

EKONOMİK SİPARİŞ VE ÜRETİM MİKTARI MODELLERİNDE YENİ AÇILIMLAR

NEW APPROACHES IN ECONOMIC ORDER AND PRODUCTION QUANTITY MODELS

Yrd.Doç.Dr.Harun SULAK*
Doç.Dr.Abdullah EROĞLU**

ÖZET

Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modelleri deterministik stok kontrol modelleri bağlamında oldukça yaygın kullanılan yöntemlerdir. Fakat, bu modellerde ele alınan varsayımların çoğu, gerçek hayatta geçerli olabilen değişik durumları dikkate almamaktadır. Bu çalışmada gerçek yaşamla daha tutarlı ve geçerli ekonomik koşulları dikkate alan yeni açılımlar ve modeller incelenmektedir.

ABSTRACT

Economic Order and Production Quantity Models are among the most widely used techniques in deterministic inventory control models. As a result of many unrealistic assumptions embedded in these models, some real life situations are not considered. In this study, many new approaches and models that are consistent with real life and consider current economic conditions are investigated.

Stok Kontrol Modelleri, Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli, Ekonomik Üretim Miktarı Modeli
Inventory Control Models, Economic Order Quantity Model, Economic Production Quantity Model

1. GİRİŞ

İşletmeler faaliyetlerini yürütmek, müşteri istek ve ihtiyaçlarına anında cevap vermek ve neticesinde de kâr elde edebilmek amacıyla belli bir miktar stok bulundurmaya zorundadır. Bütün stok kontrol problemlerinde amaç; toplam maliyeti minimum (veya kârı maksimum) yapacak şekilde, her bir üründen ne kadar sipariş edileceğinin ve bu siparişlerin ne zaman verileceğinin belirlenmesidir. (Gaither, 1992: 411) Üretim yapan işletmeler

* Süleyman Demirel Üniversitesi, MMF, Endüstri Mühendisliği Bölümü

** Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü

için düşünüldüğünde bu sorular, “Ne zaman üretime başlayalım?, Ne kadar süre üretelim? ve Ne miktarda üretelim?” şeklinde olacaktır.

Bu sorulara cevap bulmak için pek çok yöntem ve model geliştirilmiştir. Gözle kontrolden bilgisayarla çözülen karmaşık modellere kadar geniş bir yelpaze oluşturan bu yöntem ve teknikler farklı sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Stok kontrolü için geliştirilen bu yöntem ve teknikler içinde karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilmiş stok kontrol modelleri önemli bir yer tutmaktadır.

Stok kontrol modellerinin sınıflandırmasında temel belirleyici talep değişkenidir. Talebin yapısına göre yapılan sınıflandırmaya göre; stok kontrol modelleri, deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır.

Ayrıca, klasik ekonomik sipariş miktarı ve ekonomik üretim miktarı modellerindeki varsayımların gerçek hayattaki birçok problemin çözümünde yetersiz kalması nedeniyle, problem yapısına göre ilave varsayımlarla veya mevcut varsayımların gevşetilmesiyle pek çok yeni model geliştirilmiştir. (Eroğlu, 2003: 125) Yeni açılımlar olarak ele alınan bu modellerde çok ürün olması, miktar indirimi, stoksuzluğa izin verilmesi, farklı talep fonksiyonları olması, üretim hızının değişken olması, enflasyon ve öğrenme etkisi, kusurlu ürün durumu, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu gibi faktörler dikkate alınmaktadır.

2. STOK KONTROL MODELLERİ

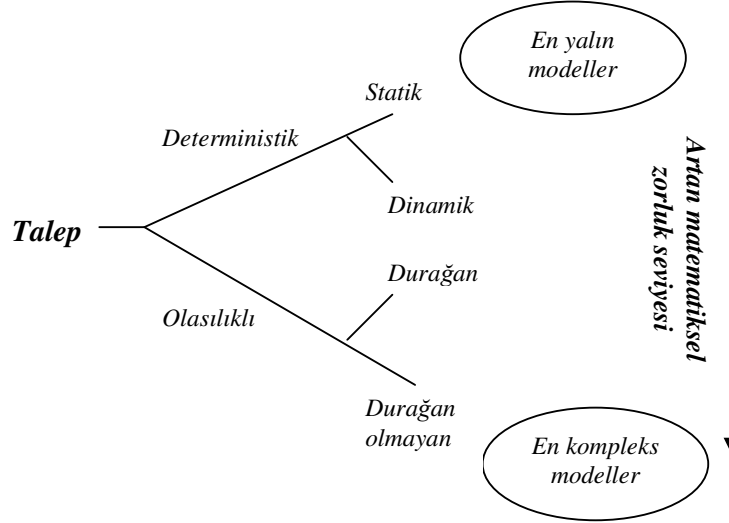
Stok kontrol modelleri genellikle talebin yapısına göre sınıflandırılmaktadır. Talebin yapısına göre yapılan stok kontrol modellerinin sınıflandırması Şekil 1’de verilmektedir.

Bu sınıflandırmaya göre; talep miktarının kesinlikle bilinmesi durumunda *deterministik modeller* ve talebin olasılıklı dağılıma uyması durumunda da *olasılıklı modellerden* söz edilmektedir.

Deterministik talebin, yani tüketim oranının, zamanla sabit olması durumunu ele alan modeller, *deterministik statik modeller* olarak bilinirken, talep oranının bir dönemden (periyottan) diğerine değişken olması durumunu ele alan modeller ise *deterministik dinamik modeller* olarak nitelenmektedir.

Olasılıklı talep durumunda ise; talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu zamanla değişmiyorsa *durağan modeller*, olasılık yoğunluk fonksiyonu zamanla değişiyorsa *durağan olmayan modeller* karşımıza çıkmaktadır. (Eroğlu, 2003: 5-6)

Şekil 1: Talebin Yapısına Göre Stok Kontrol Modellerinin Sınıflandırılması



Kaynak: Eroğlu, 2003: 6.

3. YENİ AÇILIMLAR

İşletmelerin üretim ve sipariş kararlarını belirlemede kullandıkları Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri 20. yüzyılın başından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu modeller pek çok zayıf yönleri de içinde barındırmaktadır. Bu modellerin en zayıf yönü ise gerçek hayatı tam yansıtmayan varsayımlarıdır. Bu varsayımlardan bazıları; talep ve üretim hızının sabit ve biliniyor olması, ürünlerde bozulma ve hatalı ürün olmaması, tek ürün olması, paranın zaman değeri, enflasyon ve öğrenme etkisinin ihmal edilmesi ve ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapılmasıdır.

Günümüz işletmeleri açısından bakıldığında bu varsayımlarla kurulacak modelin gerçek hayatı temsil etmekten çok uzak olduğu görülmektedir. Bu durumun sonucu olarak bu varsayımların gevşetilmesi veya yeni varsayımların eklenmesiyle gerçek hayatı temsil edebilecek durumlar altında Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri üzerinde çalışmalar yapılmış ve ortaya geniş bir literatür çıkmıştır.

Deterministik stok kontrol modellerindeki klasik varsayımlar ile bu varsayımların gevşetilmesi sonucu ortaya çıkan yeni açılımlar özet olarak Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modellerinin Temel Varsayımları ve Bu Modellere Getirilen Yeni Açılımlar

	TEMEL VARSAYIMLAR	YENİ AÇILIMLAR
1	Tek bir ürün söz konusudur.	Birden çok ürün için yeni modeller geliştirilmektedir.
2	Stoksuzluğa izin verilmemektedir.	Stoksuzluğa izin verilmektedir.
3	Stoktaki ürünlerde bozulma söz konusu değildir.	Stoktaki ürünler zamanla bozulmaktadır.
4	Talep miktarı sabittir, sürekli ve kesin olarak bilinmektedir.	Talebin değişken olduğu farklı talep fonksiyonları ele alınmaktadır.
5	Miktar indirimi yapılmamaktadır.	Miktar indirimi yapılmaktadır.
6	Üretim hızı sabittir.	Üretim hızı değişkendir.
7	Paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi dikkate alınmamaktadır.	Paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi dikkate alınmaktadır.
8	Öğrenme etkisi modellere dahil edilmemektedir.	Öğrenme etkisi modellerde içerilmektedir.
9	Ödemelerde gecikmeye izin verilmemektedir.	Ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmektedir.
10	Sipariş sonucu gelen veya üretilen mallar kusursuz ve hatasızdır.	Sipariş sonucu gelen veya üretilen mallar belli bir oranda kusurlu ürün içermektedir.

Bütün yeni açılımlar ve yaklaşımlar bu tablodakilerden ibaret olmamakla beraber esas bakımından temel teşkil eden bu açılımlara ilişkin ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

3.1. Çok Ürün Olması

Birçok stok kontrol modeli sadece tek bir ürün için stok politikasının belirlenmesi problemi ile ilgilenmektedir. Kullanımı ve uygulanması açısından en yaygın ve sade olan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleri bu temel varsayımla hareket etmektedir.

Halbuki gerçek hayatta pek çok işletme yüzlerce hatta binlerce ürün ile ilgili kararlar almaktadır. Bu durumda her bir ürün için ayrı bir model geliştirip bunları bir araya getirerek bir stok politikası izlemek oldukça zor hatta imkânsızdır. Bu nedenle birden çok ürün için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlardan ilki *kaynak kısıtlı modellerdir*. Bir diğer yaklaşım olarak ürünlerin gruplandırılarak ya da genel bir toplulaştırması yapılarak stok kontrol politikasının belirlenmesidir. (Nahmias, 1997: 242)

Kaynak kısıtı altında çok ürünlü stok kontrol modellerinde stok problemi, kısıtlı optimizasyon modeli olarak ele alınmakta ve Lagrange çarpanı yöntemi kullanılarak çözülmektedir. Bu problemlerde hammadde kısıtı, depo yeri kısıtı, makine ve işgücü kapasitesi ve stok yatırımları, kaynak

kısıtı olarak ele alınmaktadır. Pek çok uygulamada bir ya da iki kısıt altında bu modeller kullanılmaktadır. (Siper ve Bulfin, 1997: 234)

Tek kısıt altında çok ürünli stok kontrol problemlerinin çözümü için Rosenblatt ve Rothblum (1990), Maloney ve Klein (1993) ile Ziegler (1982)'in çalışmalarına bakılabilir. Haksever ve Moussourakis (2005) ve Bretthauer vd. (2006) ise çok kısıtlı ve çok ürünli stok kontrol modellerinin genel çözümü için bir algoritma geliştirmişlerdir.

Ürünlerin gruplandırılarak kontrol edilmesi yaklaşımında en yaygın kullanılan yöntem ise ABC yöntemidir. Bu yöntemle stok kalemleri içinde değer bakımından yüksek paya sahip az bir kısım daha fazla önemli olarak belirlenmekte ve daha fazla kontrol edilmektedir. Öte yandan stok kalemlerinin çoğunluğunu oluşturan buna karşın stok değerinin çok azını içinde barındıran azınlık ise daha az önem arz etmektedir. Bu şekilde ürünlerin gruplara ayrılmasının temel amacı, her bir ürün için önem derecesinin belirlenmesidir. Böylece işletmeler hem zamandan hem maliyetten tasarruf ederek stok kontrol işlevlerini ürünleri tek tek kontrol etmekten daha düşük maliyetle yerine getirebilmektedir. (Chase ve Aquilano, 1981: 490)

3.2. Stoksuzluğa İzin Verilmesi

Klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde stoksuzluğa izin verilmemektedir. Gerçekte ise çoğu durumda talepler zamanında karşılanamamakta ve stoksuzluğa düşülmektedir. Stoksuzluk durumunun iki uç sonucu vardır. Bunlar: karşılanamayan bütün talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi veya talebin hiç karşılanmaması sonucu satış kaybıdır. Uygulamada ise bu iki uç durum ve bunların bir kombinasyonu olarak, stoksuzluk durumunda bir kısım talep ileride karşılanmak üzere ertelenirken bazı müşteriler ise kaybedilmektedir. (Silver vd., 1998: 234; Demir ve Gümüšoğlu, 1998: 600) Bu durum literatürde *kısmi stoksuzluk* veya *kısmi erteleme* şeklinde ele alınmaktadır.

Stoksuzluk durumunu ele alan çalışmalar incelendiğinde; tam erteleme durumunu ele alan modellere örnek olarak; Elsayed ve Teresi (1983), Grubström ve Erdem (1999), Cardenas-Barron (2001) ve Eroğlu ve Özdemir (2007) çalışmaları verilebilir. Kısmi erteleme durumu ise Abad (2001), Wee (1999), Skouri ve Papachristos (2002), Giri vd. (2005), San Jose vd. (2005) ve Dye (2007) çalışmalarında ele alınmıştır. Satış kaybı konusu ise Sandbothe ve Thompson'un (1990; 1993) iki ayrı çalışmasında ele alınmaktadır. Padmanabhan ve Vrat (1990) ve Abad (2000; 2003) ise stoksuzluk ve satış kaybı konusunu beraber ele almışlardır.

Sonucu ne şekilde olursa olsun stok bulundurmamanın bir maliyeti vardır ve satış kaybı, müşteri kaybı ve prestij kaybı gibi unsurlar bu maliyet kalemleri arasındadır. Uygulamada bu maliyetlerin hesaplanması oldukça zor ve boyutları da kestirilemediğinden çoğu işletme stoksuzluk durumuna düşmemeyi tercih etmektedir. Bu noktada işletmeler, hatalı ürün çıkması, talep tahminlerindeki hatalar, dağıtımdaki aksaklıklar ve diğer beklenmedik nedenlerle stoksuzluğa düşmemek için emniyet stoku denilen bir miktar stok

bulundurmaktadır. Böylece bu işletmeler belli bir stok bulundurma maliyetine katlanarak tam olarak belirleyemedikleri ve beklemedikleri stoksuzluk maliyetinden kurtulmaktadırlar. (Waters, 1989: 77)

Fakat stok bulundurma maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu durumlarda stoksuzluğa izin vermek bir politika tercihi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda isteyerek stoksuzluğa düşmek “planlanan stoksuzluk” olarak adlandırılmakta ve bir politika tercihi olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada ele alınan yeni açılımlarda stoksuzluğa izin verilmesi durumu böyle bir politika tercihinin sonucudur. Halbuki talep, arz ve tedarik süresi gibi temel değişkenlerdeki belirsizlikten kaynaklanan ve istenmediği halde gerçekleşen stoksuzluk durumu planlanan stoksuzluktan farklıdır. Gerçek hayatta çok karşılaşılan bu beklenmedik durum karşısında işletmeler ellerinde bir miktar emniyet stoku bulundurmak suretiyle bu tür stoksuzluğun getireceği maliyetlerden kaçınmak istemektedirler. (Planlanan stoksuzluk durumu ve ayrıntıları için Bkz: Zipkin, 2000: 39-50) Örneğin, otomobil satıcıları için müşterinin her istediği otomobilin elde bulundurulması mümkün olmayacağından bazı talepler ileride karşılanmak üzere ertelenebilmektedir.

Stoksuzluk durumunu ele alan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde toplam maliyet stoksuzluk maliyetini de içermektedir. Ayrıca model, stoksuzluk durumunda müşterinin talebini geri çekmeyip bir sonraki siparişin gelmesini beklediğini de varsaymaktadır. Bu durumda karşılanamayan bütün talep bir sonraki dönemin başında karşılanmakta ve satış kaybı söz konusu olmamaktadır. (Evans, 1993: 467-468)

Stoksuzluğa izin verilmesi durumunda bir çevrim süresi iki safhadan oluşmaktadır. İlk safhada talep normal olarak eldeki stoklardan sağlanmakta ve bu süre sonunda eldeki stok tükenmektedir. İkinci safhada ise oluşan talep bir sonraki siparişle karşılanmak üzere ertelenmektedir. Bir sonraki sipariş geldiğinde, öncelikle bir önceki dönemden stoksuzluk nedeniyle ertelenen talep karşılanmakta kalan miktar ise maksimum stok miktarı olarak o dönemde oluşan talebin karşılanmasında kullanılmaktadır.

3.3. Stoktaki Ürünün Zaman İçinde Bozulması

Klasik stok kontrol modelleri malların gelecekteki talepleri karşılamak üzere bozulmadan saklanabildiğini varsaymaktadır. Halbuki bazı mal çeşitleri zamanla bozulabilmekte veya modası geçerek kullanım dışı kalabilmektedir. Örneğin, dayanım ömrü kısa olan meyve ve sebzeler, et, parfüm, alkol, gaz, fotoğraf filmleri gibi mallar normal raf ömürleri içinde bozulabilen mallardır. Bu nedenle *-bozulma oranı yeterince küçük değilse-* bozulma durumunun ekonomik sipariş miktarı modelleri üzerindeki etkisi de önemli olacaktır. Dolayısıyla bu durumun da stok kontrol modellerinde içerilmesi gerekmektedir. (Goyal ve Giri, 2001: 1)

Bozulma durumunu ele alan modellerde stoklanan mallar, modası geçme (*obsolescence*), bozulma (*deterioration*) ve bunlar dışındakiler olmak üzere üç ana kategori altında toplanmaktadır. *Modası geçme* durumu; bir ürün için teknolojiye hızlı değişimler veya yeni ürünün piyasaya girmesi

sonucu değerini yitirmesi şeklinde görülürken, *bozulma durumu*; ürünün hasar görmesi, çürümesi, kuruması ve buharlaşması şeklinde olmaktadır. Bu bozulan ürünler içinde yeşil sebze, kan, fotoğraf filmi gibi malların maksimum kullanım ömrü olup bu mallara *kolay bozulur (perishable)* mallar denilmektedir. Alkol, gaz ve radyoaktif gibi malların ise belli bir raf ömrü olmayıp bu mallara zamanla miktarları azaldığı için *azalan (decaying) mallar* denilmektedir. Raf ömrü belirsiz olan mallar ise bozulma ve modası geçme dışındaki gruba girmektedir. (Goyal ve Giri, 2001: 1-2)

Modası geçen ürünler için tekrar sipariş durumu olmadığı için bu mallar için çok fazla stok kontrol modeli geliştirilmemiştir. Bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak Cobbaert ve Oudheusden (1996) ile Beek vd. (1985)'nin çalışmalarına bakılabilir.

Bozulan ürünler için stok kontrol problemleri ile ilgili olarak ise farklı durumlar altında oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar Nahmias (1982), Raafat (1991) ile Goyal ve Giri (2001)'nin çalışmalarında topluca ele alınmıştır.

3.4. Farklı Talep Fonksiyonları Olması

Stok kontrol modellerinde temel belirleyici değişken olan talebin farklı fonksiyonları altında geliştirilen pek çok model vardır. Klasik modellerde talep miktarı kesin olarak bilinmektedir, bütün periyotlarda sabit ve süreklidir. Uygulamada ise talep fonksiyonu değişken, kesikli ve olasılıklı olabilmektedir.

Stok kontrol modellerinde talep zamana bağlı olarak değerler alan bir değişkendir ve bu yönüyle bir zaman serisi özelliği göstermektedir. Dolayısıyla bir zaman serisinde bulunan düzey, eğilim, mevsimsellik, devresel hareketler ve tesadüfi değişme gibi unsurlar talep için de geçerlidir ve talebin bir periyottan diğerine değişken ve olasılıklı olmasının nedenleri arasındadır. (Gaither, 1992: 74) Diğer taraftan, Malzeme İhtiyaç Planlamasında olduğu gibi hammadde ve yarı mamul talebinin nihai mal talebine bağlı olduğu durumlarda talep kesikli bir yapıya sahiptir.

Talebin kesikli ve olasılıklı olması durumu çalışma kapsamında olmadığı için burada sadece talebin sürekli olduğu zaman değişken olması durumu ele alınmaktadır.

Talebin yapısı gereği değişken olmasının bir sonucu olarak (*talebin sabit olduğu varsayımının gevşetilmesiyle*) farklı talep fonksiyonları altında pek çok deterministik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller genel olarak üç başlık altında toplanabilir. (Karaöz, 2003: 101-102) Bunlar:

- Talebin malın satış fiyatına bağlı olduğunu varsayan modeller
- Talebin zamana bağlı olduğunu varsayan modeller
- Talebin stok seviyesine bağlı olduğunu varsayan modeller

Bunlar dışında talebin birden fazla değişkene bağlı olduğu karma modelleri ele alan pek çok çalışma da bulunmaktadır. Şimdi farklı talep fonksiyonları altında geliştirilen bu modellere kısaca değinilecektir.

3.4.1. Talebin Malın Satış Fiyatının Fonksiyonu Olması

Talebin malın satış fiyatına bağlı olduğu varsayımı altında yapılan çalışmalarda belli miktarın üzerinde sipariş verme durumunda satıcının fiyat indirimine gitmesi konusu ele alınmış ve düşük fiyatın müşterilerin sipariş miktarını artırdığı görülmüştür.

Talep miktarının malın satış fiyatının fonksiyonu olduğunu ele alan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerine örnek olarak; Wee (1997), Wee ve Law (2001), Chen ve Chu (2001), Mondal vd. (2003), You (2006), Dye vd. (2007)'nin çalışmalarına bakılabilir.

3.4.2. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması

Bir mala olan talebin zaman serisi özelliği göstermesi nedeniyle zamanla değişmesi durumu pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bu değişimin kaynağı ne olursa olsun talebin dolaylı olarak zamanın bir fonksiyonu olarak ele alınması sonucu farklı stok modelleri geliştirilmiştir.

Bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak Wee (1995), Teng (1996), Hariga (1995a, b), Giri vd. (2000), Sana ve Chaudhuri (2000), Khanra ve Chaudhuri (2003)'nin çalışmaları verilebilir.

3.4.3. Talebin Stok Seviyesinin Fonksiyonu Olması

Bazı durumlarda talep stok seviyesinin bir fonksiyonu olarak da ele alınmaktadır. Özellikle müşterinin görmesi için sergilenen mal miktarı ve çeşidinin veya süpermarketlerde raflardaki malların çok olmasının müşterinin alım tercihini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Bu durum, Levin vd. (1972, s. 373) tarafından “stokların bir işlevinin de insanları daha çok almaya motive edici olması” şeklinde ifade edilmektedir.

Talebin stok seviyesine bağlı olduğu durum için geliştirilen stok modelleri arasında Bhunia ve Maiti (1998), Giri ve Chaudhuri (1998), Chung vd. (2000), Chung (2003), Zhou ve Yang (2005), Urban (2005)'nin çalışmaları sayılabilir.

Yukarıda ele alınan üç durum dışında talebin birden fazla değişkenin fonksiyonu olduğu durum için geliştirilen modellere örnek olarak şu çalışmalara bakılabilir: Urban ve Baker (1997), Data ve Pal (2001), Teng ve Chang (2005), You (2005), You ve Hsieh (2007).

Sana ve Chaudhuri (2008) ise yaptıkları çalışmalarında bu zamana kadar yapılan ve farklı talep fonksiyonlarını içeren çalışmaları ele almışlardır. Ayrıca çalışmada geliştirilen modelde farklı talep fonksiyonları olarak sabit, zamanla doğrusal, kuadratik ve üssel olarak değişen, stok seviyesine bağlı, satış fiyatına bağlı ve hem satış fiyatına hem stok seviyesine bağlı talep altında deterministik ekonomik sipariş miktarı modeli ele alınmakta ve analiz

edilmektedir. Bu yönüyle bu çalışma farklı talep fonksiyonları durumunu ele alan çalışmaların en genel halidir.

3.5. Miktar İndirimi

Klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde birim değişken veya satın alma maliyetinin sipariş miktarından bağımsız olarak sabit olduğu varsayılmaktadır. Halbuki büyük miktarda sipariş verildiği zaman tedarikçi (satıcı) fiyat indirimine gidebilmektedir. Asıl olan fiyat indirimi olmakla birlikte fiyat indirimine sebep ise belli miktarın üzerinde sipariş verilmesidir. Dolayısıyla miktar indiriminden kasıt belli miktarın üzerinde alım yapma durumunda fiyat indirimine gidileceğidir. Bu fiyat indirimi iki farklı şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki, belli bir miktarın üzerinde sipariş veren alıcılar için bu miktara kadar normal fiyat ve bu miktardan sonra ise daha düşük fiyat uygulamasıdır. İkinci durumda ise belli miktarın üzerinde sipariş veren alıcıya tüm ürünlerin daha düşük fiyattan verilmesidir. (Zipkin, 2000: 55-57)

Fiyat indiriminin stok kontrol modellerindeki en önemli ve beklenen etkisi sipariş miktarını artırmasıdır. Tedarikçinin böyle bir alternatif sunmasının sebebi de artan sipariş miktarı sonucu ölçek ekonomilerinin getirdiği avantajdan yararlanmaktır. Böylece fiyat indirimi ile yeni müşteriler için cazip bir fırsat sunulurken mevcut müşterilerin de bir seferde daha fazla sipariş vermesi teşvik edilmektedir. Fiyat indirimi konusu ödemelerde gecikmeye izin verilmesi politikası gibi alternatiflerle karşılaştırılarak pek çok çalışmada ele alınmasına rağmen uygulamada fiyat indirimine gitmenin gerçek nedenleri üzerinde bir görüş birliğine varılmamıştır. (Zipkin, 2000: 58)

Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında Kim ve Hwang (1988), Abad (1988), Hwang vd. (1990), Burwell vd. (1991), Tersine ve Barman (1991) geleneksel fiyat ve miktar indirimi konusunu ele almışlardır. Daha sonraları ödemelerde gecikmeye izin verilmesi politikası miktar indirimine alternatif bir yaklaşım olarak ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Arcelus vd. (2003; 2001), Sheen ve Tsao (2007), Sana ve Chaudhuri (2008) çalışmalarında fiyat indirimi ile ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu birlikte ele alınarak karşılaştırılmaktadır.

3.6. Üretim Hızının Değişken Olması

Klasik modellerde özellikle ekonomik üretim miktarı modellerinde dönem içindeki birim üretim hızının sabit olduğu varsayılmaktadır. Gerçek hayatı tam olarak yansıtmadığından bu varsayımın gevşetilmesiyle üretim hızının değişken olabileceği gerçeğinden hareketle pek çok yeni model geliştirilmiştir. Bu modellerde üretim hızının öğrenme ile, zaman içinde, stok seviyesine ve talebe bağlı olarak değiştiği kabul edilmektedir. (Karaöz, 2003: 98)

Stok kontrol modelleri üzerine yapılan bu çalışmalar incelendiğinde üretim hızının zamana bağlı olduğu durum Balkhi ve Benkherouf (1996), Balkhi (1999), Goyal ve Giri (2003) çalışmalarında ele alınmıştır.

Chowdhury ve Sarker (2001), Sharma (2006; 2004) ve Silver (1995) çalışmalarında, üretimin talebe bağlı olarak değiştiği durumu incelemiştir. Bhunia ve Maiti (1998; 1999), Kar vd. (2001) ve Su ve Lin (2001) ise üretim hızının taleple birlikte eldeki stok seviyesine de bağlı olduğu durum için ekonomik üretim miktarı modelleri geliştirmişlerdir.

Öğrenmenin üretim hızı üzerindeki etkileri de pek çok çalışmada ele alınmıştır. (Jaber ve Bonney, 1999; 2003; Alamri ve Balkhi, 2007) Bu çalışmalarda üretimde öğrenme nedeniyle zaman içinde birim üretim maliyetlerinin azalacağı kabul edilmekte dolayısıyla öğrenmenin kaçınılmaz olduğu ve bu nedenle birim üretim hızının öğrenme etkisi nedeniyle sabit olamayacağı vurgulanmaktadır.

3.7. Paranın Zaman Değeri ve Enflasyon Etkisi

Klasik stok kontrol modellerinde enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri dikkate alınmamaktadır. Bunun nedeni olarak da enflasyonun maliyet ve fiyatlar üzerindeki etkisinin çok fazla olmadığına inanılmasıdır. (Ray ve Chaudhuri, 1997: 171) Halbuki özellikle ülkemizde ve Asya, Rusya, Güney Amerika'da yaşanan finansal krizler sonucu pek çok ülkenin yüksek enflasyondan etkilenmesi ve bu ülkelerde paranın alım gücünün düşmesi, enflasyon ve paranın zaman değeri etkilerinin stok kontrol modellerinde ele alınmasına ve bu konuda çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. (Chung ve Lin, 2001: 68)

Ekonomik sipariş miktarı modelleri üzerinde enflasyonun etkileri ilk olarak Buzacott (1975) ve Misra (1975; 1979) tarafından ele alınmıştır. Daha sonraları pek çok araştırmacı bu çalışmalardan hareketle paranın zaman değeri, farklı enflasyon oranları, sonlu tedarik durumu, bozulma ve stoksuzluk gibi farklı durumlar altında ele alarak pek çok yeni model geliştirmişlerdir. Bu çalışmalar içinde Sarker ve Pan (1994), Hariga ve Ben-Daya (1996), Moon ve Lee (2000), Moon vd. (2005), Hou (2006) çalışmalarına bakılabilir.

Yapılan çalışmalarda gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerinin bulunmasında kullanılan *net şimdiki değer (net present value)* ve *iskonto edilmiş nakit akışı (discounted cash flow)* gibi yaklaşımları kullanılarak maliyet ve fiyat unsurları faiz ve enflasyon etkilerinden arındırılmaktadır. (Eroğlu 2002: 31)

3.8. Öğrenme Etkisi

Klasik stok kontrol modellerinde özellikle ekonomik üretim miktarı modellerinde öğrenmenin etkisi modellere dahil edilmemektedir. Bu modellerde hazırlık ve birim üretim sürelerinin sabit ve üretim miktarından bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım ancak üretimin sadece makineler tarafından yapıldığı durumda geçerlidir. Fakat bir üretim sisteminde makineler yanında insan işgücü de kullanılmaktadır ve tekrarlanan işlerde bir işçinin performansının zamanla iyileştiği gözlenmektedir. Bu durum *öğrenme eğrisi* olarak nitelendirilmekte ve tekrarlanan işlemlerde her bir birimi üretmek için gerekli çabanın azalması şeklinde açıklanmaktadır.

Diğer bir ifadeyle üretim miktarı arttıkça hazırlık ve birim üretim sürelerinde dolayısıyla maliyetlerde öğrenmenin etkisiyle bir azalma meydana gelmektedir. (Eroğlu 2002: 49)

Öğrenmenin ekonomik üretim miktarı modelleri üzerindeki etkisi ilk olarak Keachie ve Fontana (1966) tarafından ele alınmış ve bu güne kadar üzerinde oldukça fazla çalışma yapılmıştır.

Sule (1978) ekonomik üretim miktarı modellerinde öğrenme etkisi yanında unutmaya etkisini dikkate alarak yeni bir model geliştirmiştir. Salameh vd. (1993) öğrenmenin toplam maliyet ve sipariş miktarı üzerindeki etkilerini Wright öğrenme eğrisini kullanarak analiz etmişlerdir. Jaber ve Bonney (1996) bu çalışmayı unutmaya etkilerini de ekleyerek geliştirmişlerdir. Daha sonra Jaber ve Bonney (1999) öğrenmenin stok kontrol modelleri üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalarla ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapmışlardır. Bunlar dışında stok kontrol modellerinde öğrenme etkisini içeren çalışmalardan Jaber ve Bonney (2003) ile Alamri ve Balkhi (2007) çalışmalarına bakılabilir.

3.9. Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi

Klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde ele alınan ve gerçek hayatla bağdaşmayan pek çok temel varsayımdan birisi, ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığıdır. Halbuki gerçek hayatta ödemelerde belli bir süreye kadar gecikmeye izin verilmektedir. (Huang, 2007: 911) Bu durumun sonucu olarak pek çok çalışmada ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ele alınmış ve pek çok özel durumun da göz önüne alınmasıyla yeni modeller geliştirilmiştir.

Bütün bu çalışmalarda, ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verildiği varsayılmaktadır. Uygulamada sıklıkla karşılaşılan bu durumda satıcılar müşterilerine borçlarını ödemeleri için belli bir süre (örneğin 30 gün) kadar gecikmeye izin vermektedir. Genellikle bu süre içerisinde borcunu ödeyen müşterilerin ödemelerine herhangi bir ekstra ödeme ve faiz tahakkuk etmemektedir. Dolayısıyla alıcılar, bu süre içerisinde yapılan satışlardan elde ettikleri parayı gelir getirici işlerde kullanarak örneğin faize yatırarak bir gelir elde etmektedir. Bu nedenle, alıcılar ödemelerini izin verilen gecikme süresinin sonuna kadar ertelemektedir. Fakat, ödemelerin tamamı bu süre sonuna kadar ödenmezse kalan miktar için belli bir faiz oranından gecikme faizi alınmaktadır. (Chung, 1998: 49)

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesinin satıcılara iki önemli getirisi vardır. Bunlar: (1) Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi yeni müşterileri cezp eder, çeker. Müşteriler için bu gecikme, fiyat indirimi türünden, bir nevi peşin fiyatına vadeli almak gibidir. Bu durumda müşteriler bir seferde daha fazla satın aldıklarında dolaylı olarak satın alma maliyetleri azalacağından daha fazla sipariş vereceklerdir. (Liao ve Chen, 2003: 245) Satıcı için bu politikanın kârlı olması ancak artan satışların en azından ortaya çıkacak fırsat maliyetini karşılayacak kadar fazla olmasıyla mümkündür. (2) Mevcut talep için düşünüldüğünde, bu politika ile talepte meydana gelecek dalgalanmalar en aza indirilebilecektir. Yani, talebin az olduğu dönemlerde

ödemelerde gecikmeye izin vererek talebi canlı tutmakla talepteki mevsimsel ve dönemsel dalgalanmaların önüne geçebileceklerdir. (Chang ve Teng, 2004: 471)

Ayrıca, ödemelerde izin verilen gecikmenin avantajından yararlanmak isteyen alıcılar ödemelerini daha düzenli yapacağından; satıcı, alıcılarda olan parasını daha rahat toplayabilecektir. Böylece ödenmeyen satışlar da azalmış olacaktır. Fakat, ödemelerde gecikmeye izin vermenin satıcılara maliyeti yanında ilave risk boyutu da vardır. (Teng, 2002: 915)

Alıcılar açısından bakıldığında, izin verilen gecikme süresi içerisinde ödeme yapmadıkları için satmış oldukları mallardan elde ettikleri geliri mevduat hesabında değerlendirerek belli oranda faiz geliri elde etmektedirler. Bu nedenle alıcılar ödemelerini, izin verilen gecikme süresinin sonuna kadar erteleyerek bu kazanımlarını en yüksek seviyede tutmak istemektedirler. (Huang, 2007: 911-912) Bunun yanında, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, dolaylı olarak alıcıların satın alma ve stok bulundurma maliyetini azaltmaktadır. Çünkü bu dönemde elde tutulan stoklara yapılacak ödeme ve sermaye yatırımı ertelendiği için sermayenin fırsat maliyeti daha az olacaktır.

Öte yandan ödemelerde gecikmeye izin vermenin alıcı açısından bir de maliyeti söz konusudur. Bu maliyetler içinde en önemlisi; kredi dönemi sonunda ödemeler yapılmadığında, daha yüksek faiz oranından uygulanacak gecikme cezasıdır. (Huang, 2006: 1578; Ouyang vd., 2005: 292) Bazı kaynaklarda bu faiz oranı, elde bulundurulacak stoklar için sermayenin fırsat maliyeti olarak da ele alınmaktadır. (Shinn ve Hwang, 2003 :38; Chang ve Dye, 2001: 345)

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ilk olarak 1985 yılında Goyal tarafından ele alınmıştır. Bu konuda yapılan diğer çalışmalardan bazıları; Chung (1998), Jamal vd. (2000), Teng (2002), Huang (2007, 2004, 2003) ve Liao (2008, 2007) çalışmalarıdır.

3.10. Kusurlu (Hatalı) Ürün Olması

Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modellerinde temel varsayımlardan birisi de sipariş sonucu gelen veya işletme içinde üretilen ürünlerin tamamının kusursuz ve hatasız olduğudur. Hâlbuki gerçek hayatta bu varsayımın tam olarak sağlanması mümkün değildir. Çünkü hem üretim aşamasındaki belirsizliklerden kaynaklanan nedenlerle hem de üretimden sonra taşıma ve nakliye sırasında ortaya çıkan olumsuzluklar sonucu kusurlu ve hatalı ürünler olabilmektedir.

Bu zamana kadar stok kontrol modelleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, kusurlu ürün durumunu ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu üretim sürecindeki aksaklıklardan kaynaklanan kusurlu ürün üretimi ve bu durumu ortadan kaldırmak için üretim sürecinin izlenmesi ve bakımı konusu üzerinde dururken bir kısım çalışmalarda da sipariş sonucu gelen ürünlerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiği konusu ele alınmaktadır.

Üretim süreci sonucu üretilen malların bir kısmının kusurlu ve hatalı olması kaçınılmazdır. Çünkü üretim süreci belli bir zaman normal şekilde kusursuz üretim yaparken belirsizlikten kaynaklanan kalite ve verim düşüklüğü ile makine ve donanımda görülen arızalar sonucu bir noktadan itibaren kusurlu ürün üretmeye başlamaktadır. Bu kusurlu ürünler tekrar işlenip veya tamirden geçip kusursuz hale gelebileceği gibi defolu olarak düşük fiyattan satılabilmekte veya tamamen işe yaramaz olanlar hurdaya ayrılmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmaların çoğunda optimal ekonomik üretim miktarının bulunması ile sürecin optimal izleme ve bakım planlaması birlikte değerlendirilmektedir.

Üretim sürecinin kusurlu ürün üretmesi durumunda sistemin tekrar kontrol altına alınması için optimal bakım ve izleme çizelgesinin ve ekonomik üretim miktarı modelinin elde edilmesi konusu Lee ve Rosenblatt (1989), Lin vd. (1991), Lee ve Park (1991), Liou vd. (1994), Rahim (1994), Tseng (1996), Makis (1998), Makis ve Fung (1998), Ben-Daya (1999; 2002), Ben-Daya ve Makhdoum (1998), Wang ve Sheu (2001), Sheu ve Chen (2004) ve Lin vd. (2003) çalışmalarında ele alınmaktadır.

Üretim sürecinin bazı nedenlerle kesilmesi sonucu üretimde yaşanan aksaklıklar da kusurlu üretim konusu kapsamında ele alınmaktadır. Buna göre, makinelerin arızalanması ve tamiri gibi üretimi aksatan konular altında pek çok ekonomik üretim miktarı modeli geliştirilmiştir. Bu modellere örnek olarak Groenevelt vd. (1992a; 1992b), Berg vd. (1994), Srinivasan ve Lee (1996), Chung (1997), Liu ve Cao (1999) ve Chakraborty (2008)'in çalışmalarına bakılabilir.

Sipariş sonucu gelen ürünlerin bir miktar kusurlu ürün içermesi konusu Schwaller (1988), Zhang ve Gerchak (1990), Salameh ve Jaber (2000), Goyal ve Cardenes-Baron (2002), Papachristos ve Konstantaras (2006), Wee vd. (2007), Eroğlu ve Özdemir (2007) ve Maddah ve Jaber (2008)'in çalışmalarında incelenmektedir.

4. SONUÇ

Stok kontrol modellerinin sınıflandırmasında temel belirleyici talep değişkenidir. Talebin yapısına göre yapılan sınıflandırmaya göre; stok kontrol modelleri, deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Deterministik modeller içinde en bilinen modeller ise ekonomik sipariş miktarı modeli ile ekonomik üretim miktarı modelidir. Ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinin mazisi 20. yüzyılın başına kadar gitmektedir. Bu modellerde ele alınan varsayımların çoğu günümüz ekonomik koşullarını dikkate almamasına rağmen sadeliği ve kullanım kolaylığı nedeniyle bugün pek çok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Pek çok temel varsayımı içinde barındıran bu klasik modellerde bazı varsayımların gevşetilmesi ve yeni varsayımların eklenmesiyle günümüz ekonomik koşullarına uygun ve gerçek hayatı temsil gücü yüksek pek çok yeni model geliştirilmiştir. Bu çalışmada stok kontrol modellerinin sınıflandırması ve bu modellere getirilen yeni açılımlar ele alınmaktadır.

Yeni açılımlar olarak ele alınan bu gelişme ile ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinin elde edilmesinde çok ürün durumu, miktar indirimleri, enflasyon, paranın zaman değeri ve öğrenme etkisi, stoktaki ürünlerin zamanla bozulması, kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu göz önüne alınmaktadır.

KAYNAKÇA

1. ABAD, P. L. (1988), “Joint Price and Lot-Size Determination When Supplier Offers Incremental Quantity Discounts”, *Journal of the Operational Research Society*, 39, ss. 603-607.
2. ABAD, P. L. (2000), “Optimal Lot Size for Perishable Good under Conditions of Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale”, *Computers and Industrial Engineering*, 38 (4), ss. 457-465.
3. ABAD, P. L. (2001), “Optimal Price and Order Size for a Reseller under Partial Backordering”, *Computers and Operations Research*, 28 (1), ss. 53-65.
4. ABAD, P. L. (2003), “Optimal Pricing and Lot-Sizing under Conditions of Perishability, Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale”, *European Journal of Operational Research*, 144 (3), ss. 677-685.
5. ALAMRI, A. A. ve BALKHI, Z. T. (2007), “The Effects of Learning and Forgetting on the Optimal Production Lot Size for Deteriorating Items With Time Varying Demand and Deterioration Rates”, *International Journal of Production Economics*, 107 (1), ss. 125-138.
6. ARCELUS, F. J., SHAH, N. H. ve SRINIVASAN, G. (2001), “Retailers Response to Special Sales: Price Discount vss. Trade Credit”, *Omega*, 29, ss. 417-428.
7. ARCELUS, F. J., SHAH, N. H. ve SRINIVASAN, G. (2003), “Retailer's Pricing, Credit and Inventory Policies for Deteriorating Items in Response to Temporary Price/Credit Incentives”, *International Journal of Production Economics*, 81-82, ss. 153-162.
8. BALKHI, Z. T. (1999), “On the Global Optimal Solution to an Integrated Inventory System with General Time Varying Demand Production and Deterioration Rates”, *European Journal of Operational Research*, 114, ss. 29-37.
9. BALKHI, Z. T. ve BENKHEROUF, L. (1996), “A Production Lot Size Inventory Model for Deteriorating Items and Arbitrary Production and Demand Rates”, *European Journal of Operational Research*, 92, ss. 302-309.
10. BEEK, P. V., BREMER, A. ve PUTTEN, C. V. (1985), “Design and Optimization of Multi-Echelon Assembly Networks: Saving and Potentialities”, *European Journal of Operational Research*, 19, ss. 57-67.

11. BEN-DAYA, M. (1999), "Integrated Production Maintenance and Quality Model Using the Imperfect Maintenance Concept", *IIE Transactions*, 31, ss. 491-501.
12. BEN-DAYA, M. (2002), "The Economic Production Lot-Sizing Problem with Imperfect Production and Imperfect Maintenance", *International Journal of Production Economics*, 76, ss. 257-264.
13. BEN-DAYA, M. ve MAKHDOUM, M. A. (1998), "Integrated Production Maintenance and Quality Model under Various Preventive Maintenance Policies", *Journal of the Operational Research Society*, 49, ss. 840-853.
14. BERG, M., POSNER, M. J. M. ve ZHAO, H. (1994), "Production Inventory Systems with Unreliable Machines", *Operations Research*, 42, ss. 111-118.
15. BHUNIA, A. K. ve MAITI, M. (1998), "Deterministic Inventory Model for Deteriorating Items with Finite Rate of Replenishment Dependent on Inventory Level", *Computational. Operations Research*, 25, ss. 907-1006.
16. BHUNIA, A. K. ve MAITI, M. (1999), "An Inventory Model of Deteriorating Items with Lot-Size Dependent Replenishment Cost and a Linear Trend in Demand", *Applied Mathematical Modelling*, 23 (4), ss. 301-308.
17. BRETTHAUER, K. M., SHETTY, B., SYAM, S. ve VOKURKA, R. J. (2006), "Production and Inventory Management under Multiple Resource Constraints", *Mathematical and Computer Modelling*, 44 (1-2), ss. 85-95.
18. BURWELL, T. H., DAVE, D. S., FITZPATRICK, K. E. ve ROY, M. R. (1991), "An Inventory Model with Planned Shortages and Price-Dependent Demand", *Decision Sciences*, 27, ss. 1188-1191.
19. CARDENAS-BARRON, L. E. (2001), "The Economic Production Quantity (EPQ) with Shortage Derived Algebraically", *International Journal of Production Economics*, 70 (3), ss. 289-292.
20. CHAKRABORTY, T., GIRI, B. C. ve CHAUDHURI, K. S. (2008), "Production Lot Sizing with Process Deterioration and Machine Breakdown", *European Journal of Operational Research*, 185 (2), ss. 606-618.
21. CHANG, C. T. ve TENG, J. T. (2004), "Retailer's Optimal Ordering Policy under Supplier Credits", *Mathematical Methods of Operations Research*, 60, ss. 471-483.
22. CHASE, R. B. ve AQUILANO, N. J. (1981), *Production and Operations Management: A life Cycle Approach*, Third Edition, Irwin, USA.

23. CHEN, M. S. ve CHU, M. C. (2001), “The Analysis of Optimal Price Control Model in Matching Problem Between Production and Sales”, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 18, ss. 131-148.
24. CHOWDHURY, M. R. ve SARKER, B. R. (2001), “Manufacturing Batch Size and Ordering Policy for Products with Shelf Lives”, *International Journal of Production Research*, 39 (7), ss. 1405-142.
25. CHUNG, K. J. (1997), “Bounds for Production Lot Sizing with Machine Break Down”, *Computer and Industrial Engineering*, 32, ss. 139-144
26. CHUNG, K. J. (1998), “A Theorem on the Determination of Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments”, *Computer and Operations Research*, 25, ss. 49-52.
27. CHUNG, K. J. (2003), “An Algorithm for an Inventory Model with Inventory-Level-Dependent Demand Rate”, *Computers and Operations Research*, 30, ss. 1311-1317.
28. CHUNG, K. J. ve LIN, C. N. (2001), “Optimal Inventory Replenishment Models for Deteriorating Items Taking Account of Time Value of Money”, *Computers and Operations Research*, 28, ss. 67-83.
29. CHUNG, K. J., CHU, P. ve LAN, S. P. (2000), “A Note on EOQ Models for Deteriorating Items under Stock Dependent Selling Rate”, *European Journal of Operational Research*, 124, ss. 550-559.
30. COBBAERT, K. ve OUDHEUSDEN, D. V. (1996), “Inventory Models for Fasy Moving Spare Parts Subject to Sudden Death Obsolescence”, *International Journal of Production Economics*, 44, ss. 239-248.
31. DEMİR, H. ve GÜMÜŞOĞLU, Ş. (1998), *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*, Beta Yayınevi, İstanbul.
32. DYE, C. Y. (2007), “Joint Pricing and Ordering Policy for a Deteriorating Inventory with Partial Backlogging”, *Omega*, 35 (2), ss. 184-189.
33. DYE, C. Y., HSIEH, T. P. ve OUYANG, L. Y. (2007), “Determining Optimal Selling Price and Lot Size with a Varying Rate of Deterioration and Exponential Partial Backlogging”, *European Journal of Operational Research*, 181 (2), ss. 668-678.
34. ELSAYED, E. A. ve TERESI, C. (1983), “Analysis of Inventory System with Deteriorating Items”, *International Journal of Production Research*, 21, 449- 460.
35. EROĞLU, A. (2002), *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi, Isparta.

36. EROĞLU, A. ve GÜLTEKİN, Ö. (2007), “An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages”, *International Journal of Production Economics*, 106 (2), ss. 544-549.
37. EVANS, J. R. (1993), *Applied Production and Operations Management*, West Publishing Company, New York.
38. GAITHER, N. (1992), *Production and Operation Manegement*, Fifth Edition, The Dryden Pres, New York.
39. GIRI, B. C. ve CHAUDHURI, K. S. (1998), “Deterministic Models of Perishable Inventory with Stock-Dependent Demand Rate and Nonlinear Holding Cost”, *European Journal of Operational Research*, 105, ss. 467-474.
40. GIRI, B. C., CHAKRABARTY, T. ve CHAUDHURI, K. S. (2000), “A Note on a Lot Sizing Heristic for Deteriorating Items with Time-Varying Demands and Shortages”, *Computers and Operations Research*, 27 (6), ss. 495-505.
41. GIRI, B. C., JALAN, A. K. ve CHAUDRI, K. S. (2005), “An Economic Production Lot Size Model with Increasing Demand, Shortage and Partial Backlogging”, *International Transactions in Operations Research*, 12 (2), ss. 235-245.
42. GOYAL, S. K. (1985), “Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments”, *Journal of the Operational Research Society*, 36, ss. 35-38.
43. GOYAL, S. K. ve CARDENAS-BARRON, L. E. (2002), “Note on: Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality-A Practical Approach”, *International Journal of Production Economics*, 77, ss. 85-87.
44. GOYAL, S. K. ve GIRI, B. C. (2001), “Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory”, *Europen Journal of Operational Research*, 134, ss. 1-16.
45. GOYAL, S. K. ve GIRI, B. C. (2003), “The Production-Inventory Problem of a Product with Time Varying Demand, Production and Deterioration Rates”, *European Journal of Operational Research*, 147, ss. 549-557.
46. GROENEVELT, H., PINTELON, L. ve SEIDMANN, A. (1992a), “Production Lot Sizing with Machine Breakdowns, *Management Science*, 38, 104-123.
47. GROENEVELT, H., PINTELON, L. ve SEIDMANN, A. (1992b), “Production Batching with Machine Break Down and Safety Stocks, *Operations Research*, 40, ss. 959-971.
48. GRUBBSTROM, R. W. ve ERDEM, A. (1999), “The EOQ with Backlogging Derived without Derivatives”, *International Journal of Production Economics*, 59, ss. 529-530.

49. HAKSEVER, C. ve MOUSSOURAKIS, J. (2005), “A Model for Optimizing Multi-Product Inventory Systems with Multiple Constraints”, *International Journal of Production Economics*, 97 (1), ss. 18-30.
50. HARIGA, M. A. (1995a), “An EOQ Model for Deteriorating Items with Shortage and Time-Varying Demand”, *Journal of the Operational Research Society*, 46 (4), ss. 398-404.
51. HARIGA, M. A. (1995b), “Lot Sizing Models for Deteriorating Items with Time-Dependent Demand”, *International Journal of Systems Science*, 26, ss. 2391-2401.
52. HARIGA, M. A. ve BEN-DAYA, M. (1996), “Optimal Time Varying Lot-Sizing Models under Inflationary Conditions”, *European Journal of Operational Research*, 89, ss. 313-325.
53. HARIGA, M. A. ve BEN-DAYA, M. (1998), “Note: The Economic Manufacturing Lot-Sizing Problem with Imperfect Production Processes: Bounds and Optimal Solutions”, *Naval Research Logistics*, 45 (4), ss. 423-433.
54. HOU, K. L. (2006), “An Inventory Model for Deteriorating Items with Stock-Dependent Consumption Rate and Shortages under Inflation and Time Discounting”, *European Journal of Operational Research*, 168 (2), ss. 463-474.
55. HUANG, Y. F. (2004), “Optimal Inventory Control under Conditions of Permissible Delay in Payments Derived without Derivatives”, *Journal of Applied Sciences*, 4 (2), ss. 287-291.
56. HUANG, Y. F. (2006), “An Inventory Model under Two Levels of Trade Credit and Limited Storage Space Derived without Derivatives”, *Applied Mathematical Modelling*, 30 (5), ss. 418-436.
57. HUANG, Y. F. (2007), “Economic Order Quantity under Conditionally Permissible Delay in Payments”, *European Journal of Operational Research*, 176 (2), ss. 911-924.
58. HUANG, Y. F. (2003), “Optimal Retailers Ordering Policies in the EOQ Model under Trade Credit Financing”, *Journal of the Operational Research Society*, 54, ss. 1011-1015.
59. HWANG, H. ve SHINN, S. W. (1997), “Retailer's Pricing and Lot Sizing Policy for Exponentially Deteriorating Products under the Condition of Permissible Delay in Payments”, *Computers and Operations Research*, 6 (6), ss. 539-547.
60. HWANG, H., MOON, D. H. ve SHINN, S. W. (1990), “An EOQ Model with Quantity Discounts for Both Purchasing Price and Freight Cost”, *Computers and Operations Research*, 17, ss. 73-78.
61. JABER, M. Y. ve BONNEY, M. (1996), “Production Breaks and the Learning Curve: The Forgetting Phenomenon”, *Applied Mathematical Modelling*, 20, ss. 162-169.

62. JABER, M. Y. ve BONNEY, M. (1999), “The Economic Manufactured/Order Quantity (EMQ/EOQ) and the Learning Curve: Past, Present and Future”, *International Journal of Production Economics*, 59, ss. 93-102.
63. JABER, M. Y. ve BONNEY, M. (2003), “Lot Sizing with Learning and Forgetting in Set-ups and in Product Quality”, *International Journal of Production Economics*, 83 (1), ss. 95-111.
64. JAMAL, A. M. M., SARKER, B. R. ve WANG, S. (2000), “Optimal Payment Time for a Retailer under Permitted Delay of Payment by the Wholesaler”, *International Journal of Production Economics*, 66, ss. 59-66.
65. KAR, S., BHUNIA, A. K. ve MAITI, M. (2001), “Inventory of Multi-Deteriorating Items Sold from Two Shops under Single Management with Constraints on Space and Investment” *Computers and Operations Research*, 28 (12), ss. 1203-1221.
66. KARAÖZ, M. (2003), Öğrenme ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
67. KEACHIE, E. C. ve FORTANA, R. J. (1966), “The Effect of Learning on Optimal Size”, *Management Science*, 13 (2), ss. 102-108.
68. KHANRA, S. ve CHAUDHURI, K. S. (2003), “A Note on an Order-Level Inventory Model for a Deteriorating Item with Time-Dependent Quadratic Demand”, *Computers and Operations Research*, 30, ss. 1901-1916.
69. KIM, K. H. ve HWANG, H. (1988), “An Incremental Discount-Pricing Schedule with Multiple Customers and Single Price Break”, *European Journal of Operational Research*, 35, ss. 71-79.
70. LEE, H. L. ve ROSENBLATT, M. J. (1989), “A Production and Maintenance Planning Model With Restoration Cost Dependent on Detection Delay”, *IIE Transactions*, 21, ss. 368-375.
71. LEE, J. S. ve PARK, K. S. (1991), “Joint Determination of Production Cycle and Inspection Intervals In a Deteriorating Production System”, *Journal of the Operational Research Society*, 42, ss. 775-783.
72. LEVIN, R. I., MC LAUGHLIN, C. P., LAMONE, R. P. ve KOTTAS, J. F. (1972), *Productions/Operations Management: Contemporary Policy for Managing Operating Systems*, McGraw Hill, New York.
73. LIAO, H. C. ve CHEN, Y. K. (2003), “Optimal Payment Time for Retailer’s Inventory System”, *International Journal of Systems Science*, 34 (4), ss. 245-253.
74. LIAO, J. J. (2007), “On an EPQ Model for Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments”, *Applied Mathematical Modeling*, 31, ss. 393-403.

75. LIAO, J. J. (2008), “An Inventory Control System under Deferrable Delivery Conditions”, *Mathematical and Computer Modelling*, 47 (3-4), ss. 247-258.
76. LIN, C. S., CHEN, C. H. ve KROLL, D. E. (2003), “Integrated Production-Inventory Models for Imperfect Production Processes under Inspection Schedules”, *Computers and Industrial Engineering*, 44, ss. 633-650.
77. LIN, T. M., TSENG, S. T. ve LIOU, M. J. (1991), “Optimal Inspection Schedule in the Imperfect Production System under General Shift Distribution”, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 8, (2), ss. 73-81.
78. LIOU, M. J., TSENG, S. T. ve LIN, T. M. (1994), “The Effects of Inspection Errors to The Imperfect EMQ Model”, *IIE Transactions*, 26, ss. 42-51.
79. LIU, B. ve CAO, J. (1999), “Analysis of a Production Inventory System With Machine Breakdowns and Shutdowns”, *Computers and Operations Research*, 26 (1), ss. 73-91.
80. MADDAH, B. ve JABER, M. Y. (2008), “Economic Order Quantity for Items With Imperfect Quality: Revisited”, *International Journal of Production Economics*, 112 (2), ss. 808-815.
81. MAKIS, V. (1998), “Optimal Lot Sizing and Inspection Policy for an EMQ Model With Imperfect Inspections”, *Naval Research Logistics*, 45, ss. 165-186.
82. MAKIS, V. ve FUNG, J. (1998), “An EMQ Model With Inspections and Random Machine Failures”, *Journal of the Operational Research Society*, 49, ss. 66-76.
83. MALONEY, B. M. ve KLEIN, C. M. (1993), “Constrained Multi-Item Inventory Systems: an Implicit Approach”, *Computers and Operations Research*, 20 (6), ss. 639-649.
84. MISRA, R. B. (1975), “Optimal Production Lot-Size Model for a System with Deteriorating Inventory”, *International Journal of Production Research*, 13, ss. 495-505.
85. MISRA, R. B. (1979), “A Study of Inflation Effects on Inventory System”, *Logistics Spectrum*, 9 (3), ss. 260-268.
86. MONDAL, B., BHUNI, A. K. ve MAITI, M. (2003), “An Inventory System of Ameliorating Items for Price Dependent Demand Rate”, *Computers and Industrial Engineering*, 45, ss. 443-456.
87. MOON, I. ve LEE, S. (2000), “The Effects of Inflation and Time Value of Money on an Economic Order Quantity Model with a Random Product Life Cycle”, *European Journal of Operational Research*, 125, ss. 588-601.

88. MOON, I., GIRI, B. C. ve KO, B. (2005), "Economic Order Quantity Models for Ameliorating/Deteriorating Items under Inflation and Time Discounting", *European Journal of Operational Research*, 162, ss. 773-785.
89. NAHMIAS, S. (1982), "Perishable Inventory Theory: A Review", *Operations Research*, 30 (3), ss. 680-708.
90. NAHMIAS, S. (1993), *Production and Operations Analysis*, Second Edition, Irwin Publishing.
91. OUYANG, L. Y., TENG J. T., CHUANG, K. W. ve CHUANG, B. R. (2005), "Optimal Inventory Policy with Non-instantaneous Receipt under Trade Credit", *International Journal of Production Economics*, 98, ss. 290-300.
92. PADMANABHAN, G. ve VRAT, P. (1990), "Inventory Model with a Mixture of Backorder and Lost Sales", *International Journal of Systems Science*, 21, ss. 1721-1726.
93. PAPACHRISTOS, S. ve KONSTANTARAS, I. (2006), "Economic Ordering Quantity Models for Items With Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, 100 (1), ss. 148-156.
94. RAAFAT, F. (1991), "Survey of Literature on Continuesly Deteriorating Inventory Model", *Journal of the Operational Research Society*, 42, ss. 27-37.
95. RAHIM, M. A. (1994), "Joint Determination of Production Quantity, Inspection Schedule, and Control Chart Design", *IIE Transactions*, 26, ss. 2-11.
96. RAY, J. ve CHAUDHURI, K. (1997), "An EOQ Model with Stock-Dependent Demand, Shortage, Inflation and Time Discounting", *International Journal of Production Economics*, 53, ss. 171-180.
97. ROSENBLATT, M. J. ve ROTHBLUM, U. G. (1990), "On the Single Resource Capacity Problem for Multi-Item Inventory Systems", *Operations Research*, 38, ss. 686-693.
98. SALAMEH, M. K. ve JABER, M. Y. (2000), "Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality", *International Journal of Production Economics*, 64, ss. 59-64.
99. SALAMEH, M. K., ABDUL-MALAK, M. U. ve JABER, M. Y. (1993), "Mathematical Modelling of the Effect of Human Learning in the Finite Production Inventory Model", *Applied Mathematical Modelling*, 17, ss. 613-615.
100. SAN JOSE, L. A., SICILIA, J. ve GARCIA-LAGUNA, J. (2005), "An Inventory System with Partial Backlogging Modelled According to a Linear Function", *Asia-Pasific Journal of Operations Research*, 22 (2), ss. 189-209.

101. SANA, S. S. ve CHAUDHURI, K. S. (2000), “An Alternative Analytical Approach for the Optimal Inventory Replenishment Policy for a Deteriorating Item with a Time Varying Demand”, *Proceedings of National Academic Science of India*, 70 ((a), III), ss. 281-293.
102. SANA, S. S. ve CHAUDHURI, K. S. (2008), “A Deterministic EOQ Model with Delays in Payments and Price-Discount Offers”, *European Journal of Operational Research*, 184 (2), ss. 509-533.
103. SANDBOTHE, R. A. ve THOMPSON, G. L. (1990), “A Forward Algorithm for the Capacitated Lot Size Model with Stockouts”, *Operations Research*, 38 (3), ss. 474-486.
104. SANDBOTHE, R. A. ve THOMPSON, G. L. (1993), “Decision Horizons for the Capacitated Lot Size Model with Inventory Bounds and Stockouts”, *Computers and Operations Research*, 20 (5), ss. 455-465.
105. SARKER, B. R. ve PAN, H. (1994), “Effects of Inflation and the Time Value of Money on Order Quantity and Allowable Shortage”, *International Journal of Production Economics*, 34, ss. 65-72.
106. SCHWALLER, R. L. (1988), “EOQ under Inspection Costs”, *Production and Inventory Management*, 29, ss. 22-35.
107. SHARMA, S. (2004), “Optimal Production Policy with Shelf Life Including Shortages”, *Journal of the Operational Research Society*, 55 (8), ss. 902-909.
108. SHARMA, S. (2006), “Incorporating Fractional Backordering in the Multi-Product Manufacturing Situation with Shelf Lives”, *Journal of Engineering Manufacture*, 220 (7), ss. 1151-1156.
109. SHEEN, G. J. ve TSAO, Y. C. (2007), “Channel Coordination, Trade Credit and Quantity Discounts for Freight Cost”, *Logistics and Transportation Review*, 43, ss. 112-128.
110. SHEU, S. H. ve CHEN, J. A. (2004), “Optimal Lot-Sizing Problem with Imperfect Maintenance and Imperfect Production”, *International Journal of Systems Science*, 35 (1), ss. 69-77.
111. SILVER, E. A. (1995), “Dealing with a Shelf Life Constraint in Cyclic Scheduling by Adjusting Both Cycle Time and Production Rate”, *International Journal of Production Research*, 33 (3), ss. 623-629.
112. SILVER, E. A., PYKE, D. F. ve PETERSON, R. (1998), *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, John Wiley Son, USA.
113. SIPPER, D. ve BULFIN, R.. (1997), *Production: Planning, Control and Integration*, McGraw-Hill.
114. SKOURI, K. ve PAPACHRISTOS, S. (2002), “A Continuous Review Inventory Model, with Deteriorating Items, Time-Varying Demand,

- Linear Replenishment Cost, Partially Time-Varying Backlogging”, *Applied Mathematical Modelling*, 26 (5), ss. 603-617.
115. SRINIVASAN, M. M. ve LEE, H. S. (1996), “Production-Inventory Systems with Preventive Maintenance”, *IIE Transactions*, 28, ss. 879-890.
 116. SU, C. T. ve LIN, C. W. (2001), “A Production Inventory Model Which Considers the Dependence of Production Rate on Demand and Inventory Level”, *Production Planning and Control*, 12, ss. 69-75.
 117. SULE, D. R. (1978), “The Effect of Alternative Periods of Learning and Forgetting on Economic Manufacturing Quantity”, *AIIE Transactions*, 10 (3), ss. 338-343.
 118. TENG, J. T. (1996), “A Deterministic Inventory Replenishment Model with a Linear Trend in Demand”, *Operational Research Letter*, 19, ss. 33-41.
 119. TENG, J. T. (2002), “On The Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments”, *Journal of the Operational Research Society*, 53, ss. 915-918.
 120. TENG, J. T. ve CHANG, C. T. (2005), “Economic Production Quantity Models for Deteriorating Items with Price- and Stock-Dependent Demand”, *Computers and Operations Research*, 32, 297-308.
 121. TERSINE, R. J. ve BARMAN, S. (1991), “Lot Size Optimization with Quantity and Freight Rate Discounts”, *Logistics and Transportation Review*, 27, ss. 319-332.
 122. TSENG, S. T. (1996), “Optimal Preventive Maintenance Policy for Deteriorating Production Systems”, *IIE Transactions*, 28, ss. 687-694.
 123. URBAN, T. L. (2005), “Inventory Models with Inventory-Level-Dependent Demand: A Comprehensive Review and Unifying Theory”, *European Journal of Operational Research*, 162, ss. 792-804.
 124. URBAN, T. L. ve BAKER, R. C. (1997), “Optimal Ordering and Pricing Policies in a Single-Period Environment with Multivariate Demand and Markdowns”, *European Journal of Operational Research*, 103, ss. 573-583.
 125. WANG, C. H. ve SHEU, S. H. (2001), “Simultaneous Determination of The Optimal Production-Inventory and Product Inspection Policies for a Deteriorating Production System”, *Computers and Operations Research*, 28, ss. 1093-1110.
 126. WATERS, C. D. J. (1989), *A Practical Introduction to Management Science*, Addison Wesley Publishing, England.
 127. WEE, H. M. (1995), “A Deterministic Lot-Size Inventory Model for Deteriorating Items with Shortage and a Declining Market”, *Computers and Operations Research*, 22 (3), ss. 345-356.

128. WEE, H. M. (1997), “A Replenishment Policy for Items with a Price Dependent Demand and a Varying Rate of Deterioration”, *Production Planning and Control*, 8, ss. 494-499.
129. WEE, H. M. (1999), “Deteriorating Inventory Model with Quantity Discounts, Pricing and Partial Backlogging”, *International Journal of Production Economics*, 59 (1-3), ss. 511-518.
130. WEE, H. M. ve LAW, S. T. (2001), “Replenishment and Pricing Policy for Deteriorating Items Taking into Account the Time-Value of Money”, *International Journal of Production Economics*, 71, ss. 213-220.
131. WEE, H. M., YU, J. ve CHEN, M. C. (2007), “Optimal Inventory Model for Items With Imperfect Quality and Shortage Backordering”, *Omega*, 35 (1), ss. 7-11.
132. YOU, P. S. (2005), “Inventory Policy for Products with Price and Time Dependent Demand”, *Journal of the Operational Research Society*, 56, ss. 870-873.
133. YOU, P. S. (2006), “Ordering and Pricing of Service Products in an Advance Sales System with Price-Dependent Demand”, *European Journal of Operational Research*, 170, ss. 57-71.
134. YOU, P. S. ve HSIEH, Y. C. (2007), “An EOQ Model with Stock and Price Sensitive Demand”, *Mathematical and Computer Modelling*, 45, ss. 933-942.
135. ZHANG, X. ve GERCHAK, Y. (1990), “Joint Lot Sizing and Inspection Policy in an EOQ Model with Random Yield”, *IIE Transactions*, 22, ss. 41-47.
136. ZHOU, Y. W. ve YANG, S. L. (2005), “A Two-Warehouse Inventory Model for Items with Stock-Level-Dependent Demand Rate”, *International Journal of Production Economics*, 95, ss. 215-228.
137. ZIEGLER, H. (1982), “Solving Certain Singly Constrained Convex Optimization Problems in Production Planning”, *Operations Research Letters*, 1 (6), ss. 246-252.
138. ZIPKIN, P. H. (2000), *Foundations of Inventory Management*, McGraw-Hill.