $X \pm 2\sigma$ ve %99.71'i $X \pm 3\sigma$ aralığında bulunur. Bu tekniğe göre gözlem değerlerimizin normal dağıldığı saptanmıştır. Daha hassas olan diğer teknik ise ki-kare testidir. Ancak veri yetersizliğinden bunu uygulayamadık. İlk tekniğe göre yaptığımız hesaplama sonucunda incelenen envanter kalemlerinin taleplerinin normal dağıldığını varsaydık.

Veri yetersizliğini düşünerek t-dağılımı kullandığımızda örneğin un için aradaki farklılık 0.028306 kadar olmaktadır. Bu karşılaştırmanın sonucuda normallik varsayımımızı desteklemektedir.

İncelenen envanter kalemlerinin taleplerinin ortalaması ve standart sapması Tablo-13 de görülmektedir.

Tablo 13: Taleplerinb ortalamaları, standart sapmaları ve sınır değerleri

Malın Cinsi	Taleplerin Ortalama (D)	Talebin Standart Sapması (σ_D)	Standart Normal Dağılıma göre sınır değeri (X)	t-Dağılımına göre sınır değeri
Un	4012,5	683,9474	0,5732863	0,5895138
Şeker	916,6667	270,1711	0,5718086	0,587925
Pirinç	1417,5	270,1197	0,5712178	0,5873565
Tuz	511,8333	76,0584	0,5474566	0,5626
Türk Kahvesi	15,8333	6,4079	0,569742	0,5858176
Salça	49,1667	14,1539	0,5700368	0,586125
Süt	3359,4170	622,9877	0,5715133	0,5876647
Krema	1690,5	353,5499	0,5703321	0,5864329
Beyaz Peynir	643,8333	133,8913	0,5703321	0,5864329
Reçel	3728,5	1291,6350	0,5738778	0,5901306

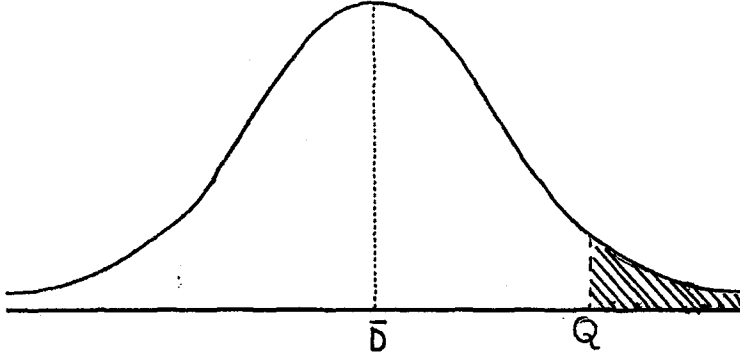
3.3. Ekonomik Sipariş Miktarının Bulunması

Önceki bölümde yaptığım normallik varsayımı doğrultusunda Monte Carlo benzetim yöntemiyle örneklem ortalaması, standart sapması ve normal dağılım simülatörü kullanarak 30 yıllık veri türettim. Her envanter kalemi için ayrı ayrı türetilen bu 30 yıllık verilerin ortalamaları ve standart sapmaları EK-2 de verilmiştir.

İncelenen envanter kalemleri için (3.1.)de hesaplanan maliyetler, gelirler ve %5 iskonto oranı kullanarak uygulama modelimiz olan talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumunda olasılıksal envanter modelinde yer alan

$$\int_0^{Q^*} f(D)dD = \frac{r + c_4 - c_1}{c_3 + r + c_4 - \alpha c_1}$$

formülü ile Q^* lar hesaplanmıştır.



Şekil-3.1. Normal Dağılım eğrisi

Bu hesaplamada eşliğin sağ tarafı Şekil-3.1. deki taralı kuyruk alanı olup örneğin un için bu değer

$$\int_0^{Q^*} f(D)dD = \frac{35769 + 150 - 9331}{1635 + 35769 + 150 - 46655} = 0,7169$$

dur. Benzer şekilde diğer envanter kalemleri için hesaplanan kuyruk alanı değerleri tablo-24'de gösterilmiştir

Tablo 24: Örnekleme için hesaplanan kuyruk alanı değerleri

Mahın Cinsi	† - Kuyruk alanı
Un	0,7169
Şeker	0,7164
Pirinç	0,7162
Tuz	0,7081
Türk Kahvesi	0,7157
Salça	0,7158
Süt	0,7163
Krema	0,7159
Beyaz Peynir	0,7159
Reçel	0,7171

Bulunan kuyruk alanı değerleri yardımı ile normal dağılıma göre sınır değerler hesaplanmış ve bunlar tablo-13'te gösterilmiştir. Örneklerin ortalaması, standart sapması ve normal dağılıma göre bulunan sınır değeri (x) kullanılarak

$$Q^* = x\sigma_D + D$$

formülü ile ekonomik sipariş miktarı hesaplanmıştır. İncelenen envanter kalemleri için bulunan ekonomik sipariş miktarları (Q^* lar) Tablo-25 te gösterilmiştir.

Tablo-25.rneklem için hesaplanan aylık ekonomik sipariş miktarları

Malın Cinsi	Ekonomik Sipariş Miktarı
Un	4404,59
şeker	1071,15
Pirinç	1571,79
Tuz	553,47
Türk Kahvesi	19,48
Salça	57,23
Süt	3715,46
Krema	1892,14
Beyaz Peynir	720,19
Reçel	4469,74

Monte Carlo benzetim yöntemiyle türetilen 30 yıllık veriler için de aynı yolla hesaplanan Q^* değerleri EK-2 de verilmiştir.

Örneklem ve Monte Carlo benzetim yöntemiyle türetilen 30 yıllık veriler için hesaplanan aylık ekonomik sipariş miktarlarına göre belirlenen değişim aralıkları, ekonomik sipariş miktarlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo-26 da verilmiştir.

Tablo 26: Ekonomik sipariş miktarlarının değişim aralıkları, ortalamaları ve standart sapmaları

Mahın Cinsi	Değişim Aralığı	Ortalama	Standart Sapma
Un	[3866,91 ; 4735,45]	4351,286	200,7641
Şeker	[8742,39 ; 1201,77]	1049,383	80,48261
Pirinç	[1359,71 ; 1702,36]	1549,129	80,97221
Tuz	[494,63 ; 589,83]	547,5616	22,12194
Türk Kahvesi	[14,45 ; 22,57]	18,97645	1,87538
Salça	[46,13 ; 64,07]	56,29711	4,113126
Süt	[3226,23 ; 4016,62]	3667,683	183,0375
Krema	[1614,70 ; 2062,96]	1864,288	103,4578
Beyaz Peynir	[615,13 ; 784,89]	709,6876	39,18506
Reçel	[3453,89 ; 5094,69]	4367,15	377,3833

SONUÇ

Bir hizmet işletmesi olan otel işletmesinde talebin deterministik olması imkansızdır. Dolayısıyla talep belirsizdir. Bu nedenle envanter kontrolü için yararlanılacak model olasılıksal envanter modelleri içinden seçilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda talebin belirsiz, tedarik süresinin sıfır ve anlaşmalı oldukları gıda firmalarının otele %5 iskonto hakkı tanımış olması nedeniyle otelin yapısına uygun modelin talepte yığılma olmaksızın hemen teslim durumundaki olasılıksal envanter modeli olduğu saptanmıştır. Otel yöneticilerinden alınan verilerle modelin parametrelerinin değerleri bulunmuştur. İncelenen envanter kalemlerinin talep dağılımının belirlenmesi için öncelikle normallik tetkiki yapılmıştır. Bu tetkik sonucunda talep dağılımının normal dağılıma uygunluk sağladığı tesbit edilmiştir.

Verilerin yetersiz olması nedeniyle Monte-Carlo benzetim yöntemi ile otuz yıllık veri türetilmiştir.

Modelin gözlem değerlerine uygulanması sonucunda normal dağılıma göre kuyruk alanları bulunmuş ve bu kuyruk alanları yardımı ile türetilen 30 yıllık veriler ve gözlem değerleri için aylık ekonomik sipariş miktarları hesaplanmıştır. Bulunan aylık ekonomik sipariş miktarları incelenerek değişim aralıkları tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak otel yöneticilerine aylık siparişlerini minimum değişim aralıklarının alt sınırları, maksimum değişim aralıklarının üst sınırları kadar verebilecekleri gibi aylık ekonomik sipariş miktarlarının ortalama değerleri kadar vermeleri önerilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- BULINSKAYA, E.V., "Inventory Control in Case of Unknown Demand Distribution", *Engineering Costs & Production Economics*, 19 (1990), p:301-306.
- ENDERSON, D.R., SWENEY D. J., WILLIAMS T.A., *An Introduction to Management Science*, West Publishing Company, St Paul, 1991.
- FARSAD, B., Le BRUTO S., "A measured approach to food- inventory management", *Cornell Hotel & Resturant Administration Quarterly*, 34 (1993), p:90-95.
- GALLAGHER, C.A., WATSON, H.J., *Quantitative Methods for Business Decisions*, McGraw-Hill International Book Company Tokyo, 1980.
- HADLEY, G., WHITIN, T.M., *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall, Inc.Engleweed Cliffs, N.J., 1963.
- HALAÇ, O., *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, Evrim Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1983.
- HILLER, F. S., LIEBERMAN, G. J., *Introduction to Operation Research*, Mc Graw-Hill Publishing Campany, Singapore, 1990.
- KOBU, B., *Üretim Yönetimi*, Alaş Basım ve İmalat Sanayi, İstanbul, 1982.
- MALONEY, B.M., KLEIN, C.M., "Constranied Multi-Item Inventory Systems: An Implicit Approach", *Computers & Operations Research*, 20 (1993), p:639-649.
- MOINZADEH, K., INGENE, C., "An Inventory Models of Immediate and Delayed Delivery", *Management Science*, 39 (1993) p:536-548.
- ÖZTÜRK, A., *Yöneylem Araştırması*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, Bursa, 1991.
- ROSLING K., "Optimal Inventory Policies for Assembly Systems Under Random Demands", *Operations Research*, 37 (1989), p:565-579.
- SONG, Jing-Sheng, ZIPKIN, P., "Inventory control in a fluctuating demand environment" , *Operations Research*, 41 (1993), p:351-370.
- SULEM, A., TAPIERO, C.S., "Supply Delays and The Inventory Stocking Policy", *International Journal of Production Economics*, 32 (1993), p:83-90.
- TAHA, H. A., *Operation Research An Introduction*, MacMillan Publishing Company, New York, 1989.
- URBAN, T.L., "An Inventory Model With An Inventory-Level-Dependent Demand Rate and Relaxed Terminal Conditions", *Journal of The Operational Research Society*, 43 (1992), p:721-724.

EK - I



Tablo 1:Un için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(kg)	Talep Miktarı(kg)
Ocak	4500	2900
Şubat	6000	3950
Mart	3000	3550
Nisan	3000	3950
Mayıs	4000	3550
Haziran	5000	4050
Temmuz	1000	3300
Ağustos	6250	4200
Eylül	3000	4250
Ekim	4000	4700
Kasım	4000	4200
Aralık	7000	5550

Tablo 2:Şeker için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (kg)	Talep Miktarı(D) (kg)
Ocak	1350	550
Şubat	750	950
Mart	750	875
Nisan	1250	750
Mayıs	1750	1625
Haziran	1000	850
Temmuz	-	800
Ağustos	750	750
Eylül	1000	950
Ekim	1500	750
Kasım	2000	1000
Aralık	-	1150

Tablo 3:Pirinç için aylıksipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (kg)	Talep Miktarı(D) (kg)
Ocak	1858	900
Şubat	1470	1365
Mart	1470	1419
Nisan	1250	1380
Mayıs	2220	1344
Haziran	1750	1933
Temmuz	750	1142
Ağustos	1600	1289
Eylül	1950	1479
Ekim	600	1492
Kasım	3800	1454
Aralık	-	1813

Tablo 4:Tuz için aylıksipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (1 paket 750gr)	Talep Miktarı(D) (1 paket 750 gr)
Ocak	1012	358
Şubat	600	575
Mart	600	485
Nisan	300	555
Mayıs	450	549
Haziran	600	605
Temmuz	450	461
Ağustos	420	415
Eylül	1050	585
Ekim	900	459
Kasım	-	529
Aralık	900	566

Tablo 5:Türk Kahvesi için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (kg)	Talep Miktarı(D) (kg)
Ocak	45	12
Şubat	40	17
Mart	-	10
Nisan	-	19
Mayıs	40	14
Haziran	-	13
Temmuz	-	8
Ağustos	20	33
Eylül	45	20
Ekim	-	16
Kasım	25	14
Aralık	-	14

Tablo 6:Salça için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (1 kutu 4550gr)	Talep Miktarı(D) (4550gr)
Ocak	98	37
Şubat	-	38
Mart	60	55
Nisan	60	52
Mayıs	78	59
Haziran	60	62
Temmuz	-	42
Ağustos	60	50
Eylül	30	51
Ekim	60	16
Kasım	60	68
Aralık	90	60

Tablo 7:Süt için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (1 kutu 1 litre)	Talep Miktarı(D) (1 kutu 1 litre)
Ocak	3013	2506
Şubat	3600	3425
Mart	3000	3090
Nisan	3312	3432
Mayıs	3960	3828
Haziran	4200	3532
Temmuz	1800	2270
Ağustos	4560	3168
Eylül	2880	3028
Ekim	2400	3567
Kasım	4800	3843
Aralık	3600	4624

Tablo 8:Krema için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (kg)	Talep Miktarı(D) (kg)
Ocak	1960	1236
Şubat	1080	1473
Mart	1320	1268
Nisan	1680	1614
Mayıs	2160	1693
Haziran	1560	1767
Temmuz	1440	1512
Ağustos	1488	1476
Eylül	2532	1907
Ekim	1020	1872
Kasım	3456	1932
Aralık	2832	2536

Tablo 9: Beyaz Peynir için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (kg)	Talep Miktarı(D) (kg)
Ocak	684	522
Şubat	630	540
Mart	615	594
Nisan	425	486
Mayıs	935	663
Haziran	425	646
Temmuz	680	734
Ağustos	510	458
Eylül	935	635
Ekim	595	901
Kasım	680	748
Aralık	850	799

Tablo 10:Reçel için aylık sipariş ve talep miktarları

AYLAR	Sipariş Miktarı(Q) (1 kutu 29 gr)	Talep Miktarı(D) (1 kutu 29 gr)
Ocak	8640	2880
Şubat	2880	4824
Mart	7344	2448
Nisan	792	2880
Mayıs	1368	3816
Haziran	7200	3744
Temmuz	-	2160
Ağustos	3024	3024
Eylül	3384	3540
Ekim	3744	5184
Kasım	6552	3528
Aralık	5040	6714



EK - II

Tablo-14:Aylık Un talebi için Monte Carlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	3990,01	528,0258	4292,71
2	4088,42	457,792	4350,86
3	3791,226	757,7376	4225,62
4	4308,677	656,1042	4684,81
5	3664,169	353,6547	3866,91
6	3808,47	779,5608	4255,38
7	3678,033	724,4266	4093,33
8	3996,02	602,2168	4341,26
9	3771,469	843,9266	4255,28
10	3960,765	578,2286	4252,25
11	3950,043	500,9181	4237,21
12	4172,733	688,6081	4567,50
13	4173,848	581,3051	4507,10
14	4041,816	820,271	4512,06
15	4163,53	541,7165	4474,08
16	4255,74	836,7756	4735,45
17	3970,196	705,211	4374,48
18	3664,462	915,4177	4189,25
19	4337,012	682,3137	4728,17
20	4068,481	837,8421	4548,80
21	4088,996	732,0619	4508,67
22	3987,701	8110,2054	4452,18
23	4013,87	651,4923	4387,36
24	3843,085	582,3626	4176,94
25	3889,35	510,652	4182,09

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	4064,766	570,045	4391,56
27	3780,612	625,6203	4139,27
28	3739,448	686,7767	4133,16
29	4052,179	785,2165	4502,33
30	3824,108	54,7364	4119,19



Tablo-15:Aylık Şeker talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	907,71168	208,5785	1026,98
2	946,6563	180,8344	1050,06
3	829,26	299,3182	1000,41
4	784,5496	286,1593	948,18
5	910,1819	237,8298	1046,17
6	821,4554	333,3643	1012,08
7	880,4296	228,4096	1011,04
8	1033,6623	259,1709	1181,86
9	779,0705	110,7301	842,39
10	836,0683	307,9414	1012,15
11	891,9951	204,7838	1009,09
12	979,9613	272,0115	1135,50
13	980,4019	228,8307	1111,24
14	928,2468	324,0209	1113,53
15	976,326	213,9852	1098,69
16	1012,77	330,5409	1201,77
17	899,95558	278,5703	1059,25
18	779,1863	361,6064	985,96
19	1044,854	269,5256	1198,97
20	938,7815	330,9602	1128,02
21	951,8841	288,8704	1117,06
22	906,8707	320,0447	1089,87
23	917,2077	257,349	1064,36
24	849,7449	230,0417	981,29
25	869,028	197,5367	981,98

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	920,2181	233,7123	1053,86
27	832,7037	243,0128	9711,66
28	811,0408	265,6689	962,95
29	932,0154	303,7478	1105,70
30	843,7908	199,1172	957,65



Tablo-16:Aylık Piriñç talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (S _D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	1408,552	208,5378	1527,67
2	1447,484	180,7986	1550,75
3	1330,11	299,2612	1501,05
4	1285,406	286,1039	1448,83
5	1410,991	237,8394	1546,85
6	1322,307	333,3007	1512,69
7	1381,27	228,3652	1511,71
8	1534,474	259,1192	1682,49
9	1279,93	139,6702	1359,71
10	1336,917	307,8824	1512,78
11	1392,833	197,8336	1505,83
12	1480,783	271,9601	1636,13
13	1481,223	229,5807	1612,36
14	1429,078	323,9588	1614,12
15	1477,148	213,9442	1599,35
16	1513,585	330,4782	1702,36
17	1400,792	278,5169	1559,88
18	1280,046	361,5344	1486,56
19	1545,663	269,4732	1699,59
20	1439,611	330,8971	1628,62
21	1447,711	289,1198	1612,86
22	1407,706	319,9829	1590,48
23	1418,041	257,2987	1565,02
24	1264,672	280,4345	1424,86
25	1369,871	197,499	1482,68

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	1437,714	220,4708	1563,65
27	1333,553	242,9652	1472,33
28	1278,561	344,9617	1475,60
29	1432,846	303,6889	1606,31
30	1343,805	200,1127	1458,11



Tablo-17:Aylık Tuz talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	509,3137	58,71958	541,46
2	520,2762	50,90868	548,14
3	487,2263	84,26521	533,36
4	474,6386	80,56025	518,74
5	510,001	66,97014	546,66
6	485,0292	93,85004	536,40
7	501,6317	64,30309	536,83
8	544,7703	72,96209	584,71
9	473,0969	39,3273	494,63
10	489,143	86,69274	536,60
11	504,8877	55,70509	535,38
12	529,6523	76,57706	571,57
13	529,7763	64,64387	565,16
14	515,0934	91,21958	565,03
15	528,6289	60,24185	561,60
16	538,8888	93,05479	589,83
17	507,1288	78,4239	550,06
18	473,1294	101,8	528,86
19	547,9211	75,87736	589,46
20	518,0592	93,17322	569,06
21	520,3402	81,40933	564,90
22	509,0756	90,09948	558,40
23	511,9856	72,45006	551,64
24	492,9933	64,76202	528,44
25	498,4219	55,61169	528,87

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	517,5252	62,07959	551,51
27	488,1958	68,41351	525,64
28	482,0972	74,79221	523,04
29	516,1544	85,51216	562,96
30	491,3171	56,05618	522



Tablo-18:Aylık Türk Kahvesi talebi için Monte Carlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	17,34497	5,446227	20,44
2	16,10796	7,685131	20,48
3	17,2483	5,075308	20,13
4	15,43695	6,607128	19,20
5	12,57254	8,576531	17,45
6	18,87365	6,392599	22,51
7	16,35782	7,849717	20,83
8	16,55	6,858656	20,45
9	15,60096	7,590815	19,92
10	15,84613	6,103806	19,32
11	14,24605	5,456129	17,35
12	15,62102	4,947065	18,43
13	16,5446	4,289027	18,98
14	13,76019	7,099236	17,80
15	12,69968	6,787126	16,56
16	15,6789	5,642157	18,89
17	13,57508	7,906738	18,07
18	14,97383	5,417424	18,06
19	18,6082	6,147022	22,11
20	12,56979	3,313342	14,45
21	13,92167	7,303753	18,08
22	15,24814	4,693118	17,92
23	17,33452	6,451569	21,01
24	14,70341	4,685179	17,37
25	16,31284	5,230092	19,29

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	13,84187	5,763779	17,12
27	13,32832	6,301274	16,91
28	16,197734	7,204287	20,30
29	14,10483	4,722665	16,79
30	18,11267	7,839746	22,57



Tablo-19:Aylık Salça talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	48,69782	10,92718	54,92
2	50,73783	9,473713	56,13
3	44,58756	15,68094	53,52
4	42,24541	14,99131	50,79
5	48,82566	12,46251	55,93
6	44,1787	17,46456	54,13
7	47,26828	11,96612	54,08
8	55,29597	13,57764	63,03
9	41,9582	7,318599	46,13
10	47,87494	10,36738	53,78
11	52,48263	14,25036	60,60
12	52,50571	12,02974	59,36
13	49,77337	16,97507	59,45
14	52,29218	11,21045	58,68
15	54,20145	17,31666	64,07
16	48,29124	14,59395	56,61
17	41,96427	18,94402	52,76
18	55,88228	14,12009	63,93
19	50,32527	17,33861	60,20
20	50,74975	15,14953	59,38
21	48,65349	16,76676	58,21
22	49,19505	13,48217	56,88
23	45,66075	12,0516	58,28
24	46,67097	10,3487	52,57
25	50,22591	11,55232	56,81

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	44,76798	12,73116	52,02
27	43,63309	13,91807	51,56
28	49,97081	15,91297	59,04
29	45,34882	10,43151	51,29
30	44,94424	16,13269	51,14



Tablo-20:Aylık Süt talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	3506,385	529,4928	3808,99
2	3386,287	746,9458	3813,18
3	3496,986	493,427	3778,98
4	3581,023	762,1954	4016,62
5	3320,883	642,3584	3687,99
6	3042,4	833,8254	3518,94
7	3655,255	621,2975	4010,34
8	3410,412	763,1616	3846,56
9	3429,095	666,8128	3810,18
10	3336,828	737,9948	3792,89
11	3360,665	593,4222	3699,81
12	3205,102	530,454	3508,26
13	3338,78	480,9616	3613,65
14	3428,569	416,984	3666,88
15	3157,866	690,1993	3552,32
16	3054,761	659,8562	3431,87
17	3344,406	548,5396	3657,90
18	3139,869	768,7071	3579,19
19	3275,858	526,6937	3576,87
20	3629,198	597,6226	3970,74
21	3042,133	322,1293	3226,23
22	3173,565	710,0847	3579,39
23	3302,526	456,2739	3563,29
24	3505,369	627,233	3863,84
25	3249,817	455,6985	3510,25

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	3406,038	508,4823	3696,64
27	3165,806	560,3655	3486,06
28	3115,854	612,6084	3465,97
29	3394,81	700,414	3795,10
30	3191,372	459,1459	3453,77



Tablo-21: Aylık Krema talebi için Monte Carlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	1510,439	182,8091	1614,70
2	1585,028	402,9771	1814,86
3	1658,214	258,9375	1805,89
4	1773,329	355,9588	1976,34
5	1668,632	364,5418	1876,54
6	1510,591	473,2022	1780,47
7	1858,249	352,7057	2059,40
8	1719,44	433,1009	1966,45
9	1730,043	378,4208	1945,86
10	1677,681	418,8159	1916,54
11	1691,208	336,7718	1883,27
12	1602,925	301,0368	1774,61
13	1681,981	311,3008	1859,52
14	1565,905	436,2468	1814,71
15	1643,079	298,9025	1813,55
16	1843,602	339,1557	2037,03
17	1678,788	272,9486	1834,45
18	1727,245	234,9178	1861,22
19	1576,118	391,6943	1799,51
20	1517,606	374,4735	1731,18
21	1773,905	300,4896	1945,28
22	1705,654	424,0198	1947,48
23	1768,571	280,026	1928,27
24	1816,263	432,5511	2062,96
25	1710,586	397,4903	1937,28

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q^*)
26	1595,133	26,5671	1743,74
27	1628,159	258,5006	1775,59
28	1716,958	288,5648	1881,53
29	1580,625	318,012	1761,99
30	1552,276	347,6589	1750,55



Tablo-22:Aylık Beyaz Peynir talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	658,8085	143,3098	740,54
2	638,9787	158,6076	729,43
3	644,1015	127,5372	716,84
4	610,6682	114,0042	675,68
5	635,5517	138,0541	714,28
6	575,7006	179,2044	677,90
7	707,3606	133,5716	783,54
8	654,793	164,0176	748,34
9	675,4193	113,7975	740,32
10	649,5722	160,5785	741,15
11	673,3994	106,0472	733,88
12	691,4605	163,8097	784,89
13	575,6433	69,23133	615,13
14	631,6066	98,06098	690,92
15	603,8902	152,6101	752,08
16	675,201	134,8038	707,84
17	640,6073	117,8911	690,87
18	596,6484	165,2093	690,43
19	625,8748	113,1962	773,06
20	701,814	128,4405	698,35
21	639,33979	103,3675	709,81
22	658,6956	89,61794	685,11
23	600,5162	148,3365	659,24
24	578,3573	141815	676,05
25	620,2245	97,8957	716,17

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (σ_D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	653,8531	109,2814	670,90
27	602,2228	120,4323	666,57
28	591,4871	131,6606	737,29
29	651,4399	150,532	663,99
30	607,7174	98,67872	687,53



Tablo-23:Aylık Rerçel talebi için Monte Corlo benzetim yöntemi ile türetilmiş 30 örnekten hesaplanan ortalamalar, standart sapmalar ve Ekonomik Sipariş miktarları

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (S _D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
1	3872,963	1382,493	466,34
2	3681,667	1530,074	4559,74
3	3731,087	1230,338	4437,04
4	3408,56	1099,785	4039,60
5	3648,609	1331,794	4412,77
6	3071,231	1728,764	4063,17
7	4341,341	1288,552	5080,69
8	3834,228	1582,258	4742,10
9	4033,207	1097,789	4663,10
10	3783,862	1549,085	4672,70
11	4013,72	1023,027	4600,72
12	4187,954	1580,257	5094,68
13	3070,678	667,8681	3453,89
14	3343,174	1472,212	4187,91
15	3610,55	945,9858	4153,34
16	4031,1	1300,437	4777,27
17	3697,378	1137,285	4349,93
18	3273,313	1593,754	4187,79
19	3555,257	1091,984	4181,82
20	4287,835	1239,048	4998,78
21	3685,712	997,1751	4257,87
22	3867,709	870,4006	4367,13
23	3310,624	1430,986	4131,70
24	3096,777	1368,005	3881,72
25	3500,748	944,3855	4042,62

Örnek	Ortalama Aylık Talep (D)	Aylık Talebin Standart Sapması (S _D)	Aylık Ekonomik Sipariş Miktarları(Q*)
26	3825,16	1054,226	4430,06
27	3327,088	1161,8	3993,71
28	3223,522	1270,114	3952,29
29	3801,88	1452,162	4635,11
30	3380,094	951,9441	3926,30

