



Tek ve Çok Dönemli Envanter Kontrol Modelleri

Zeynep CEYLAN^{1,2*}, Serol BULKAN², Hakan TOZAN³

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

² Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Medipol Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Tek dönem,
Çok dönem,
Envanter kontrol modeli

Öz

Günümüzde firmalar rekabet şartlarına dayanabilmek ve pazarda yer edinebilmek için müşteri taleplerine en uygun ürünü, en az maliyetle en hızlı biçimde sağlamak zorundadırlar. Bütün bu faktörler firmaları, doğru kaynaktan doğru miktarda ürünün, doğru fiyat ile doğru yere dağıtılmasını sağlayan iyi organize olmuş envanter sistemlerinin tasarımı ve planlaması üzerine odaklanmaya teşvik etmiştir. Literatürde, özellikle son yıllarda envanter kontrol problemleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, envanter kontrol problemleri tek ve çok dönemli olmak üzere iki ana başlıkta toplanmıştır. Çalışmalar, talep türü (deterministik veya stokastik), ürün sayısı (tek veya çok ürünlü), sistem yapısı (tek veya çok aşamalı), ürün ömrü (sınırsız raf ömürlü veya bozulabilen ürünler), amaç fonksiyonu sayısı (tek amaçlı veya çok amaçlı), depo yönetim politikası gibi bileşenler dikkate alınarak özetlenmiş ve sınıflandırılmıştır. Ayrıca; kısıtlamalar, modelleme metodu ve çözüm yaklaşımı gibi diğer ayrıntılar da belirtilmiştir. Bu çalışma ile tek ve çok dönemli envanter problemleri ile ilgili yapılan çalışmaların tablolar halinde okuyucuya sunulması ve bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara önbilgi sunulması amaçlanmıştır.

Single and Multi-Period Inventory Control Models

Keywords

Single period,
Multi-period,
Inventory control model

Abstract

Nowadays, companies have to provide the most suitable product to the customer's demands in the fastest way with minimum cost in order to be able to stand competitive conditions and to be placed in the market. All of these factors have encouraged firms to focus on the design and planning of well-organized inventory systems that allow the right amount of product to be distributed right at the right price. Numerous studies have been carried out in the literature, especially on inventory control problems in recent years. In this study, inventory control problems are collected in two main topics; single and multi period. The studies are summarized and categorized by considering the components such as demand type (deterministic or stochastic), number of products (single or multi product), system structure (single or multi stage), product life (unlimited shelf life or deteriorating products), number of objective function (single or multi objective), warehouse management policy. Also; other details such as constraints, modeling method, and solution approach are also mentioned. With this study, it is aimed to present the works done on single and multi period inventory problems to the reader in tabular form and to present the information to the researchers who will work on this subject.

Alıntı / Cite

Ceylan, Z., Bulkan, S., Tozan, H., (2017). Tek ve Çok Dönemli Envanter Kontrol Modelleri, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(2), 441-455.

Başvuru Tarihi / Submission Date	10.06.2017
Kabul Tarihi / Accepted Date	27.08.2017
Yayın Tarihi / Published Date	28.08.2017

* İlgili yazar/ Corresponding author: zeynep.dokumaci@omu.edu.tr, +90-362-3121919

1. Giriş

Klasik envanter modelleri temel varsayımlar çerçevesinde basit bir yapıya sahiptirler. Bunlardan bazıları; talep ve üretimin dönem içerisinde sabit ve biliniyor olması, ürünlerin kusursuz olması ve zamanla bozulmaması, tek ürünün olması, talebin sadece bir siparişle karşılanması ve stoksuzluğa izin verilmemesi gibi temel varsayımlardır (Aydemir, 2015). Ancak, gerçek olaylarda karşımıza çıkan problemlere bakıldığında bu varsayımlarla kurulan modeller gerçeği pek yansıtamamaktadır. Çünkü günümüzde pek çok işletmede envanter politikalarını etkileyen birbirinden farklı pek çok unsur bulunmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi ve yeni fabrikaların inşa edilmesi, yeni envanter sistemlerinin gelişmesine sebep olmuştur. Tüm bu sebeplerden dolayı, temel varsayımlar üzerine kurulan klasik envanter modelleri işletmenlerin ihtiyacına bağlı olarak yeniden ele alınmış veya gevşetilmiştir.

Bu çalışmada, tek ve çok dönemli envanter kontrol problemleri konusunda yapılmış olan çalışmalar iki ana grupta sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın amacı, tek ve çok dönemli envanter problemleri üzerine yapılan yeni yaklaşımların araştırılması ve bu alandaki eksikliklerin tespit edilmesine yardımcı olmaktır. Bu amaçla, literatürdeki çalışmalar detaylı taranmış, klasik temel varsayımlardan yola çıkarak problemin karmaşıklığına doğru belirli bir sistematığe ve konu akışına göre sıralanmıştır. Böylece, bu alanda çalışan araştırmacılara yol göstermesi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, envanter kontrol modellerinin genel yapısı kısaca açıklanmış ve hangi yönleri ile farklılık göstereceği incelenmiştir. İkinci bölümde, tek ve çok dönemli envanter problemlerinin temel özellikleri, uygulama örnekleri ve genel varsayımları hakkında giriş yapılmış ve bu alanda yapılan çalışmalar tablolar halinde sunulmuştur. Sonuç bölümünde ise, son yıllarda çalışılan envanter problemleri hakkında kısa bilgi verilmiştir.

2. Envanter Kontrol Modelleri

İlk olarak, Harris (1913) tarafından toplam maliyeti enküçükleyen sipariş miktarını bulmaya yönelik geliştirilen matematiksel envanter modeli günümüzde kullanılan pek çok modelin temelini oluşturmaktadır. Kullanımı basit ve hızlı olan bu model pek çok temel varsayım üzerine kurulmuştur. Ancak, üretim ortamının getirdiği ilave kısıtlar, fiziksel şartlar ve belirsizlikler göz önüne alındığında, bu modele ilave uyarlamalara ve değişikliklere gidilmesi de kaçınılmaz

olmuştur. Bu bölümde, envanter kontrol modellerini oluşturan bileşenler hakkında kısa bilgi verilmiş ve bu bileşenlerin literatürde hangi yönleri ile farklılık göstereceği üzerine durulmuştur. Şekil 1' de, envanter modellerini oluşturan bu bileşenlere ait sınıflandırma gösterilmiştir.

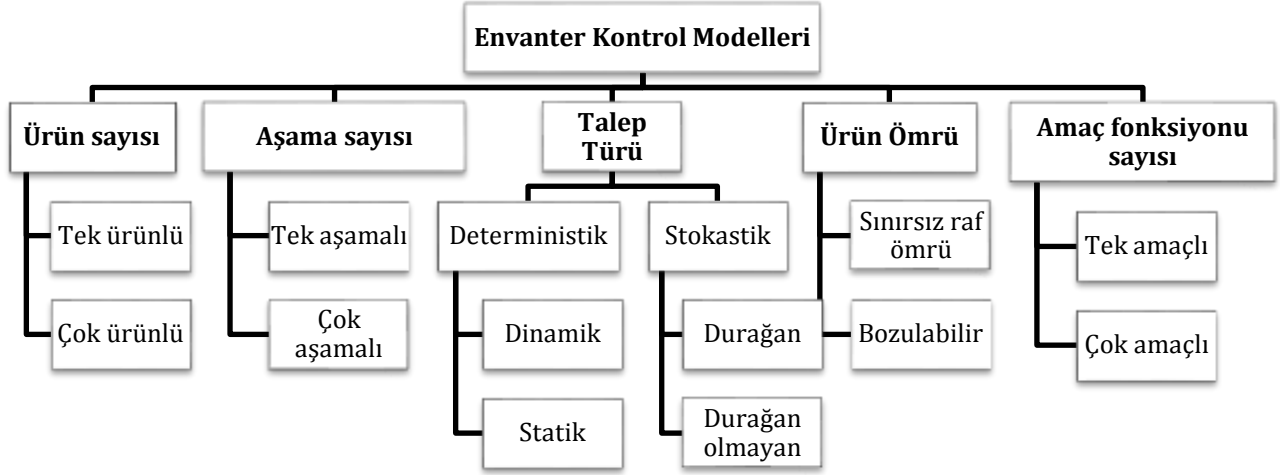
2.1. Talep Türü

Hızla gelişmekte olan envanter teorisinin önemli konularından biri, ürün talebi hakkında daha gerçekçi varsayımları envanter modellerine dahil etmektir. Şekil 1' de görüldüğü gibi envanter modelleri, talepleri ele alışı açısından deterministik (kesin olarak bilinen) ve stokastik (olasılıklı olarak bilinen) talep modeli olarak ikiye ayrılmaktadır (Silver, 2008; Bakker vd., 2012, Ziukov, 2015). *Statik (sabit) talep* problemleri istikrarlı bir talep örneğini, *dinamik (hareketli) talep* problemleri ise talebin zamanla değiştiğini göstermektedir. Planlama ufku içinde statik veya dinamik olan tüm talep değerleri biliniyorsa, talep deterministik olarak sınıflandırılmaktadır (Eroğlu, 2002). Bu varsayımla kurulan modellerde en uygun sipariş miktarını ve sipariş verme zamanı belirlemek oldukça kolaydır. Fakat gerçek hayatta ürün-üretici-tüketici boyutlarının ve çeşitliğinin artması nedeniyle talebin kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Bu durum, talebin stokastik olduğu envanter kontrol modellerinin gelişmesine neden olmuştur. Bu tür modellerde, talep rastgele bir değişken olarak ele alınmakta ve genellikle bir olasılık dağılımına uyduğu varsayılmaktadır.

Talebin stokastik olduğu durumlarda, olasılık yoğunluk fonksiyonu tüm planlama ufku boyunca değişmiyorsa *durağan envanter modelleri*, olasılık yoğunluk fonksiyonu tüm planlama ufku boyunca değişiyorsa *durağan olmayan envanter modelleri* olarak adlandırılır (Sulak ve Eroğlu, 2009; Kim vd., 2015). Ayrıca, literatürde talebin zamana veya envanter miktarına bağlı olarak değiştiği ve bulanık olarak ifade edildiği pek çok çalışma bulunmaktadır (Shao ve Ji, 2006; Panda vd., 2008; Kahraman ve Yavuz, 2010; Chen ve Ho, 2013; Kahraman ve Öztaysi, 2014; Dem vd., 2014; Sadeghi vd., 2016).

2.2. Tek ve Çok Ürünlü Envanter Modelleri

Literatürde, birçok envanter kontrol modeli tek bir ürün için envanter politikasının belirlenmesi problemi ile ilgilenmektedir (Chen ve Ho, 2013; Wang vd., 2015; Kim vd., 2015; Önal vd., 2015; Hnaien vd., 2016). Çok ürünlü envanter modellerinin sayısı, tek ürünlü modellere kıyasla sınırlıdır. Bu dengesizlik, çok ürünlü modellerin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır (Janssen, 2016). Ancak, pek çok işletmenin ürün yelpazesinde birden fazla ürün bulunmaktadır.



Şekil 1. Envanter Kontrol Modellerinin Sınıflandırılması

Bu durumda işletmenin her tip üründen ne miktarlarda üreteceğinin/sipariş vereceğinin plânlanması, ne derecede kontrol edilmeleri gerektiğini saptamak ve bunları kritikliğine veya değerlerine göre sınıflandırmak işletme için önemli bir problem alanı oluşturmaktadır. Öte yandan, bütün envanter ürünlerinin aynı önem derecesinde kontrol edilmesi mümkün olamamaktadır. Her ürün için ayrı bir envanter kontrol modeli oluşturmak oldukça zor, zaman alıcı ve maliyetlidir. Envanter kontrolünün gereği gibi yapılamaması, bazı envanter ürünlerinin aşırı birikmesine ve üretim için gerekli hammadde ve yarı işlenmiş stoklarda dengesizliğe dolayısıyla gerekli finansman gereksiniminin artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, yeni yaklaşımlar arasında birden çok ürünün ele alındığı modelleme yaklaşımları önemli bir yer tutmaktadır. Böylece, çeşitli envanter ürünleri arasında denge sağlanarak bazı envanter kalemlerinde meydana gelebilecek aşırı şişkinliğin önüne geçilebilecektir.

2.3. Tek ve Çok Aşamalı Envanter Modelleri

Üretim sistemleri *tek aşamalı* ve *çok aşamalı* olmak üzere iki çeşittir. Üretim sisteminin aşama sayısına bağlı olarak talep ise bağımlı veya bağımsız talep olarak sınıflandırılmaktadır. Tek aşamalı sistemlerde, hammaddeler basit bir işlemle işlendikten sonra son ürüne dönüştürülür. Nihai ürün doğrudan alt malzemeler olmadan ham maddelerden üretilir. Bu gibi durumlarda, doğrudan müşteri siparişlerinden değerlendirilen ürün taleplerine "bağımsız talep" denir.

İlk defa Clark ve Scarf (1960) tarafından önerilen çok aşamalı envanter kontrol modelleri ise, birden fazla kurulumdaki envanter miktarlarının kontrolü için geliştirilmiş modellerdir. Çok aşamalı sistemlerde envanter kontrolü, tek aşamalı sistemlere göre çok daha zor olduğu bilinmektedir (Çekiç, 2015). Bu tür modellerin başlıca zorluğu, verilen amaç

fonksiyonunu optimize etmek için her dönem boyunca her aşamanın sipariş miktarını belirleyerek envanter seviyesini kontrol etmektir (Zhou vd., 2013). Bu tür sistemlerde ürünler arasında bir bileşen-ebeveyn ilişkisi bulunur ve bir işlemin çıktısı başka bir ürün için bir giriş olarak alınır. Çok aşamalı envanter modellerinde talep, ebeveyn düzeyindeki talebe bağlıdır ve bu yüzden "bağımlı talep" olarak sınıflandırılır.

Genel olarak, literatürdeki envanter problemleri üretim sistemleri ve ürün sayısına bağlı olarak tek ürünlü ve tek aşamalı (Wagner ve Whitin, 1958; Chen ve Ho, 2013; Önal vd., 2016; Hnaien vd., 2016), tek ürünlü ve çok aşamalı (Axsater ve Nuttle, 1987; Pasandideh vd., 2011a, çok ürünlü ve tek aşamalı (Nahmias ve Schmidt, 1984; Helber vd., 2013; Cárdenas-Barrón vd., 2015; Alikar vd., 2017), çok ürünlü ve çok aşamalı (Toledo vd. 2013; Karimi vd., 2016; Rezaeian vd., 2016; Pasandideh vd., 2017) olarak 4 kategoride sınıflandırılmaktadır.

2.4. Ürün Ömrü

Envanter modellerinin karmaşıklığını doğrudan etkileyen önemli bir diğer özellik ise, ürünün ömrüdür (Karaesmen vd., 2011; Uzunoğlu Koçer ve Yalçın, 2013). Stoklama sürecinde, bazı ürünlerin çok kısa geçerlilik veya kullanım süresi olabilmektedir. Bunun sebebi, ürünün fiziksel koşullarından kaynaklanabildiği gibi rekabetçi piyasadaki etkinlik veya pazar payı gibi koşullar da etkili olabilmektedir. Goyal ve Giri'ye (2001) göre, envanter ürünleri (a)raf ömrü belirsiz (sınırsız) olan ürünler, (b) teknolojisinin eskimesi ve modasının geçmesi nedeniyle satılmayan ürünler, (c) çürüme, buharlaşma, kuruma, son tüketim tarihinin geçmesi vb. yoluyla bozulan ürünler olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır.

Bozulan ürünler ise kendi içinde iki ana gruba ayrılmıştır: (1) Bazı medikal ürünler ve gıda maddeleri

gibi önceden belirlenmiş maksimum kullanım ömrüne sahip olan ürünler "kolay bozulan (perishable) ürünler" olarak sınıflandırılır. Bu ürünler belirlenmiş ömrünü geçtikten sonra tamamen bozulurlar. Son kullanma tarihine sahip ürünler de bu sınıfa dahil edilmektedir. (2) Radyoaktif maddeler, benzin ve petrol gibi yavaş yavaş kullanım değerlerini kaybeden ürünler ise "azalan (decaying) ürünler" olarak sınıflandırılır. Kan bankaları, restoranlar ve süpermarket zincirleri gibi pek çok işletme için ürünün ömrünü dikkate almak işletmenin uzun dönemli alınan kararları için önemli bir rol oynamaktadır.

Klasik envanter kontrol modellerinde ürünlerin süresiz olarak değer kaybına uğramadan saklanabildiği varsayılmaktadır (Ding, 2013; Mousavi vd., 2014; Cárdenas-Barrón vd., 2015; Hnaien vd., 2016; Alikar vd., 2017). Hâlbuki bazı ürün çeşitleri zamanla bozulabilmekte veya modası ya da teknolojisi değişerek değerini kaybedebilmektedir. Ürünlerin bozulmasını dikkate almamak envanter kaybının ana kaynağı olan telafi edilemeyen stoksuzluk, atık ve hurda maliyetine sebep olmaktadır (Pahl ve Voß, 2010). Çünkü eldeki ürünlerin ömrünün bitmesi, envanter düzeyinin sıfıra düşmesine ve bir süre stoksuz çalışmasına sebep olacaktır.

Raf ömrü kısa olan ürünlerin uzun süre stokta bekletilip gelecek satış döneminde satılması mümkün değildir. Bu tür ürünler *tek dönemli envanter kontrolü* gerektirmektedir. Ancak, bozulma etkisini görebilmek için birden fazla periyodun dikkate alındığı modeller daha doğru sonuç vermektedir. Gazete satıcısı problemi gibi tek dönem üzerinden değerlendirme yapan modeller devamlı bozulma durumunu açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla, bu durum *çok dönemli envanter modellerinin* gelişmesini sağlamıştır. Tek ve çok dönemli envanter kontrol problemleri çalışmanın üçüncü bölümünde kapsamlı olarak açıklanmaktadır.

2.5. Tek veya Çok Amaçlı Envanter Modelleri

Küreselleşme ve bilgi teknolojisi ve iletişim kullanımındaki artış ile müşteriler, hem düşük maliyet hem de yüksek hizmet açısından daha talepkar hale gelmiştir. Envanter, herhangi bir tedarik zincirinde, maliyet ve hizmet arasında optimum denge sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir endüstrinin hayatta kalması ve büyümesi envanterin sağlıklı bir şekilde yönetilmesine bağlıdır (Srivastav ve Agrawal, 2015). Bu nedenle envanter yönetimi için farklı modeller geliştirilmiş olup bu modellerinin amacı, üzerinde çalışılacak envanter problemin durumuna göre saptanmaktadır.

Literatürdeki envanter kontrol problemlerinin çoğu tek bir amaca yönelik çeşitli maliyet (veya kâr) bileşenlerini veya hizmet gereksinimlerini

çermektedir. Ancak, son yıllarda çalışılan envanter optimizasyon çalışmalarında, maliyet veya hizmet seviyesi gibi çakışan farklı hedefleri tek bir amaç fonksiyonuna bağlı olarak optimize etmek yerine birden fazla amaç fonksiyonu içeren envanter modeller daha fazla tercih edilmektedir. Örneğin, bir envanter kontrol sistemi, müşteriler tarafından beklenen istenilen hizmet seviyesini korurken en az maliyetle çalışmalıdır (Tsou, 2008).

Literatürdeki çok amaçlı envanter problemleri, geleneksel yöntemleri kullanan çalışmalar (Mahapatra ve Maiti, 2005; Mandal vd., 2005) ve evrimsel hesaplama tekniklerini uygulayan çalışmalar olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Evrimsel hesaplama tekniklerinin kullanıldığı çok amaçlı envanter problemlerinde yazarlar çoğunlukla genetik algoritma (Das ve Maiti, 2007; Hosseini vd., 2009; Pasandideh vd., 2013; Mousavi vd., 2014), parçacık sürü optimizasyonu (Tsou, 2008; Srivastav ve Agrawal, 2015; Mousavi vd., 2016; Alikar vd., 2017) ve guguk kuşu algoritmasını (Srivastav ve Agrawal, 2017) tercih etmişlerdir.

2.6. Depo Yönetim Politikası

Depo yönetim politikası, bozulabilir envanter ürünlerinin depolanmasında ve takibinde önemli bir yer tutmaktadır. Literatürdeki çalışmaların çoğu FIFO (First In First Out - ilk giren ilk çıkar), LIFO (Last In First Out - son gelen ilk çıkar) ve SIRO (Sequence In Random Out - rastgele çıkar) prensiplerini benimsemektedir (Parlar vd., 2011; Pasandideh vd., 2011b). Ancak bu varsayımlar uygulamada her zaman sağlanmayabilir. Son çalışmalarda, bozulabilir ürünlerin depolanması için FIFO, LIFO ve SIRO gibi klasik depo yönetim stratejileri dışında, FEFO (First Expiry First Out - süresi önce biten ilk çıkar), LQFO (Lowest Quality First Out - düşük kaliteli ilk çıkar), LEFO (Last Expiry First Out - süresi geç biten önce çıkar) ve HQFO (Highest Quality First Out - yüksek kaliteli önce çıkar) gibi bazı özel depo yönetim politikaları geliştirilmiştir (Önal vd., 2015; Sazvar vd., 2016). Bu özel politikalar doğrudan raf ömrü veya ürün kalitesi ile ilgilidir.

FIFO politikası, her tür ürün yapısı için, depoya alınan siparişe göre envanterin rotasyon sırasını belirten genel depo politikasıdır. Özellikle bozulan ürünler için geliştirilen FEFO politikası ise, ürünlerin giriş tarihinden veya ediniminden bağımsız olarak, son kullanma tarihlerine (raf ömrü farklılıklarına) göre depodan gönderildiği özel bir depo prensibidir. Özellikle, kimyasal ve ilaç endüstrilerinde, son kullanma tarihleri ve raf ömrü temel alınarak FEFO politikası yaygın olarak uygulanmaktadır. FEFO stratejisinin uygulanması, ürün kalitesinin ve müşteri memnuniyetinin artırılmasının yanısıra, ürün kaybının ve stoksuzluk seviyelerinin azaltılması açısından firmaya oldukça yarar sağlamaktadır. LQFO politikasına göre ise düşük kaliteli ürünler öncelikli

olarak stoktan çıkarılmalı veya kaldırılmalıdır. Bu politika, açık bir sona erme tarihi olmayan bozulan ürünler için daha uygundur.

2.7. Kısıtlamalar

Klasik envanter modellerin çoğu, kısıtlama olmadan ya da bazı temel kısıtlamalara dayalı olarak geliştirilmiştir (Wagner ve Whitin, 1958; Silver, 1979; Hsu, 2003). Bu modellere zamanla aşağıdaki gibi çeşitli kısıtlamalar dahil edilmiştir (Silver; 2008):

- *Tedarikçi kısıtlamaları* minimum veya maksimum sipariş büyüklüğü/miktarı (Mousavi ve Pasandideh, 2011; Mousavi vd., 2014), parti büyüklüklerine getirilen kısıtlamalar (Lee ve Kang; 2008; Taleizadeh vd., 2009; Taleizadeh ve Niaki; 2009; Mousavi vd., 2016), ve tedarik süresi gibi kısıtlamalarından oluşmaktadır.
- *Pazarlama kısıtlamaları* müşteri hizmet seviyesi gibi hizmetin çeşitli şekillerde ölçülebileceği kısıtlamalardan oluşmaktadır (Hopp vd., 1997; Kasap vd., 2010).
- *İç kısıtlamalar* ise depolama alanı sınırlamaları (Das ve Maiti; 2007; Taleizadeh vd., 2009; Kim vd., 2015; Alikar vd., 2017), belirli bir sipariş/üretim süresi için kullanılacak maksimum bütçe kısıtlaması (Shao ve Ji, 2006; Wang vd., 2015; Pasandideh vd., 2017), maksimum iş yükü, makine ve teçhizat kapasitesi kısıtlamalarından oluşmaktadır.

2.8. Modelleme Metodu ve Çözüm Yaklaşımı

Her işletme; talep durumuna, üretim şekline, ürün ömrüne, mali olanaklarına, yönetim politikalarına ve diğer faktörlere bağlı olarak kendine özgü envanter kontrol yöntemleri ve tekniklerine ihtiyaç duymaktadır. Envanter kontrolü için gerekli olan bu yöntemler, basit sayma ve gözle kontrolden, bilgisayar destekli karmaşık modellere kadar değişen tarz ve yapıda olabilmektedir (Karahana ve Aslan, 2016). Literatürde bu tür modelleri çözebilmek için doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, dinamik programlama, geometrik programlama, stokastik programlama, gradyan tabanlı doğrusal olmayan programlama, karışık tam sayılı programlama ve bulanık geometrik programlama gibi pek çok sayıda matematiksel model geliştirilmiştir.

Bunların yanısıra, probleme yeni varsayımların ve kısıtların eklenmesi, modelin boyutunu, formülasyonunu, karmaşıklığını ve çözüm yaklaşımını doğrudan etkilemektedir. Modelin boyutunun büyümesi eski analitik yöntemler ile çözümünün güçleşmesine sebep olmaktadır. Bu çözüm güçlüğünden dolayı karmaşık yapıya sahip envanter

modellerinin çözümünde tam çözüm veren algoritmalarından sezgisel, meta-sezgisel ve hibrid yöntemler gibi birçok yeni yöntem geliştirilmiştir. Problemin yapısına göre, bulanık simülasyon (Shao ve Ji, 2006; Hosseini vd., 2009), gri sistem teorisi (Aydemir vd., 2015a; Aydemir vd., 2015b), genetik algoritma (Saraçoğlu vd., 2014; Sazvar vd., 2016), armoni araştırması (Taleizadeh ve Niaki, 2009; Alikar vd., 2017), benzetilmiş tavlama algoritması (Mousavi vd. 2013; Rezaeian vd., 2016), parçacık sürü optimizasyonu (Mousavi vd., 2014; Pasandideh vd., 2017), yapay sinir ağları (Gaiduk vd., 2002), guguk kuşu algoritması (Srivastav ve Agrawal, 2017) gibi farklı meta-sezgisel algoritmalar oldukça çalışılmıştır. Böylece, daha karmaşık ancak daha gerçekçi modelleri formüle edip en uygun ya da en uyguna yakın çözümler elde edilmesi sağlanmıştır.

3. Bilimsel Yazın Taraması

3.1. Tek Dönemli Envanter Modelleri

Hadley ve Whitin (1963) tarafından önerilen Tek Dönemli Envanter (TDE) problemi, bir dönemlik sipariş edilen ürün ya da hizmetler için kullanılan klasik bir envanter kontrol modelidir (Sezen, 2002). Talep tahmini bilgisiyle tek bir siparişin verildiği durumlarda, elde kalma ve yok satma maliyetlerini dengeleyerek tedarikçiye verilecek sipariş miktarının belirlenmesinde kullanılan bir matematiksel model olarak da tanımlanabilmektedir.

TDE, genellikle moda ve spor endüstrilerinde karar vermeye yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Bunların yanısıra, hizmet sektöründe (havayolu, otel vb.) mevcut kapasitenin yönetilmesi ve ileri rezervasyonların değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılabilmektedir (Chen ve Chen, 2010; Huang, 2015; Efendioğlu ve Bulkan, 2017). Tek dönemlik ürünlere örnek olarak elbise, ayakkabı gibi moda tabii ürünler; sebze, meyve, çiçek, et ve süt ürünleri gibi hızla bozulan ürünler; kandil simidi, kış lastiği, Noel ağacı gibi talebin mevsimsel değişiklik gösterdiği ürünler; bilgisayar donanım parçaları gibi teknolojisi hızla eskijen ürünler ve planlama ufku dahilinde belirsiz bir geleceği olan ürünler verilebilir (Walker, 1993). Literatürde, belirsiz talep altında tek satış dönemli ürünler için sipariş/üretim miktarının belirlenmesi problemi "gazete satıcısı problemi" olarak bilinir.

Gazete satıcısı probleminde, gazeteci çocuk belirli bir günde satmayı düşündüğü sayıda gazeteyi satın alarak, o gün elindeki tüm gazeteleri satmayı hedefler. Gazete satıcısı problemindeki bir takım varsayımlar şu şekilde sıralanabilir: a) talep belirsizdir ve genellikle belirli bir olasılık dağılımına uyduğu kabul edilir, b) ürünler bir dönemin başında alınır ve aynı dönemde satılır. Satılmayan ürünler bir sonraki döneme taşınmaz, c) yeterli miktarda envanter olmaması

durumunda ek sipariş söz konusu değildir, d) Dönemin sonunda herhangi bir envanter kalma durumunda, tüm ürünleri elden çıkarmak için ürünler ya sıfır kazanç (maliyetine satış) ya da maliyetinden çok daha düşük bir değere satılır, e) sipariş miktarının gerçekleşen talebin altında olduğu durumda, kayıp maliyet söz konusudur.

Literatürde, klasik TDE modellerinin çözümünde farklı amaç fonksiyonu altında iki yaklaşım kullanılmaktadır: İlk yaklaşımda, talep ve sipariş miktarı arasında bir denge oluşturmaya çalışılır ve önceden verilen sipariş miktarının talepten fazla ya da eksik olduğu durumlarda beklenen toplam maliyet minimize edilir. Talep miktarının sipariş miktarından fazla olduğu durumda kaybedilen para kazanılamayan gelirdir. Tersini durumda kaybedilen para, satılmayan envanter için ödenilen masraftır. İkinci yaklaşımda ise beklenen kâr maksimize edilir (Silver vd., 1998). Her iki yaklaşım da aynı sonuçları vermektedir. Hadley ve Whitin'in öncü olduğu TDE problemi gerçek uygulamalarda bazı sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle, karmaşık problemleri çözmek için yetersiz kalmaktadır. Klasik gazete satıcısı problemi ve onun çeşitli uzantıları, Khouja (1999) ve Silver vd. (1998) tarafından geniş bir biçimde incelenmiştir. Gazete satıcısı problemine yönelik Khouja (1999) tarafından öne sürülen bazı uzantılar;

- Farklı amaç ve fayda fonksiyonları içeren modeller
- Farklı tedarikçi fiyatlandırma politikası içeren modeller
- Farklı indirim politikaları içeren modeller
- Çok ürünlü modeller
- Çok dönemli modeller
- Çok aşamalı sistem içeren modeller
- Farklı talep yapısı içeren modeller
- ve diğerleri şeklinde ele alınmıştır.

Literatürde, klasik TDE modeline farklı uzantılar eklenerek çok sayıda model geliştirilmiştir. Tablo 1' de, tek dönemli envanter kontrol modeli üzerine yapılan çalışmaların özeti sunulmuştur. Her çalışma için geliştirilen modelin, ürün sayısı (tek/çok), sistemin aşama sayısı (tek /çok), ürün ömrü (sınırsız raf ömrüne sahip/ bozulabilen), talep türü (deterministik/ stokastik), amaç fonksiyonu sayısı (tek/ çok) ve depo yönetim politikası gibi özellikleri detaylı incelenmiştir. Ayrıca, model kısıtlamaları, modelleme metodu ve çözüm yaklaşımı gibi diğer ayrıntılar da Tablo 1' de belirtilmiştir.

Hadley ve Whitin (1963), tek kısıtlı ve tek dönemli envanter problemleri üzerine çalışmışlardır. Büyük boyuttaki problemleri çözmek için Langrange çarpanı yöntemini, küçük boyuttaki problemleri çözmek için ise marjinal analiz yaklaşımını benimsemişlerdir. Hadley ve Whitin'in çalışmasından sonra, gazete satıcısı problemi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Nahmias ve Schmidt (1984) belirsiz talep

altında, depolama kapasitesi veya bütçe kısıtlamalarına bağlı tek dönemli, çok ürünlü bir envanter modeli geliştirmişlerdir. Hadley ve Whitin (1963) yaptıkları çalışmadan farklı olarak klasik Langrange çarpanı yöntemine ek olarak sezgisel yöntem geliştirmişlerdir. Hopp vd. (1997) sipariş sayısı ve müşteri hizmet düzeyi kısıtları altında sürekli gözden geçirmeli envanter kontrol politikası (Q, r) ile tek dönemli, tek ve çok ürünlü envanter problemi çalışmışlardır. Problemin karmaşıklığı ve büyüklüğünden dolayı 3 farklı sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Vairaktarakis (2000) klasik tek dönemli envanter problemindeki tek ürün varsayımını genişletmiş ve bütçe kısıtlı, çok ürünlü envanter modeli geliştirmiştir. Çalışmasında, iki farklı belirsiz talep senaryosu kullanarak, çok ürünlü gazete satıcısı problemi için minimax pişmanlık yaklaşımını geliştirmiştir. Sharma (2004) sınırlı raf ömrüne sahip tek ürünlü ve tek dönemli envanter kontrol problemi üzerine matematiksel model geliştirmiş ve optimum çevrim süresi ve stoksuzluk seviyesini belirlemeyi hedeflemiştir.

Shao ve Ji (2006) bütçe kısıtı ve bulanık talep altında çok ürünlü gazete satıcısı problemini çalışmıştır. Genetik algoritma ve bulanık simülasyondan oluşan hibrid algoritma ile geliştirilen bulanık modeller çözülmüştür. Das ve Maiti (2007), bir tedarikçi ve birkaç perakendecinin bulunduğu rastgele talep içeren çok amaçlı, tek dönemli envanter problemi üzerine çalışmışlardır. Sınırlı depolama alanı kısıtı altında oluşturulan model çözmek için genetik algoritma kullanmışlardır. Panda vd. (2008) bütçe ve stoksuzluk kısıtlamaları altında üretim hızının sabit ve talebin olasılıklı olduğu kusurlu ürünlere yönelik bir ekonomik üretim parti büyüklüğü envanter modeli formüle etmişlerdir. Çalışmalarında, kusurlu ürünlerin yüzdesinin stokastik olduğunu ve kısıtlamalardaki belirsizliklerin niteliğini ise stokastik veya bulanık olduğunu varsaymışlardır. Gürler ve Özkaya (2008) çalışmalarında, rasgele raf ömrüne sahip bozulabilir ürünler için (s, S) politikasına sahip envanter kontrol problemlerini çalışmışlardır. Anlık envanter yenileme varsayımıyla genel bir raf ömrü dağılımına sahip ürünler için yeni bir model geliştirmişlerdir.

Taleizadeh vd. (2009), toplam kârı ve servis hızını arttırmak için çok ürünlü, çok amaçlı, tek dönemli envanter problemi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada, modele tüm birim ve artımlı miktar indirim politikaları dahil edilerek karma tamsayı doğrusal olmayan programlama geliştirilmiş ve kıyaslama yapabilmek için genetik algoritma ve hedef programlamadan oluşan karma bir yöntem geliştirilmiştir. Hosseini vd. (2009), çalışmalarında çok ürünlü, çok kısıtlı ve çok amaçlı gazete satıcısı problemini ele almışlardır. Problemden, kârı ve hedef hizmet oranını en üst düzeye çıkaracak şekilde sipariş miktarlarını bulmayı hedeflemiştir.

Tablo 1. Tek Dönemli Envanter Modeline Göre Yapılan Çalışmaların Sınıflandırılması

YIL	YAZAR(LAR)	ÜRÜN		AŞAMA		TALEP		ÜRÜN ÖMRÜ		AMAÇ		KISITLAMA	DEPO POLİTİKASI	MODELEME METODU	ÇÖZÜM YAKLAŞIMI
		Tek	Çok	Tek	Çok	Deterministik	Stokastik	Sınırsız	Bozulabilen	Tek	Çok				
1984	Nahmias ve Schmidt		*	*			*	*		*		B, D	-	DOP	L, S
1997	Hopp vd.	*		*			*	*		*		H, S	-	DOP	LAA, S
2000	Vairaktarakis		*	*			*	*		*		B	-	DOP	S
2004	Sharma	*		*			*		*	*		R	FIFO	DOP	A
2006	Shao ve Ji		*	*			*	*		*		B	-	BDOP	BS, GA
2007	Das ve Maiti		*		*		*		*	*		D	-	DOP	GA
2008	Panda vd		*	*			*	*		*		B, Ss	-	DOP	IGM
2008	Gürler ve Özkaya		*	*			*		*	*		R	FIFO	DOP	S
2009	Taleizadeh vd.		*	*			*	*		*		D, P, M	-	KTDOP	HGA
2009	Hosseini vd.		*	*			*	*		*		M, D, P	-	KTBDOP	BS, HP, PSO
2009	Taleizadeh ve Niaki		*				*	*		*		D, P	-	KTDOP	HMSA
2010	Kasap vd.		*	*			*	*		*		S, H	-	TDOP	S
2010	Zhang		*	*			*	*		*		M, B	-	KTDOP	L
2011a	Pasendideh vd	*			*		*	*		*		B	-	DOP	L, S
2011b	Pasandideh vd.		*		*	*		*		*		B, S, Ss	FIFO	KTDOP	GA
2012	Zhao vd.	*	*	*			*	*		*		K	-	DOP	İ, LAA
2012	Murray vd.		*	*			*	*		*		K, B, D	-	TDOP	S
2013	Zhou vd.		*		*		*	*		*		-	-	DOP	GA
2013	Chen ve Ho	*		*			*	*		*		M	-	BDOP	A
2013	Ding		*	*			*	*		*		D	-	BTDOP	DSA
2015	Wang vd.	*	*	*			*	*		*		B	-	DOP	TÇ
2016	Karimi vd.		*		*		*	*		*		B, D, M	-	KTDOP	TÇ
2016	Hnaien vd.	*		*			*	*		*		-	-	KTDOP	DSA, S
2017	Pasandideh vd.		*		*		*		*	*		Ü, B, M, Ss	-	KTDOP	PSO, BTA

KISITLAMA

P: Parti büyüklüğü, **B:** Bütçe, **S:** Sipariş sıklığı/miktarı, **D:** Depolama alanı, **Ü:** Üretim/ Satınalma kapasitesi, **Ç:** Çalışma süresi, **K:** Kaynak kısıtı, **İ:** İşlem süresi, **T:** Taşıma kapasitesi, **R:** Raf ömrü, **Pr:** Promosyon, **H:** Müşteri hizmet düzeyi, **Ss:** Stoksuzluk (Shortage) seviyesi, **M:** Fiyat miktar indirimi **Mg:** Müşteri grubu, **E:** Enflasyon

MODELEME METODU

DP: Doğrusal Programlama, **DOP:** Doğrusal Olmayan Programlama, **KTDP:** Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, **KTDOP:** Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama **TDOP:** Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama, **BDOP:** Bulanık Doğrusal Olmayan Programlama, **BTDOP:** Belirsizlik Teorisizle Doğrusal Olmayan Programlama, **KTBDOP:** Karma Tamsayılı Bulanık Doğrusal Olmayan Programlama

ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

TÇ: Tam Çözüm, **S:** Sezgisel Metod, **HGA:** Hibrid Genetik Algoritma, **MA:** Memetik Algoritma, **BTA:** Benzetilmiş Tavlama Algoritması, **PSO:** Parçacık Sürü Optimizasyonu **IGM:** İndirgenmiş Gradyan Metodu, **L:** Langrange çarpımı yöntemi **A:** Analitik çözüm, **LAA:** Lokal Arama Algoritması, **HMSA:** Hibrit Meta-Sezgisel Algoritma, **DSA:** Dal-Sınır Algoritması, **İ:** İteratif yöntem, **GA:** Genetik Algoritma, **BS:** Bulanık Simülasyon, **HP:** Hedef Programlama

Problem, tamsayılı doğrusal olmayan bulanık programlama modeli olarak modellenmiş ve bulanık simülasyon, hedef programlama ve parçacık sürüsü optimizasyonundan oluşan hibrid bir algoritma ile çözülmüştür. Talezadeh ve Niaki (2009) parti büyüklüğü ve depo kısıtları altında çok ürünlü, tek dönemli gazete satıcısı problemine artımlı miktar indirim politikasını dahil etmişlerdir. Geliştirilen çok amaçlı doğrusal olmayan tamsayılı programlama modelini çözmek için bulanık simülasyon, hedef programlama ve armoni araması algoritmasından oluşan yeni hibrit meta-sezgisel çözüm algoritması önermişlerdir.

Kasap vd. (2010) çalışmalarında, iş makinelerinin bakım onarım deposu için tek dönemli - çok ürünlü stokastik envanter modeli oluşturmuşlardır. Bu model ile yedek parçalara ait envanter parametrelerini ve yeniden sipariş noktasını belirleyip toplam envanter maliyetini minimize etmeyi hedeflemişlerdir. Modele sipariş sıklığı ve servis düzeyi kısıtlarını dahil edilerek doğrusal olmayan tamsayılı optimizasyon modeli oluşturulmuş ve geliştirilen sezgisel yöntem ile çözülmüştür. Zhang (2010) klasik gazete satıcısı problemine bütçe ve miktar indirimi kısıtlarını dahil etmiştir. Çalışmada, karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli geliştirilmiş ve problemi çözmek için Lagrange çarpanı yöntemi kullanılmıştır. Pasandideh vd. (2011a) bütçe kısıtı altında iki aşamalı tek ürünlü gazete satıcısı problemi üzerine çalışmışlardır. Problem ilk önce matematiksel olarak formüle edilmiş ve ardından doğrusal olmayan programlama modelini çözmek için bir Lagrange tabanlı çözüm algoritması önermişlerdir.

Pasandideh vd. (2011b) sipariş sıklığı/miktarı, beklenen geri sipariş sayısı ve bütçe kısıtı altında yıllık envanter yatırımını en aza indirgeyecek sürekli gözden geçirmeli iki aşamalı envanter sistemi için yeni bir model geliştirmişlerdir. Elde edilen problemin matematiksel modeli tamsayılı doğrusal olmayan programlama olarak gösterilmiş ve parametre-ayarlı genetik algoritma bir çözülmüştür. Zhao vd. (2012) sınırlı kaynak ve stokastik talep altında sürekli inceleme (r, Q) politikasına bağlı tek veya çok ürünlü envanter kontrol sistemlerini çalışmışlardır. Optimal veya optimale yakın çözüm bulmak için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Murray vd. (2012) çalışmalarında gazete satıcısı problemi için sipariş miktarının belirlenmesine ek olarak, satılan her bir ürünün satış fiyatının belirlenmesi gerektiğini ele almıştır. Geliştirilen matematiksel model klasik metotlarla çözülemediği için uygun bir forma dönüştürülmüş ve Nelder-Mead tekniğine dayalı optimizasyon prosedürü geliştirilmiştir.

Zhou vd. (2013) çalışmalarında birleşik ikmal stratejisini envanter sistemine uygulamış ve çok ürünlü ve çok aşamalı envanter kontrol modeli geliştirmişlerdir. Model, bir üretici, birden fazla tedarikçi, distribütör ve müşteriden oluşturulmuş ve

GA ile tasarlanan bir algoritma ile çözülmüştür. Chen ve Ho (2013) bulanık talep ve miktar indirimi altında tek siparişli gazete satıcısı problemini çalışmışlardır. Geliştirilen bulanık toplam maliyet fonksiyonları Yager sıralama yöntemi ile dışbükey ve doğrusal olmayan fonksiyonlara dönüştürülmüş ve analitik olarak çözülmüştür. Ding (2013) belirsiz talep ve depolama alanına sahip çok ürünlü gazete satıcısı problemi üzerine çalışmıştır. Belirsiz depolama kısıtı altında oluşturulan model klasik tamsayılı programlama yöntemi ile çözülecek şekilde eşdeğer deterministik forma dönüştürülmüş, daha sonrasında dal-sınır algoritması ile çözülmüştür.

Wang ve vd. (2015) çalışmalarında piyasa taleplerini belirsiz rasgele değişken olduğunu varsayarak bütçe kısıtlı, tek/çok ürünlü, tek dönemli envanter modelleri geliştirmişlerdir. Pasandideh vd. (2011a) çalışmasında olduğu gibi, Karimi vd. (2016) bütçe kısıtı altında iki aşamalı tek dönemli envanter kontrolü problemi üzerine çalışmışlardır. Ancak, geliştirdikleri modeli gerçeğe yakın sorunlara uygulanabilir hale getirmek için, modele tedarikçi ve araç seçimi, yeşil ulaşım, miktar indirimi ve depolama alanı gibi ilave kısıtlamaları dahil etmişlerdir.

Hnaien vd. (2016) stokastik teslim süresi ve talep altında tek seviyeli montaj sistemi için tek dönemli envanter modeli üzerine çalışmışlardır. Çözüm yaklaşımı olarak, dal sınır algoritmasına dayanan yeni bir yöntem önermişlerdir. Pasandideh vd. (2017) çalışmalarında, satış aşamasından önce hem nihai ürünlerin hem de hammaddelerin sipariş boyutunu belirleyerek müşteri taleplerinin karşılanmasını ve mevcut bütçede beklenen kârın en yükseğe çıkarılmasını hedeflemişlerdir. Problem ilk olarak matematiksel olarak formüle edilmiş ve ardından doğrusal olmayan programlama modelinin optimuma yakın bir çözümünü bulmak için modifiye edilmiş parametre ayarlı parçacık sürüsü optimizasyon algoritması kullanılmıştır.

3.2. Çok Dönemli Envanter Modelleri

Klasik TDE modellerindeki varsayımların karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalması nedeniyle, problem yapısına göre ek varsayımlarla veya mevcut varsayımların gevsetilmesiyle pek çok yeni envanter modelleri geliştirilmiştir (Sulak ve Eroğlu, 2009). Bu yaklaşımlardan biri de birden fazla planlama periyodu içeren modellerdir. Çok dönemli envanter modellerinin, tek dönemli envanter modellerinden ayrılan temel özelliği daha önceki dönemlerde kalan envanterleri bir sonraki dönemde hesaba katmalarıdır. Bu nedenle, en uygun sipariş miktarını belirlemek daha zor ve karmaşık hale gelmektedir.

Çok dönemli envanter kontrol problemleri esas olarak sabit sipariş miktarı ve sabit sipariş periyodu olmak üzere iki varsayımdan birini kullanarak incelenmektedir. Sabit sipariş miktarı sisteminde, bir

envanter kalemi, önceden belirlenmiş envanter miktarı seviyesine (yeniden sipariş verme noktası) düştüğünde sabit oranda sipariş verilir. Yeniden sipariş seviyesini belirlenirken, ürünler için talep, birim başına maliyet, sipariş maliyetleri, teslim süresi ve elde tutma maliyetleri göz önünde bulundurulur. Bu yöntemde sipariş verilme zamanı önceden bilinmeyip sipariş miktarı baştan sabit olarak belirlenmektedir. Sabit sipariş miktarı modelleri, ürün talebinin sabit olduğu, ürün teslim süresinin bilinip güvenilir olduğu, fiyatın değişmediği, sipariş maliyetlerinin sabit olduğu ve ürünün tüm siparişlerinin doldurulduğu istikrarlı durumlarda kullanılır. Bu nedenle, dönemtan periyoda büyük farklılıklar gösteren bir talep yapısı için bu model uygun değildir.

Sabit sipariş periyodu modelinde ise siparişler, belirli ve önceden belirlenmiş bir zaman diliminin sonuna, örneğin hafta veya ayın sonunda verilir. Bu durumda, sipariş miktarı, ihtiyaç duyulan envanter miktarına bağlı olmaktadır. Çok çeşitli envanter kalemlerinin olduğu durumlar için uygulanması güç bir yöntemdir. Bu tür modellerde, sürekli inceleme ve periyodik gözden geçirme büyük ölçüde kullanılan önemli politikalar. Sürekli gözden geçirme politikasına dayanan sabit sipariş miktarı modelinde kullanıcı, istediği zaman hareket etme ve siparişleri mevcut envanter seviyesine göre yenileme özgürlüğüne sahiptir. Öte yandan, periyodik inceleme politikasına dayanan sabit sipariş periyodu modelinde ise envanter seviyeleri yalnızca bir siparişin verileceği sırada kontrol edilir.

Son yıllarda çok dönemli envanter kontrolü alanında literatürde çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 2' de özetlenmiştir. Her çalışma için problem tipi (tek/ çok ürünlü, tek/ çok aşamalı, tek/ çok amaçlı), ürün ömrü (sınırsız raf ömrü, bozulabilen ürünler), talep türü (deterministik/stokastik) belirlenmiş ve Tablo 2' de gösterilmiştir. Ayrıca, depo yönetim sistemi, kısıtlamalar, modelleme metodu ve çözüm yaklaşımı gibi diğer ayrıntılara da değinilmiştir.

Çok dönemli stok- parti boyutlandırma probleminin kökeni 1950'lere dayanmaktadır. İlk olarak, Wagner ve Whitin (1958), talep miktarının bilindiği T dönemli, tek ürünlü ve tek aşamalı dinamik parti büyüklüğü belirleme problemini çözmek için dinamik programlama tabanlı bir algoritma geliştirmişlerdir. Modelde, tüm dönemlerin taleplerinin karşılanması ve toplam maliyetin (elde bulundurma ve hazırlık maliyeti) minimize edilmesi hedeflenmiştir. Silver (1979) Wagner ve Whitin'in (1958) çalışmasında olduğu gibi, çok dönemli envanter problemindeki tek ürün varsayımını genişletmiş ve iki ürünlü envanter problemleri için dinamik programlama formülasyonu geliştirmişlerdir. Çalışmada, dinamik programlama yaklaşımının küçük boyutlara sahip problemleri hesaplama açısından makul olduğu gösterilmiştir.

Ancak, büyük problemler için ise sezgisel çözüm yöntemlerinin gerekli görüldüğünü vurgulamışlardır. Hsu (2003) bozulabilir ürünler için elde tutma ve üretim (satılma) maliyetlerini minimize etmek için polinom zamanlı dinamik programlama tabanlı algoritma önermiştir. Önerilen modelde, T periyodu boyunca tek bir ürünün olduğu ve bekleyen sipariş maliyetine (backorder) izin verildiği hesaba katılmıştır. Gen ve Sharif (2005) kaynak kısıtı altında çok dönemli ve çok ürünlü üretim/dağıtım veya envanter problemlerini çözmek için bulanık mantık ve yayılan ağaç tabanlı- genetik algoritmanın birlikte kullanıldığı hibrid algoritma önermişlerdir. Önerilen hibrid algoritmanın klasik ağaç tabanlı-genetik algoritmaya göre daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Lee ve Kang (2008) çalışmalarında, sabit parti-boyutu, sınırlı depolama alanı ve fiyat miktar indiriminin dikkate alındığı çok dönemli tek ürünlü envanter kontrol problemleri için model geliştirmişlerdir.

Broekmeulen ve Van Donselaar (2009) çalışmalarında FIFO ve LIFO tabanlı depo yönetim sistemi için tek ürünün ele alındığı çok dönemli tedarik problemi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma ile envanter yaşını dikkate alan ve yalnızca çok basit hesaplamalara ihtiyaç duyan bozulabilir ürünler için envanter yenileme politikası önerilmiştir. Bai vd. (2010) bozulabilir ürünler için parti büyüklüğü belirleme problemi üzerine çalışmışlardır. Elde edilen problemin matematiksel modeline bekleyen sipariş maliyeti (backorder) dahil edilmiş ve sezgisel algoritma ile çözülmüştür. Pahl ve Voß (2010), dinamik talep altında birden fazla bozulabilen ürünlerin bulunduğu envanter problemini çalışmışlardır. Geliştirdikleri modelde, elde bulundurma, kurulum ve bertaraf masraflarını en aza indirmeyi hedeflemişlerdir.

Choudhary ve Shankar (2011) tek bir ürünün tek bir tedarikçiden tedarik edildiği ve çok dönemli, çok amaçlı parti-büyüklüğü belirleme problemi için karma tamsayı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, ürünleri tüm birim miktar indirimi politikasında sattığı varsayılmıştır. Tedarikçinin üretim kapasitesini ve alıcının depo kapasitesini göz önünde bulundurarak red ve geç teslimatları hesaba katmışlardır. Mousavi ve Pasandideh (2011) çalışmalarında sezonluk ürünler için çok dönemli ve çok ürünlü bir envanter kontrolü problemi için paranın zaman değerini dahil ederek en uygun sipariş miktarlarını bulmayı hedeflemişlerdir. Modele, depolama alanı kısıtı ve tüm birim miktar indirimi politikası dahil edilmiş, 0-1 karma tamsayı programlama tekniği ile modellenmiştir.

Tablo 2. Çok Dönemli Envanter Modeline Göre Yapılan Çalışmaların Sınıflandırılması

YIL	YAZAR(LAR)	ÜRÜN		AŞAMA		TALEP		ÜRÜN ÖMRÜ		AMAÇ		KISITLAMA	DEPO POLİTİKASI	MODELLEME METODU	ÇÖZÜM YAKLAŞIMI
		Tek	Çok	Tek	Çok	Deterministik	Stokastik	Sınırsız	Bozulabilen	Tek	Çok				
1958	Wagner ve Whitin	*		*		*		*		*		-	-	DP	TÇ
1979	Silver		*		*	*		*		*		-	-	DP	TÇ
2003	Hsu	*		*		*			*	*		-	-	DOP	TÇ
2005	Gen ve Syarif		*		*	*		*		*		K	-	KTDP	HGA
2008	Lee ve Kang	*		*		*		*		*		P, D, M	-	KTDP	TÇ
2010	Bai vd.	*		*		*			*	*		-	-	DOP	S
2010	Pahl ve Voß		*	*		*			*	*		Ü	-	KTDP	S
2011	Choudhary ve Shankar	*		*		*		*			*	D, Ü, M	-	KTDP	TÇ
2011	Mousavi ve Pasandideh		*	*		*			*	*		D, P, M	-	KTDP	GA
2013	Helber vd.		*	*			*	*		*		Ü	-	DOP	S
2013	Pasandideh vd.		*	*		*		*		*		D, P, M	-	KTDP	GA, MA
2013	Mousavi vd.		*	*		*		*		*		D, B, S, P, M	-	KTDP	GA, BTA
2013	Toledo vd.		*		*	*		*		*		Ü	-	KTDP	HGA
2014	Saraçoğlu vd.		*	*		*	*		*	*		B, D, R, Pr	FIFO	TDP	GA
2014	Mousavi vd.		*	*		*		*		*		B, D, P, M	-	KTDP	ÇAGA, ÇAPSO
2015	Kim vd.	*		*			*		*	*		D	-	SP	İ
2015	Cárdenas-Barrón vd.		*	*		*		*		*		-	-	KTDP	S
2015	Önal vd.	*		*		*			*	*		Ü	FEFO, LIFO LEFO, FIFO	KTDP	TÇ
2016	Rezaeian vd.		*		*	*			*	*		Ü, T, R	FIFO	KTDP	GA, BTA
2016	Sazvar vd.		*	*		*			*	*		D, R, P	FEFO	DOP	GA, PSO
2016	Mousavi vd.		*	*		*		*		*		M, B, T, S, E, P	-	KTDP	ÇAPSO, BSGA - II, BSGA
2017	Alikar vd.		*	*		*		*		*		B, T, Ü, D, M, A	-	KTDP	ÇAPSO, ÇAAA, BSGA - II

KISITLAMA

P: Parti büyüklüğü, B: Bütçe, S: Sipariş sıklığı/miktarı, D: Depolama alanı, Ü: Üretim/ Satınalma kapasitesi, Ç: Çalışma süresi, K: Kaynak sınıtı, İ: İşlem süresi, T: Taşıma kapasitesi, R: Raf ömrü, Pr: Promosyon, H: Müşteri hizmet düzeyi, Ss: Stoksuzluk (Shortage) seviyesi, M: Fiyat miktar indirimi Mg: Müşteri grubu, E: Enflasyon, A: Ağırlık

MODELLEME METODU

DP: Doğrusal Programlama, DOP: Doğrusal Olmayan Programlama, KTDP: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, KTDP: Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama TDOP: Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama, BDOP: Bulanık Doğrusal Olmayan Programlama, BTDP: Belirsizlik Teorisiyle Doğrusal Olmayan Programlama, KTDOP: Karma Tamsayılı Bulanık Doğrusal Olmayan Programlama, SP: Stokastik Programlama

ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

TÇ: Tam Çözüm, S: Sezgisel, HGA: Hibrid Genetik Algoritma, MA: Memetik Algoritma, BTA: Benzetilmiş Tavlama Algoritması, PSO: Parçacık Sürü Optimizasyonu IGM: İndirgenmiş Gradyan Metodu, L: Langrange çarpanı yöntemi A: Analitik çözüm, LAA: Lokal Arama Algoritması, HMSA: Hibrit Meta-Sezgisel Algoritma, DSA: Dal-Sınır Algoritması, İ: İteratif yöntem, GA: Genetik Algoritma, BS: Bulanık Simülasyon, HP: Hedef Programlama, ÇAGA: Çok Amaçlı Genetik Algoritma, ÇAPSO: Çok Amaçlı Parçacık Sürü Optimizasyonu, ÇAAA: Çok Amaçlı Armoni Araştırması, BSGA: Bastırılmamış Sıralı Genetik Algoritma. BSGA - II: Bastırılmamış Sınıflandırılmalı Genetik Algoritma - II

Helber vd. (2013) literatürdeki tek seviyeli, çok dönemli ve çok ürünlü ürünün parti büyüklüğü belirleme problemini stokastik talep ve kapasite kısıtı altında doğrusal olmayan programlama tekniği ile modellemişlerdir. Pasandideh vd. (2013) tüm birim ve artımlı miktar indiriminin ele alındığı sınırlı depolama alanı kısıtı altında çok dönemli ve çok ürünlü bir envanter kontrol modeli geliştirmişlerdir. Ürünlerin farklı dönemlerde en uygun sipariş miktarlarını belirlemeyi ve böylece toplam envanter maliyetini en aza indirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada, problemi modellemek için, 0-1 karma tamsayılı programlama geliştirilmiş ve kıyaslama yapabilmek için genetik ve memetik algoritma kullanılmıştır.

Mousavi vd. (2013) çalışmalarında, literatürdeki çok dönemli ve çok ürünlü ürünün envanter kontrol problemlerine ek olarak modele enflasyon ve faiz faktörlerini dahil etmişlerdir. Ürünlerin optimum sipariş miktarlarını belirlemeyi ve böylece toplam sistem maliyetinin net bugünkü değerinin en aza indirmeyi hedeflemişlerdir. Model NP-zor olduğundan, önerilen matematiksel modeli çözmek için GA ve benzetilmiş tavlama algoritması (BTA) kullanılmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Toledo vd. (2013) çok seviyeli parti büyüklüğü belirleme problemini kısa sürede çözmeye yönelik yeni bir hibrit genetik algoritma (HGA) önermişlerdir. Önerilen yöntem ile GA'dan elde edilen çözümler karşılaştırılmış, hesaplama zamanı açısından HGA'nın daha iyi performans gösterdiğini göstermişlerdir. Saraçoğlu vd. (2014) çalışmalarında değişken (stokastik/ deterministik/ mevsimsel) talebe bağlı bozulabilecek ilaçlar için raf ömrü, depolama alanı, bütçe ve verilen sipariş miktarına bağlı promosyon (ekstra ürün) kısıtları altında çok dönemli ve çok ürünlü envanter kontrol modeli geliştirmişlerdir.

Mousavi vd. (2014) çalışmalarında tüm birim ve artımlı miktar indirim politikasına sahip ürünler için çok dönemli, çok amaçlı, çok ürünlü envanter kontrol modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde, taleplerin farklı dönemlerde değiştiği, bütçenin sınırlı olduğu, siparişlerin belirli parti büyüklüğünde geldiği göz önüne alınmıştır. Model bulanık çok kriterli karar verme çerçevesinde formüle edilmiş ve karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama türü ile modellenmiştir. Ayrıca, modeli çözmek için parçacık sürü optimizasyonu (PSO) çözüm yaklaşımı uygulanmıştır. Kim vd. (2015) durağan olmayan talebe sahip çok dönemli gazete satıcısı problemini çalışmışlardır. Problem, çok aşamalı stokastik programlama modeli olarak formüle edilmiş, aşamalı hedge yöntemi ile çözülmüştür.

Cardenas Barron vd. (2015) çok ürünlü çok dönemli envanter parti boyutlandırma ile tedarikçi seçimi problemini çözmek için sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Önerilen algoritma ile CPLEX optimizasyon yazılımından elde edilen çözümler karşılaştırılmış, çözüm kalitesi ve hesaplama zamanı

açısından sezgisel algoritmanın daha iyi performans gösterdiğini göstermişlerdir. Önal vd. (2015) çalışmalarında çok dönemli tek ürünlü parti-boyutlandırma problemine FIFO, LIFO, FEFO, ve LEFO gibi depo yönetim politikalarını dahil etmişlerdir. Geliştirilen modelde, taleplerin farklı dönemlerde değiştiği ve ürünlerin tedarik süresine bağlı olarak belirli son kullanma süresine sahip zamanla bozulabilir ürünler oldukları göz önüne alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, FEFO' nun en küçük ve LEFO' nun ise en büyük maliyet oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Rezaeian vd. (2016) çalışmalarında sınırlı depolama alanı kısıtı altında sabit bir ömür süresi olan bozulabilen ürünler için üretim ve dağıtımın dahil olduğu iki aşamalı üretim/dağıtım ve envanter planlaması problemini ele almışlardır. Çalışmada, kurulum maliyeti, elde bulundurma maliyeti, stoksuzluk maliyeti, bozulma maliyetleri, nakliye maliyetleri ve üretim maliyetleri modele dahil edilmiştir. Sazvar vd. (2016), çalışmalarında sınırlı raf ömrüne sahip ürünlerin olduğu FEFO tabanlı depo yönetim sistemine sahip çok ürünlü ve çok dönemli envanter kontrol problemini sınırlı depolama alanı kısıtı altında kapsamlı bir şekilde çalışmışlardır. Onal vd. (2015)' nin yaptıkları çalışmadan farklı olarak modelde, elde bulundurmama, kurulum ve kullanım süresinin bitmesinden kaynaklanan çeşitli maliyet türleri göz önüne alınmıştır. Önerilen model doğrusal modele çevrilmiş, sonrasında GA ve PSO algoritması ile çözülmüştür.

Mousavi vd. (2016) çalışmalarında, enflasyon ve tüm birim miktar indirim politikası altında toplam envanter maliyeti (sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyeti, elde bulundurmamam maliyeti ve satın alma maliyeti) ve toplam gerekli depolama alanını en aza indirmeyi hedefleyen çok ürünlü, çok dönemli ve çok amaçlı envanter modeli geliştirmişlerdir. Modeli çözmek için, GA ve PSO' dan oluşan 3 farklı çok amaçlı optimizasyon algoritması önerilmiştir. Sonuçlar, üç algoritmanın farklı metrikler açısından farklı performanslara sahip olduğunu göstermiştir. Alikar vd. (2017) seri-paralel sistemlerde envanter kontrol problemini çalışmışlardır. Literatürdeki çok amaçlı envanter kontrol problemlerinden farklı olarak matematiksel modeli çözmek için Çok Amaçlı Armoni Araştırması (CAAA) kullanmışlardır.

4. Sonuç ve Tartışma

Envanter kontrol modelleri üzerine yayınlanan akademik yayınların sayısı son yıllarda büyük ölçüde artmıştır. Bu çalışmada, tek veya çok dönemli olma durumuna göre envanter problemleri ana hatlarıyla anlatılmıştır. Problemin yapısına bağlı olarak çalışmalar; talep türü, ürün sayısı ve ömrü, sistem yapısı, amaç fonksiyonu sayısı ve depo yönetimi politikaları gibi kriterler temelinde tablolar halinde

sınıflandırılmıştır. Ayrıca; kısıtlamalar, modelleme yöntemi ve çözüm yaklaşımı gibi diğer ayrıntılara da yer verilmiştir.

Klasik envanter modellerinin geneline bakıldığında, talebin birer birer gerçekleştiği varsayımı yapılmaktadır. Ancak, bu varsayım son çalışmalarda, talebin belirli büyüklükteki partiler halinde gerçekleştiği varsayımı ile genişletilmiştir. Ayrıca, talebin belirsiz olma durumunda olasılık teorisine alternatif bir yaklaşım olarak bulanık küme teorisinin ele alındığı çalışmalar da bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmaların genelinde, gazete satıcısı probleminde olduğu gibi talebin tek dönemde gerçekleştiği problemler oldukça çalışılmaktadır. Ancak, tek dönemli envanter kontrol modelleri, ürünlerin devamlı bozulma durumunu açıklamakta yetersiz kaldığı için, son yıllarda kısa raf ömrüne sahip ürünlerin ele alındığı çok dönemli envanter problemleri üzerine çalışmaların sayısı büyük ölçüde artmıştır. Çünkü ürün ömrü envanter politikasının belirlenmesinde önemli bir rol oynamakta ve dikkate alınmaması durumunda, büyük miktarda atık ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Tek ürünlü envanter problemlerine kıyasla çok ürünlü envanter kontrol problemlerini ele alan çalışmalar da son yıllarda sıklıkla çalışılmaktadır. Çünkü, gerçek hayatta birden fazla ürün çeşidinin dikkate alındığı çalışmalar gerçeği daha iyi yansıtmaktadır. Ancak her ürün çeşidinin farklı sınırlı ömrünün (son kullanma tarihi) olması nedeniyle en uygun sipariş verme politikasının belirlenmesi oldukça zor olmaktadır. Çünkü bu tür problemlerde her bir ürün için, son kullanım tarihi, stoklama süresi, envanter seviyesi vb. bazı ek faktörler dikkate alınmalıdır.

Belirsiz talep altında kısa raf ömrüne sahip birden fazla ürünün bulunduğu, üretim ve dağıtım faaliyetlerinin bir arada yürütüldüğü çok aşamalı sistemlerde envanter kontrolü yapmak oldukça zordur. Tek ve çok dönemli envanter modellerinin karmaşık hale geldiği bu problemler sıkça çalışılmaktadır. Bu problemlere, FIFO ve LIFO gibi klasik stoktan çıkma prensiplerinin yanı sıra, ürünlerin raf ömrü ve kalitesinin dikkate alındığı FEFO, LQFO, LEFO ve HQFO gibi yeni depo yönetim politikaları envanter modellerine dahil edilmiştir. Literatürdeki envanter kontrol problemlerinin çoğu tek bir amaca yönelik çeşitli maliyet (veya kâr) bileşenlerini veya hizmet gereksinimlerini içermektedir. Ancak, son yıllarda çalışılan envanter optimizasyon çalışmalarında, maliyet veya hizmet seviyesi gibi çakışan farklı hedefleri tek bir amaç fonksiyonuna bağlı olarak optimize etmek yerine birden fazla amaç fonksiyonu içeren envanter modelleri daha fazla tercih edilmektedir. Geliştirilen tüm bu modellere bütçe ya da depolama alanı gibi genel sınırlamalara ek olarak, paranın zaman değeri, enflasyon, promosyon, fiyat miktar indirimi, kaynak ve taşıma kapasitesi vb. kısıtlamaların dahil edilmesi

problemleri daha çok karmaşıklarıştırmakta, çözümü güçleştirmektedir. Bu tür problemlerin eski analitik yöntemlerle çözümü oldukça zor olduğu için, son çalışmalarda daha verimli sezgisel yaklaşımların gelişmesi sağlamıştır. Bu nedenle, son yıllarda bulanık mantık, meta-sezgiseller ve bunların birlikte (hibrit) kullanıldığı yeni yaklaşımlar oldukça çalışılmış ve gerçek hayatı daha doğru yansıtan modeller için iyi çözümler elde edilmesi sağlanmıştır.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors

Kaynaklar

- Alikar N., Mousavi S.M, Raja Ghazilla R.A., Tavana M., Oluğu E.U., (2017). Application of the NSGA-II Algorithm to a Multi-Period Inventory-Redundancy Allocation Problem in A Series-Parallel System, Reliability Engineering & System Safety, 160, 1-10.
- Axsater S., Nuttle H. L.W., (1987). Combining Items for Lot Sizing in Multi-Level Assembly Systems. International Journal of Production Research, 25, 795-807.
- Aydemir E., (2015). Inventory Management and Extensions: A review of Economic Production Models. Anadolu University Journal of Social Sciences, 15 (3), 97-112.
- Aydemir E., Bedir F., Ozdemir G., Eroglu A., (2015a). An EPQ Model with Imperfect Items Using Interval Grey Numbers. An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications, 5(1), 21-32.
- Aydemir, E., Bedir, F., Ozdemir, G., (2015b). Degree of Greyness Approach for an EPQ Model with Imperfect Items in Copper Wire Industry. The Journal of Grey System, 27 No. 2, 13-26.
- Bai Q.-G., Zhang Y.-Z., Dong G.-L., (2010). A Note on an Economic Lot-Sizing Problem with Perishable Inventory and Economies of Scale Costs: Approximation Solutions and Worst Case Analysis. International Journal of Automation and Computing, 7, 132-136.
- Bakker M., Riezebos J., Teunter R.H. (2012). Review of Inventory Systems with Deterioration Since 2001. European Journal of Operational Research, 221(2), 275-284.
- Cárdenas-Barrón L.E., González-Velarde J.L., Treviño-Garza G., (2015). A New Approach to Solve the Multi Product Multi-Period Inventory Lot Sizing

- with Supplier Selection Problem. *Computers & Operations Research*, 64, 225-232.
- Chen L., Chen Y., (2010). A Multiple-item Budget-Constraint Newsboy Problem with a Reservation Policy. *OMEGA*, 38(6), 431-439.
- Chen S.-P., Ho Y.-H., (2013). Optimal Inventory Policy for the Fuzzy Newsboy Problem with Quantity Discounts, *Information Sciences*, 228, 75-89.
- Choudhary D., Shankar R., (2011). Modeling and Analysis of Single Item Multi-Period Procurement Lot-Sizing Problem Considering Rejections and Late Deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 1318-1323.
- Clark A.J., Scarf H., (1960). Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem, *Management Science*, 5(4), 475-490.
- Çekiç B., (2015). Tedarik Zincirlerinde Durağan Olmayan Talep Altında Çok Kademeli Stok Kontrol Yönetimi için bir Stokastik Programlama Yaklaşımı, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 2015, 45-77.
- Das B., Maiti M., (2007). An Application of Bi-Level Newsboy Problem in Two Substitutable Items Under Capital Cost, *Applied Mathematics and Computation*, 190 (1), 410-422.
- Dem H., Singh S., Kumar J., (2014). An EPQ Model with Trapezoidal Demand Under Volume Flexibility. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5(1), 127-138.
- Ding S., (2013). Uncertain Multi-Product Newsboy Problem with Chance Constraint, *Applied Mathematics and Computation*, 223 (2013), 139-146.
- Efendioğlu D., Bulkan S., (2017). Capacity Management in Hotel Industry for Turkey. *Handbook of Research on Holistic Optimization Techniques in the Hospitality, Tourism, and Travel Industry*, 286-304.
- Eroğlu A., (2002). *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi.
- Gaiduk A. R., Vershinin Y. A., West M. J., (2002). Neural Networks and Optimization Problems, *Proceedings of the IEEE International Conference on Control Applications*, 1, 37-41, September 2002.
- Gen M., Syarif A., (2005). Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Time Period Production/Distribution Planning. *Computers & Industrial Engineering*, 48, 799-809.
- Goyal S., Giri B., (2001). Recent Trends in Modeling of Deteriorating. *European Journal of Operational Research*, 134 (1), 1-16.
- Gürler Ü., Özkaya B.Y., (2008). Analysis of the (s, S) Policy for Perishables with a Random Shelf Life. *IIE Transactions*, 40, 759-781.
- Hadley G., Whitin T.M., (1963). *Analysis of Inventory Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Harris, F.W., 1913. How Many Parts to Make at Once. *Factory The Magazine of Management*, 10, 135-136.
- Helber S., Sahling F., (2013). Dynamic Capacitated Lot Sizing with Random Demand and Dynamic Safety Stocks. *OR Spectrum* 35, 75-105.
- Hnaïen F., Dolgui A., Wu D.D., (2016). Single-period Inventory Model for One-level Assembly System with Stochastic Lead times and Demand. *International Journal of Production Research*, 54, 186-203.
- Hopp W.J., Spearman M.L., Zhang R.Q., (1997). Easily Implementable Inventory Control Policies. *Operations Research*, 45, 327-340.
- Hosseini S.V., Moghadasi H., Noori A.H., Royani M.B., (2009). Newsboy Problem with Two Objectives, Fuzzy Costs and Total Discount Strategy. *Journal of Applied Sciences*, 9, 1880-1888.
- Hsu V., (2003). An Economic Lot Size Model for Perishable Products with Age-Dependent Inventory and Backorder Costs. *IIE Transactions*, 35(8), 775-780.
- Huang M. G., 2015. Optimal Ordering Policy for Perishable Items in an Advanced Booking System with Stochastic Reservation Cancellations. *International Journal of Information and Management Sciences*, 26(3), 271-290.
- Janssen L., Claus T., Sauer J., (2016). Literature Review of Deteriorating Inventory Models by Key Topics From 2012 to 2015, *International Journal of Production Economics*, 182, 86-112.
- Kahraman C., Öztaysi B., (2014). *Supply Chain Management under Fuzziness*, Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing: Recent Developments and Techniques, 313, Springer Verlag.
- Kahraman C., Yavuz M., (2010). *Production Engineering and Management under Fuzziness*, Springer-Verlag, Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing.
- Karaesmen I.Z., Scheller-Wolf A., Deniz B., (2011). Managing Perishable and Aging Inventories: Review and Future Research Directions. *International Series in Operations Research & Management Science*, 151, 393-436.
- Karahan M., Aslan Ş., (2016). Bir Çimento Fabrikasında Hammadde Stok Kontrolü Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 773-783.

- Karimi M., Niknamfar A.H., Pasandideh S.H.R., (2016). Two-stage Single Period Inventory Management for A Manufacturing Vendor under Green-Supplier Supply Chain. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 1-15.
- Kasap N., Biçer İ., Yüksel Özkaya B., (2010). Stokastik Envanter Model Kullanılarak İş Makinelerinin Onarımında Kullanılan Kritik Yedek Parçalar için Envanter Yönetim Sistemi Oluşturulması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(2), 310-334.
- Khouja M.J., (1999). The Single-period (News-vendor) Problem: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Omega*, 27(5), 537-553.
- Kim G., Wu K., Huang E., (2015). Optimal Inventory Control in A Multi-Period Newsvendor Problem with Non-Stationary Demand. *Advanced Engineering Informatics*, 29(1), 139-145.
- Lee A.H.I., Kang H.Y., (2008). A Mixed 0-1 Integer Programming for Inventory Model: A Case Study of TFT-LCD Manufacturing Company in Taiwan. *Kybernetes*, 37 (1), 66-82.
- Mahapatra N.K., Maiti M., (2005). Multi-objective Inventory Models of Multi-items with Quality and Stock-Dependent Demand and Stochastic Deterioration. *Advanced Modeling and Optimization*, 7 (1), 69-84.
- Mandal N.K., Roy T.K., Maiti M., (2005). Multi-objective Fuzzy Inventory Model with Three Constraints: A Geometric Programming Approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 150, 87-106.
- Mousavi S.M., Hajipour V., Niaki S.T.A., Alikar N., (2013). Optimizing Multi-item Multi-Period Inventory Control System With Discounted Cash Flow And Inflation: Two Calibrated Meta-Heuristic Algorithms. *Applied Mathematical Modelling*, 37, 2241-2256.
- Mousavi S.M., Niaki S.T.A., Bahreininejad A., Musa S.N., (2014). Multi-item Multi-periodic Inventory Control Problem with Variable Demand and Discounts: A Particle Swarm Optimization Algorithm. *The Scientific World Journal*, 1-16.
- Mousavi S.M., Pasandideh S.H., (2011). A Multi-Periodic Multi-Product Inventory Control Problem with Discount: GA Optimization Algorithm. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 4(7), 37-44.
- Mousavi S.M., Sadeghi J., Niaki S.T.A., Tavana M., (2016). A Bi-Objective Inventory Optimization Model Under Inflation and Discount Using Tuned Pareto-Based Algorithms: NSGA-II, NPGA, and MOPSO. *Applied Soft Computing*, 43, 57-72.
- Murray C.C., Gosavi A., Talukdar D., (2012). The Multi-Product Price-Setting Newsvendor with Resource Capacity Constraints. *International Journal of Production Economics*, 138 (1), 148-158.
- Nahmias S., Schmidt C.P., (1984). An Efficient Heuristic for the Multi-item Newsboy Problem with A Single Constraint. *Naval Research Logistics*, 31 (3), 463-474.
- Önal M., Romeijn H.E., Sapra A., van den Heuvel W., (2015). The Economic Lot-Sizing Problem with Perishable Items and Consumption Order Preference. *European Journal of Operational Research*, 244(3), 881-891.
- Pahl J., Voß S., (2010). Discrete Lot-Sizing and Scheduling Including Deterioration and Perishability Constraints. *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 345-357.
- Panda D., Kar S., Maity K., Maiti M., (2008). A Single Period Inventory Model with Imperfect Production And Stochastic Demand Under Chance and Imprecise Constraints. *European Journal of Operational Research*, 188 (1), 121-139.
- Parlar M., Perry D., Stadje W., (2011). FIFO versus LIFO Issuing Policies for Stochastic Perishable Inventory Systems", *Methodology and Computing in Applied Probability*, 13, 405-417.
- Pasandideh S. H. R., Niaki S. T. A., Keshavarzi A.A., (2017). A Two-Echelon Single-Period Inventory Control Problem with Market Strategies and Customer Satisfaction. *Journal of Uncertain Systems*, 11(1), 18-34.
- Pasandideh S.H., Niaki S.T.A., Rashidi R., (2011a). A Two-Echelon Single-Period Inventory Control Problem under Budget Constraint. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56, 1205-1214.
- Pasandideh S.H.R., Niaki S. T. A., Tokhmehchi N., (2011b). A Parameter-Tuned Genetic Algorithm to Optimize Two-Echelon Continuous Review Inventory Systems. *Expert Systems with Applications*, 38, 11708-11714.
- Pasandideh S.H.R., Niaki S.T.A., Mousavi S. M., (2013). Two Metaheuristics to Solve A Multi-item Multi-period Inventory Control Problem under Storage Constraint and Discounts. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69, 1671-1684.
- Rezaeian J., Shokoufi K., Haghayegh S., Mahdavi I., (2016). Designing an Integrated Production/Distribution and Inventory Planning Model of Fixed-Life Perishable Products. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 19, 47-59.
- Sadeghi J., Mousavi M.S., Niaki S.T.A., (2016). Optimizing an Inventory Model with Fuzzy Demand, Backordering, and Discount Using a

- Hybrid Imperialist Competitive Algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 40 (15–16), 7318-7335.
- Saraçoğlu I., Topaloğlu S., Keskinürk, T. (2014). A Genetic Algorithm Approach for Multi-Product Multi-Period Continuous Review Inventory Models. *Expert Systems with Applications*, 41(18), 8189-8202.
- Sazvar Z., SMirzapour Al-e-hashem.M.J., Govindan K., Bahli B., (2016). A Novel Mathematical Model for A Multi-Period, Multi-Product Optimal Ordering Problem Considering Expiry Dates in A FEFO System. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 232-261.
- Sezen B., (2002). Tek Dönemli Envanter Problemine Yeni Yaklaşımlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 31(2), 71-86.
- Shao Z., Ji X., (2006). Fuzzy Multi-Product Constraint Newsboy Problem. *Applied Mathematics and Computation*, 180 (1), 7-15.
- Sharma S., (2004). Optimal Production Policy with Shelf Life Including Shortages. *The Journal of the Operational Research Society*, 55(8), 902–909.
- Silver E.A., (2008). *Inventory Management: An Overview*, Canadian Publications, Practical Applications and Suggestions for Future Research. *Information Systems and Operational Research (INFOR)*, 46(1), 15–28.
- Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R.P., (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, Third edition, John Wiley, New York.
- Silver, E.A., (1979). Coordinated Replenishments of Items Under Time-Varying Demand: Dynamic Programming Formulation. *Naval Research Logistics Quarterly*, 26, 141–151.
- Srivastav A., Agrawal S., (2015). Multi-Objective Optimization of A Mixture Inventory System using a MOPSO–TOPSIS Hybrid Approach. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 39(4) 555–566.
- Srivastav A., Agrawal S., (2017). Multi-Objective Optimization of Slow Moving Inventory System Using Cuckoo Search. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 1-7.
- Sulak H., Eroğlu A., (2009). Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 383-406.
- Taleizadeh A.A., Niaki S.T.A., (2009). A Hybrid Meta-Heuristic Method to Optimize Bi-Objective Single Period Newsboy Problem with Fuzzy Cost and Incremental Discount, *Journal of Industrial Engineering*, 3, 1-13.
- Taleizadeh A.A., Niaki S.T.A., Hoseini V., (2009). Optimizing Multi-Product Multi-Constraint Bi-Objective Newsboy Problem Constrained with Discount by A Hybrid Method of Goal Programming and Genetic Algorithm. *Engineering Optimization*, 41, 437–457.
- Toledo C.F.M., de Oliveira, R.R.R., Morelato França, P., (2013). A Hybrid Multi-Population Genetic Algorithm Applied to Solve the Multi-Level Capacitated Lot Sizing Problem with Backlogging. A Hybrid Multi-Population Genetic Algorithm Applied to Solve the Multi-Level Capacitated Lot Sizing, 40, 910–919.
- Tsou C.S., (2008). Multi-objective Inventory Planning using MOPSO and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 35 (1-2), 136–142.
- Uzunoğlu Koçer U., Yalçın B., (2013). Bir Stokastik Model Olarak Bozulabilir Envanter Problemi: Literatür Araştırması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 28(1), 119-144.
- Vairaktarakis G.L. (2000). Robust Multi-item Newsboy Models with A Budget Constraint. *International Journal of Production Economics*, 66, 213-226.
- Wagner H.M., Whitin T.M., 1958. Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*, 5, 89–96.
- Walker J., (1993). The Single-Period Inventory Problem with Triangular Demand Distribution. *Journal of Operations Research Society*, 44 (7), 725–731.
- Wang D., Qin Z., Kar S., (2015). A Novel Single-Period Inventory Problem with Uncertain Random Demand and Its Application, *Applied Mathematics and Computation*, 269, 133-145.
- Zhang G., (2010). The Multi-Product Newsboy Problem with Supplier Quantity Discounts and a Budget Constraint, *European Journal of Operational Research*, 206(2), 350-360.
- Zhao X., Qiu M., Xie J., He Q., (2012). Computing (r, Q) Policy for an Inventory System with Limited Sharable Resource. *Computers and Operations Research*, 39, 2368- 2379.
- Zhou W.-Q., Chen L., Ge H.-M., (2013). A Multi-Product Multi-Echelon Inventory Control Model with Joint Replenishment Strategy, *Applied Mathematical Modelling*, 37(4), 2039-2050.
- Ziukov S., (2015). A Literature Review on Models of Inventory Management Under Uncertainty, *Business Systems and Economics*, 5(1), 26-35.