






İki Aşamalı Tedarik Zincirinde Eş Zamanlı Stok Kontrolünün ve Tedarikçi Seçiminin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı ile Analizi

Analyzing Inventory Control and Supplier Selection Simultaneously in Two Echelon Supply Chain by Using Optimization via Simulation Approach

Mustafa Göçken* , Aslı Boru , Ayşe Tuğba Dosdoğru 

Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Öz

Günümüzde çok karmaşık problemlerin çözümünde matematiksel modelleme beklentileri tam anlamıyla karşılamamakta ve sadece küçük ölçekli sistemler için sonuç vermektedir. Optimizasyon tabanlı yaklaşımların da uygulanabilir ve etkin olabilmesi için genellikle pek çok varsayım ve sadeleştirme gerekmektedir. Çalışmamızda kullanılan simülasyon optimizasyonu (SO) ise tüm bu kısıtları ortadan kaldırmakta ve büyük ölçekli problemlerin çözümünü kolaylaştırmaktadır. SO problemin karmaşıklık derecesi ne olursa olsun daha gerçekçi ve anlamlı bir çözüm metodolojisi sağlamaktadır. SO'da talepler ve teslim süresi stokastik olarak ele alınarak stok kontrol sistemleri oluşturulmuştur. Ayrıca elde bulundurma maliyeti, sipariş maliyeti gibi tedarik zincirinin diğer parametreleri de stokastik olarak düşünülmektedir. Çalışmada her bir dağıtım merkezi ve her bir tedarikçi için yeniden sipariş noktası, maksimum sipariş miktarı seviyesi ve başlangıç stoğu anahtar stok kontrol parametresi olarak seçilmiştir. Ayrıca, her bir dağıtım merkezi için en uygun tedarikçi seçilmektedir. Oluşturulan model müşteri hizmetinin iyi bir şekilde devam ettirilebilmesi için uygun stok kontrolünü sağlamaktadır. Ayrıca, bu model tedarik zincirlerinin stok kontrolüne kolayca uygulanabilmekle beraber şirketlerin rekabet gücünü artırarak kayda değer bir tasarruf da sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Stok kontrol sistemleri, Tedarikçi seçimi, Simülasyon optimizasyonu

Abstract

Nowadays, mathematical modeling is not meeting the expectations for the high complexity of the problems and only small scale systems are amenable to this model. Also, optimization-based approaches generally require too many assumptions and simplifications to be applicable and effective. On the other hand, Simulation Optimization (SO) that is used in our study gives reasonable solutions without analytical assumptions and facilitates the solution of large-scale problems. SO provides a much more realistic and significant solution methodology regardless of the complexity of the problem. In SO, inventory control systems are created considering stochastic demand and stochastic lead time. Also, other parameters of the supply chain such as holding cost, ordering cost are considered to be stochastic. In this paper, reorder point, order-up-to level, and initial inventory are selected as key inventory control parameters for each distribution center and each supplier. In addition, the most proper supplier is selected for each distribution center simultaneously. Proposed model helps properly control echelon inventory so that good customer service is maintained. Also, it can be easily applied for the actual situation of the supply chain inventory system and companies may obtain a remarkable amount of saving while increasing the competitive edge.

Keywords: Inventory control systems, Supplier selection, Simulation optimization


1. Giriş


Dünya çapındaki organizasyonlar, entegre edilmemiş tedarik zinciri yönetiminin başarılarını olumsuz yönde etkilediğinin

farkına varmışlar ve bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarını hızlandırmışlardır. Bir şirketin başarısı tedarik zincirlerinin yönetimine bağlıdır. Tedarik zinciri yönetimi maliyeti düşürerek kârı arttırmanın temel çözümü haline gelmiştir. Günümüzde müşteriler en düşük maliyetli ürünlere yönelmektedir ve bu yüzden firmanın fabrika, perakendeci, tedarikçi, dağıtım merkezi ve müşteri bölgesini kontrol ederek müşterilerine mümkün olan en düşük maliyetle ürün

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: mgocken@adanabtu.edu.tr

Mustafa Göçken  orcid.org/0000-0001-6403-5307

Aslı Boru  orcid.org/0000-0002-1548-5237

Ayşe Tuğba Dosdoğru  orcid.org/0000-0002-1256-2305

sağlaması ve kârını koruması gerekmektedir (Tiwari vd. 2012). Bu noktada işletme sermayelerinin büyük bir kısmını içeren ve kullanılmadığı takdirde ciddi bir kazanç ve fırsat kaybına neden olan stok yönetiminin önemi büyüktür. Genel anlamda bahsedilen bu önem doğrultusunda stok yönetiminde ortaya çıkan sipariş, elde bulundurma, bulundurmama ve diğer maliyetlerin minimum olacak şekilde düzenlenmesi esas sorunu ortaya çıkarmaktadır. İşte bu noktada işletmelerin stok kontrol modeliyle ilgili belirleyeceği stok kontrol parametrelerine ilişkin bir karar vererek ilgili politikayı oluşturması gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır (Akyurt 2009). Uygun bir stok politikasıyla yönetilmeyen işletmelerde belli bir zamanda, çok az olan stok miktarı, bir süre sonra, kontrolü zor olan aşırı stok haline gelebilir. Bu nedenle, stok kontrol sistemlerine etki eden en önemli faktörlerden biri stok politikasının belirlenmesidir. Literatürde, temel olarak periyodik gözden geçirme politikası ve sürekli gözden geçirme politikası kullanılmaktadır. Periyodik gözden geçirme politikasında, stok seviyesi periyodik zamanlarda gözden geçirildiği için siparişler arası süre sabittir. Sürekli gözden geçirme politikasında ise siparişler arası süre değişkendir. Burada seçilecek stok kontrol politikası işletmeye göre farklılık göstermektedir. Yani, bir endüstri işletmesi açısından, etkin ve verimli olan sürekli gözden geçirme politikası, diğer işletme için isabetsiz bir politika olabilmektedir.

Çalışmamız kapsamında oluşturacağımız SO modellerinde periyodik ve sürekli gözden geçirmeye dayalı (s, S) stok politikaları kullanılmaktadır. (s, S) stok politikasında bulunan s yeniden sipariş noktasını ifade ederken, S ise maksimum sipariş miktarı seviyesi olarak kullanılmaktadır. Periyodik (s, S) politikası (R, s, S) stok kontrol politikası olarak da bilinmektedir (R, inceleme periyodu). Doğrusal elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetlerini ve sabit sipariş maliyetini dikkate alarak oluşturulan (R, s, S) politikasının optimal olduğu Kiesmüller vd. (2011) tarafından kanıtlanmıştır. Özçakar ve Akyurt (2007) çalışmalarında Türkiye’de poliüretan sistemlerin üretimini yapan ve bu sistemleri ihraç eden uluslararası bir firmaya ait MDI (MetilendifenilDiizosiyanat) hammaddesini incelemişlerdir. Çalışmada, MDI stok kalemine ait (R, s, S) politikası, Markov karar süreci olarak tanımlanmaktadır. Daha sonra firmanın kullandığı (R, S) politikası aynı işlemlerden geçirilerek, iki politika maliyetler açısından karşılaştırılmaktadır. İnceleme sonuçları, poliüretan sistemler üreten firmanın MDI hammaddesinin stok kontrolünde (R, s, S) modelini kullanmasının (R, S) modelini kullanmasına göre daha uygun sonuç verdiğini göstermektedir.

Sürekli gözden geçirme politikasını analiz eden Kleijnen ve Wan (2007), çalışmalarında servis düzeyi kısıtı ve s-S kısıtını dikkate alarak beklenen stok maliyeti değerini minimize etmeye çalışmışlardır. 3 optimizasyon metodu (OptQuest, KarushKuhn-Tucker (KKT) ve Brute Force) kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmalarında talebin üstel dağılıma, tedarik süresinin de poisson dağılımına uyduğu varsayılarak sürekli gözden geçirme politikası kullanılmıştır. Salameh vd. (2003) çalışmalarında beklenen talebin sabit olduğunu ve tedarik süresinin rassal olduğunu kabul ederek sürekli gözden geçirme politikasını ele almışlardır. Hill vd. (2007) çalışmalarında tek-malzeme, iki kademeli ve sürekli gözden geçirme modelini ele almışlardır. Perakendecilere gelen talepler Poisson dağılıma uymaktadır ve yenileme siparişleri merkezi bir ambardan karşılanmaktadır. Ambarın yenileme siparişleri de dışarıdan bir tedarikçi tarafından karşılanmaktadır. Oluşturulan sistemde kayıp satışlarda ele alınmaktadır. Ambara verilen her bir perakendecinin sipariş miktarı ve tedarikçinin karşıladığı ambardaki sipariş miktarı aynı olup sabit bir değerdir.

Stok kontrol modellerine ilişkin bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen eş zamanlı olarak stok kontrolünü ve tedarikçi seçimini içeren optimum çözüm metodolojisi literatürde oldukça az yer almakta ve her sisteme uygun bir çözüm metodu bulunmamaktadır. Diğer yandan, maliyet açısından düşünüldüğünde, stok yönetiminin aslında tedarikçi seçimi ile oldukça yakından ilişkili olduğu görülmektedir (Guo ve Li 2014). Tedarikçi seçiminde literatürde kullanılan seçim kriterlerinin en önemlileri fiyat, kalite, zaman ve yenilikçilik olarak sıralanabilir. İşletmeler buldukları koşullara göre bu kriterleri çeşitlendirebilir. Günümüzde ise ürünlerin doğru zaman ve doğru miktarda uygun maliyet ile temin edilmesi gerektiği için tedarikçi seçimi çok boyutlu ve karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte iki ve daha fazla kademeli stok sisteminde eş zamanlı stok yönetimi ve tedarikçi seçimini içeren çözüm yöntemleri oldukça azdır. Ayrıca, bu tarz problemlerin varsayımlar olmadan matematiksel olarak da çözümü mümkün değildir. Bu nedenle çözüme ulaşmak için sezgisel yöntemler kullanılmaktadır (Saracoglu vd. 2014). Haq ve Kannan (2006) bulanık analitik hiyerarşi süreci ve genetik algoritma (GA)’yı kullanarak tedarikçi seçimi ve çok aşamalı stok dağıtımını modellemektedir. Çalışmalarında deterministik talep ve sınırsız tedarikçi kapasitesi olduğu varsayılmaktadır. Mendoza ve Ventura (2010) stokları periyodik olarak kontrol edilen seri tedarik zinciri sisteminde sabit stok kontrol politikası benimsemiş ve tedarikçi seçimini karışık tamsayı doğrusal olmayan programlama modelini kullana-

arak yapmışlardır. Çalışmalarında eksiksiz olarak tamamlanması zorunlu olan sabit talep, sabit tedarik süresi ve farklı tedarikçiler için sabit sipariş miktarı kullanmışlardır. Yang vd. (2011) servis düzeyi ve bütçe kısıtlarını kullanarak çok ürünlü tedarikçi seçimini yaparken GA kullanmışlardır. Her ürün sadece tek bir tedarikçiden sağlanmakta olup her tedarikçinin üretim hızı anlaktır. Her ürün için stokastik talep bilinen bir olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak varsayılmıştır. Keskin vd. (2010) SO metodunu kullanarak tedarik zincirinin performansını artırmış, stok yönetimine ve tedarikçi seçimine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Çalışmalarında tek ürün kullanılmakta ve stok miktarı sürekli olarak gözden geçirilerek stok miktarı yeniden sipariş noktasında ya da altında ise sabit miktarda sipariş verilmektedir. Eğer fabrikanın kapasitesi sipariş miktarının üstünde veya eşit ise satıcının siparişi karşılanmaktadır.

Çalışmamızda tedarik zinciri üyesi siparişi karşılamak için yeterli stok miktarına sahip değilse, elde bulunan stok miktarına göre mümkün olan sipariş miktarını karşılamaktadır. Karşılanamayan ise kayıp satış olarak düşünülmektedir. Literatürdeki çalışmalar kayıp satışı modellemenin ertelenen siparişi modellemekten daha zor olduğunu ve farklı çözüm metodolojisi gerektirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, araştırmacılar karşılanamayan siparişleri ertelenen sipariş olarak düşünmektedir. Fakat artan rekabet ortamında müşteriler artık beklemek istememekte ve birçok firmada karşılanamayan müşteri siparişleri kayıp olarak ele alınmaktadır. Diğer yandan kayıp satışlar ile ilgili farklı çözüm metodolojileri bulunmasına rağmen dinamik çevre koşullarında beklentileri tam anlamıyla karşılamamaktadır. Dolayısıyla, son dönemlerde yapılan araştırmalar daha çok yeni çözüm metodolojilerinin geliştirilmesine odaklanmıştır. Oluşturulan modellerin dinamik çevre koşullarına kolayca adapte edilebilmesi sağlanmalıdır. Zira her firma kendi finansal pozisyonuna, üretim şekline ve diğer faktörlere bağlı olarak stok kontrol yöntemleri ve tekniklerini kullanarak farklı sistemler oluşturabilirler. Ayrıca, literatürde geliştirilen modellerin gerçek hayatta uygulanabilir olabilmesi için belirsizlik gibi iş dünyasının çevresini tanımlayan temel unsurları dikkate alması gerekmektedir. Ayrıca, bu modellerin şirketlerin pazar paylarını arttırmaya ve maliyetleri düşürmeye yönelik olması gerekmektedir. Bu yüzden tedarik zinciri üyelerinin potansiyel müşterilere istenilen zamanda doğru ürünleri istenildiği şekilde ulaştırması gerekirken, bir yandan da bunu gerçekleştirebilmesi için etkin bir şekilde çalışarak gereken hammadde veya malzemeyi istenilen zamanda en düşük maliyetle tedarik etmesi yönünde bir ihtiyaç ortaya

çıkılmaktadır (Ada 2010). Dolayısıyla, deterministik stok kontrol modellerinde sözü edilen varsayımların gevşetilmesi veya ek yeni varsayımlar yardımıyla, gerçek hayat problemlerini dikkate alan yeni modellerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminde başarısını kanıtlayan yöntemlerden biri simülasyondur. Simülasyon sistem performansının dinamik çevre koşullarında birçok değişkene bağımlı olarak nasıl sonuçlar verdiğini gözlemlememize olanak sağlamaktadır. Simülasyon, stok kontrol politikasında sistemin işlemesi için sistemin davranışlarının analiz edilmesinde veya değişiklik stratejilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Özellikle, alınacak stratejik kararların tedarik zinciri üyeleri üzerindeki etkilerini karşılaştırarak analiz etmek ve en iyi sonuç veren stratejiyi belirlemek için simülasyondan yararlanan yöneticiler önemli bir zaman ve maliyet külfetinden kurtulmaktadır (Kabadayı ve Özçakar 2007). Diğer yandan simülasyonun tek başına problemleri çözme yeteneğine sahip olmadığını, sadece problemin açık bir şekilde tanımlanmasına ve sayısal olarak alternatif çözümlerin değerlendirilmesine olanak sağladığını belirtmek gerekir. Bu nedenle, tedarik zinciri yapısına simülasyon ve optimizasyonun entegre edilmesi bilinen en gerçekçi yaklaşım olacaktır. SO en iyi sistem performansını tespit etmek için tasarım parametrelerinin farklı değerleri ile simülasyon modelinin tekrarlı analizidir. Gerçek sistemin tasarım parametreleri, SO alıştırması tarafından belirlenen "optimal" parametre değerlerinin setidir. SO stratejileri çıktı faktörünün ve tasarım parametreleri setinin doğasına bağlıdır (Akcan 2010). SO modellerinde kullanılan parametreler gerçek hayat problemlerine kolayca adapte edilebilmekte ve bu modeller hiçbir varsayım ya da basitleştirme gerektirmeden sonuca ulaşabilmektedir.

Çalışmamızın temel hedefi SO modelini kullanarak işletmelerin karşılaşacağı problemlere cevap bulmak ve değişen çevre koşullarında bile işletmelerin oluşturulan sistemi kolayca kendi bünyelerine adapte edebilmelerini sağlamaktır. Tasarlanan model ile işletmelerin artan rekabet ortamında karşılaşacağı belirsizlikler kontrol altına alınarak kârlarını arttırmalarına yardımcı olunacaktır.

2. Gereç ve Yöntem

2.1. Problem Tanımı

Çalışmamız iki aşamalı bir tedarik zincirinde stok kontrolü ve tedarikçi seçimini birlikte ele alan SO modeli oluşturmaktadır. Zira etkin bir stok politikası oluşturulması temel

olarak tedarikçi seçimi ile doğrudan bağlantılıdır. Her işletmeye kolayca adapte edilebilecek GA tabanlı simülasyon optimizasyonu yöntemini kapsayan SO modelimiz, en uygun tedarikçinin ve optimum stok kontrol parametrelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu modelde, dağıtım merkezleri müşteri siparişlerini karşılayan depolardır ve tedarikçiler ise dağıtım merkezlerinin yenileme siparişlerini karşılamak için imkân sağlamaktadır. Çalışmamız kapsamında ele alınan işletmede 3 ürün bulunduğu varsayılmaktadır. Müşterilerden gelen talepler Poisson dağılıma uymaktadır. Modeli oluştururken 1. ürün için Poisson (oran parametresi=25), 2. ürün için Poisson (oran parametresi=50), ve 3. ürün için Poisson (oran parametresi=75) kullanılmaktadır. Her bir dağıtım merkezi için ortalama müşteri gelişinde bir adet olarak varsayılmaktadır. Ürün 1 ve 3 için sürekli gözden geçirmeye dayalı (s, S) politikası ele alınmıştır. Ürün 2 ise periyodik gözden geçirmeye dayalı (R, s, S) politikası ile kontrol edilmektedir. Stok kontrol politikası seçiminde ürünlerin fiyatı ve önem derecesi dikkate alınmıştır. Ürün 1 fiyat bakımından yüksek değere sahip olduğu için, ürün 3 ise müşteri talebi fazla olduğu için sürekli olarak kontrol edilmektedir. Ürün 2 orta derecede önemli olduğu için stok kontrol seviyesi periyodik olarak gözden geçirilmektedir. Oluşturulacak modelin başarısı mevcut sistemin analizine ve stok kontrol parametrelerinin iyi tespit edilmesine bağlıdır ve modelin en zor yanlarından birisi de burasıdır. Yapılan çalışmalar özellikle s ve S sınırlarının tespitinin çok kolay olmadığını, uygulama açısından da zorluklarla karşılaşıldığını göstermektedir. Çalışmamızda, (s, S) ve (R, s, S) stok kontrol modellerinde karşılaşılan zorlukların kolayca çözülebilmesi için SO modeli ile bu parametrelerin belirlenmesi ve tedarikçi seçimi eşzamanlı yapılmaktadır.

(R, s, S) stok kontrol politikasında, stok belli periyotlarla (R, inceleme periyodu) kontrol edilmekte; eğer stok miktarı yeniden sipariş noktasında (s) ya da altında ise belli miktarda sipariş verilerek stok miktarı maksimum sipariş miktarı seviyesine (S) ulaştırılmaktadır. Eğer stok seviyesi yeniden sipariş noktasının üzerinde ise sipariş verilmemektedir.

(s, S) stok kontrol politikasında stok sürekli kontrol edilmekte; eğer stok miktarı yeniden sipariş noktasında (s) ya da altında ise belli miktarda sipariş verilerek stok miktarı maksimum sipariş miktarı seviyesine (S) ulaştırılmaktadır.

(R, s, S) ve (s, S) stok kontrol politikalarını dikkate alarak oluşturulan modellerde, müşteri siparişlerine göre ürünün yenileme siparişi değişmektedir. Eğer müşterinin sipariş miktarı ürünün mevcut stok miktarından az ise, dağıtım merkezinin mevcut stoğundan karşılanmaktadır. Eğer talep

mevcut stoktan fazla ise stok miktarına bağlı olarak siparişin belli bir kısmı karşılanmaktadır. Karşılanamayan talep ise kaybedilmektedir. Stok miktarı kullanılan politikaya göre kontrol edilmekte ve ürünün stokta bulunan miktarına bağlı olarak tedarikçilere sipariş verilmektedir. Her bir dağıtım merkezinin yenileme siparişini karşılayan tedarikçi oluşturulan model tarafından belirlenmektedir. Tedarikçiler için oluşturulan sistemde, dağıtım merkezi taleplerine göre yenileme siparişleri değişmektedir. Eğer dağıtım merkezinin sipariş miktarı tedarikçilerin mevcut stok miktarından az ise, tedarikçilerin mevcut stoğundan karşılanmaktadır. Eğer talep mevcut stoktan fazla ise stok miktarına bağlı olarak siparişin belli bir kısmı karşılanmakta ve karşılanamayan talep ise kaybedilmektedir. Dağıtım merkezlerinde olduğu gibi tedarikçilerde de ürün 1 ve 3 için (s, S) stok kontrol politikası, ürün 2 için (R, s, S) stok kontrol politikası kullanılmaktadır.

Her bir dağıtım merkezi ve her bir tedarikçi için yeniden sipariş noktası, maksimum sipariş miktarı seviyesi ve başlangıç stoğu anahtar stok kontrol parametreleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca, elde bulundurma maliyeti gibi tedarik zincirinin diğer parametreleri de çalışmamızda stokastik olarak düşünülmektedir. Tedarikçiler için işlem süresi ve sipariş işlem süresi dikkate alınırken dağıtım merkezleri için işlem süresi ve sipariş işlem süresine ek olarak ulaşım süresi de düşünülmektedir (Çizelge 1). Toplam tedarik zinciri maliyetini oluşturan öğeler Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çalışmamızda elde bulundurma maliyeti (Dağıtım merkezleri için $H_{it} - I\{I_i \leq s\}L_{it}$, Tedarikçiler için ise $H_{jt} - I\{I_j \leq s\}L_{jt}$) periyot boyunca elimizde bulunan stok miktarı ile doğrudan orantılıdır. Elde bulundurmama maliyeti (Dağıtım Merkezleri için L_{it} , Tedarikçiler için ise L_{jt}) ise periyot boyunca karşılanamayan müşteri sipariş miktarı ile doğrudan orantılıdır. Burada i dağıtım merkezini, j tedarikçiyi, t ise periyodu ifade etmektedir. Çalışmamız elde bulundurma maliyeti ve elde bulundurmama maliyeti arasındaki farkı minimum yapmaya çalışmaktadır. Periyotlar boyunca oluşan toplam fark (THL) ise aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\min \text{THL} = \sum_{t=1}^{\text{Ele alınan periyot sayısı}} \sum_{i=1}^1 \sum_{m=1}^3 (H_{it} - I\{I_i \leq s\}L_{it}) + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^3 (H_{jt} - I\{I_j \leq s\}L_{jt}) \quad (1)$$

Burada m ürün numarasını ifade etmektedir. Oluşturulan modeller bu denklem kullanılarak değerlendirilmiştir. Daha sonra elde bulundurma ve elde bulundurmama

maliyetlerine, işlem maliyeti, kullanım başına düşen sipariş maliyeti ve sipariş işleme maliyeti de eklenerek toplam maliyet hesaplanmış ve tedarik zincirinde bulunan üyelerin toplam maliyetleri karşılaştırılmıştır.

2.2. Simülasyon Optimizasyonu

Günümüzde bulunan mevcut simülasyon yazılım paketlerinde de birçok optimizasyon modülü bulunmakta (Wang ve Shi 2013) fakat yapılan çalışmalar çoğu SO modelinin meta-sezgisel yöntemleri kullandığını göstermektedir. Özellikle, hemen hemen her optimizasyon problemine uygulanabilen GA, birçok çalışmada kullanılmaktadır. SO modellerinde optimizasyon modellerine gerek duymamızın nedeni simülasyon modelleri önceden tanımlanmış amaç fonksiyonu bakımından karar değişkenlerinin optimum

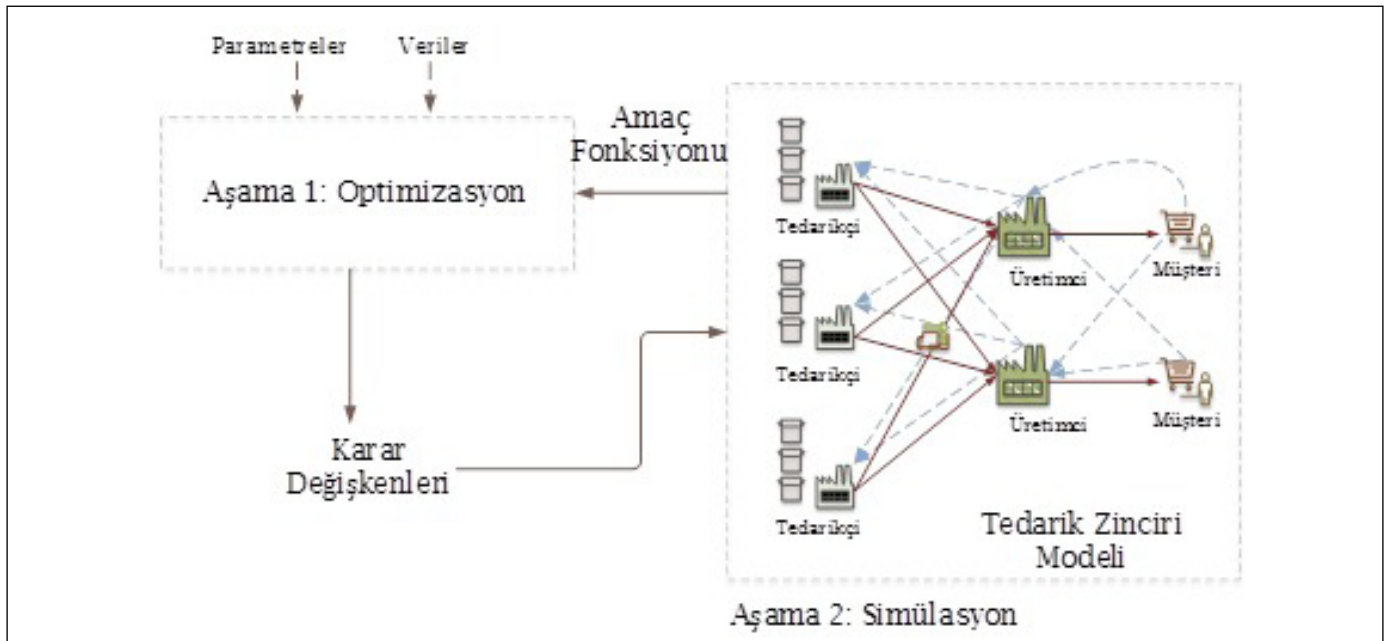
kümesini bulma yeteneğine sahip değildirler. Bu mümkün olan en iyi alternatifleri bulmak için karar vericilere yardımcı olan optimizasyon modelleri ile yapılmaktadır. Bu nedenle, tedarik zinciri yapısına simülasyon ve optimizasyonun entegre edilmesi kapsamlı bir çözüm metodu sağlamaktadır. Çalışmamız kapsamında oluşturulacak SO modelinin genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir.

Çalışmamızda oluşturulan SO modelini oluşturan GA aşağıdaki adımlar izlenerek oluşturulmuştur.

1. Adım: Problemin GA'lara uygun formata dönüştürülmesi: Stok yönetimde karşılaşılan problemleri çözmek için ilk önce problem yapısı iyice analiz edilip GA'nın uygulanabileceği formatlarda modellenmesi gerekmektedir. Ayrıca potansiyel çözüm popülasyonunun da üretilmesi bu adımda

Çizelge 1. Tedarik zincirinde kullanılan parametre değerleri.

Tedarikçiler	Dağıtım Merkezleri
Elde bulundurma maliyeti: Uniform (2,5)	Elde bulundurma maliyeti: Uniform (2,5)
Elde bulundurmama maliyeti: Uniform (80, 100)	Elde bulundurmama maliyeti: Uniform (80, 100)
İşlem maliyeti: Uniform (50, 75)	İşlem maliyeti: Uniform (5,10)
Kullanım başına düşen sipariş maliyeti: Uniform (50,100)	Kullanım başına düşen sipariş maliyeti: Uniform (50,100)
Sipariş işleme maliyet oranı: Uniform (2,5)	Sipariş işleme maliyet oranı: Uniform (2,5)
Kullanım maliyeti: Uniform (100,150)	Kullanım maliyeti: Uniform (10,20)
İşlem süresi: Üçgen (3, 5, 7) dakika	İşlem süresi: Üçgen (1, 2, 3) dakika
Sipariş işlem süresi: Uniform (2, 5) saat	Sipariş işlem süresi: Uniform (2, 5) saat
-	Ulaşım süresi: Uniform (1.25, 3) gün



Şekil 1. Simülasyon optimizasyonunun genel yapısı.

yer almaktadır. Oluşturulan modelde kromozom yapısı iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tedarikçi seçimi yapılmaktadır. İkinci bölümde ise her bir dağıtım merkezi ve tedarikçi için başlangıç stoğu, yeniden sipariş noktası ve maksimum sipariş miktarı seviyesi belirlenmektedir.

2. Adım: Popülasyondaki bireylerin performansının hesaplanması: Uygunluk fonksiyonu kullanılarak bireyler sıralanır ve bu sıralama onların yaşama devam edip etmeyeceğini belirlemektedir. Uygunluk değeri yüksek olan bireylerin soylarını devam ettirme şansı daha yüksektir, düşük bireyler ise elenecektir. Böylece sonraki nesillere daha güçlü bireyler taşınacaktır. Kolay olmasının yanı sıra oldukça makul sonuçlar üreten turnuva seçimi çalışmamızda kullanılmaktadır. Bu seçimde popülasyondan rasgele iki kromozom alınmakta ve uygunluk değeri yüksek kromozomlar sonraki nesiller için seçilmektedir.

3. Adım: Seçilen ebeveynlerle yeni bireylerin üretilmesi: Bireylerin çeşitliliğini sağlamak amacıyla GA'nın en önemli operatörlerinden biri olan çaprazlama kullanılır. Çaprazlama operatörüyle popülasyondan rastgele iki birey seçilir ve belli bir oranda bu bireyler arasında çaprazlama yapılır. Diğer önemli bir operatörde mutasyon operatörüdür. Mutasyon operatörü GA'da bulunan bireylerin genlerinde küçük sapmalar oluşturur. Bu sapmalar oluşturulacak bireylere çeşitlilik katarak daha kaliteli sonuçlar elde etmeye yardımcı olmaktadır. Eğer mevcut gen kombinasyonu gerekli tüm bilgiyi içermiyorsa, mutasyon işlemi uygulanarak, istenilen çözümlerin üretilmesi sağlanabilir.

4. Adım: Sonlandırma kriterine erişinceye kadar uygulanan işlemlerin tekrarlanması: Optimum çözüme ulaşmaya kadar veya belli bir sonlandırma kriterine varıncaya kadar 2. Adım'dan itibaren tüm işlemlerin tekrar edilmesi gerekmektedir. GA oluşturulurken kullanılan parametreler Çizelge 2'de verilmektedir.

Çalışmamızda, simülasyon modeli için akıllı nesnelere geliştirmeye olanak sağlayan simülasyon yazılım programı Simio (Version: 7.121.12363) kullanılmaktadır. Bu program akıllı nesnelere etrafında odaklanmış ve nesnelere oluşturulma ve kullanılma şeklini radikal bir biçimde değiştiren yeni bir nesne tabanlı örüntü sağlamaktadır (Kelton vd. 2015). Bu yazılımın herhangi bir programlamaya ihtiyaç duymadan modelleme yapması da mümkündür. Fakat karmaşık sistemlerin modellenmesinde programlama kullanılmadan yazılımın kendi içerisindeki modüller kullanılarak modelin oluşturulması tasarımı zorlaştırmaktadır. Programlama yapılması sistemin daha kolay oluşturulmasında ve analizlerinde kullanılacak istatistiklerin elde edilmesinde kolaylık

sağlamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda nesne tabanlı programlama dili kullanılmış ve tasarlanan bu sistem ile geniş kapsamlı bir konu olan stok yönetimindeki karmaşık problemlerin çözümü de kolaylaştırılmıştır. Çalışmamız kapsamında oluşturulan simülasyon modelinde bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar şöyle sıralanabilir:

- 1) İki aşamalı tedarik zincirinde üç ürün bulunmaktadır.
- 2) Tedarikçilerde ve dağıtım merkezlerinde, ürün 1 ve 3 için sürekli gözden geçirmeye dayalı (s, S) politikası ele alınırken, ürün 2 periyodik olarak (R, s, S) politikası ile kontrol edilmektedir. (R, s, S) politikasında yenileme periyodu 5 gündür.
- 3) Her bir tedarikçi ve her bir dağıtım merkezi için yeniden sipariş noktası, maksimum sipariş miktarı seviyesi ve başlangıç stoğu tasarlanan model tarafından belirlenecek olan stok kontrol parametreleri olarak seçilmiştir.
- 4) Poisson talep ve stokastik tedarik süresi kullanılmıştır.
- 5) Her müşteri siparişi sadece bilinen tek bir dağıtım merkezi tarafından karşılanmaktadır. Her dağıtım merkezinin yenilenme siparişi de tasarlanan model tarafından belirlenen tek bir tedarikçi tarafından karşılanmaktadır. Her tedarikçinin yenilenme siparişi ise sınırsız bir kaynaktan temin edildiği varsayılmaktadır.
- 6) Gelen sipariş miktarı mevcut stok seviyesini aşmış ise, stok seviyesine bağlı olarak sipariş miktarı karşılanır. Karşılanamayan sipariş kayıp satış olarak düşünülmektedir.
- 7) Sadece tedarikçiler ve dağıtım merkezleri arasında ulaşım süresi dikkate alınmaktadır.
- 8) Simülasyon modeli bir yıl çalıştırılmaktadır.
- 9) Stok seviyesinin negatif olmasına izin verilmemektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmamız kapsamında oluşturulan SO modeli her bir tedarikçi ve her bir dağıtım merkezi için yeniden sipariş noktası, maksimum sipariş miktarı seviyesi ve başlangıç stoğunu belirlemektedir. Ayrıca eş zamanlı olarak her

Çizelge 2. GA'nın parametre değerleri.

Parametre	Değeri
Popülasyon Büyüklüğü	50
İterasyon Sayısı	150
Çaprazlama Oranı	0.8
Mutasyon Oranı	0.05

Çizelge 3. Stok kontrol parametreleri ve ortalama servis seviyesi değerleri.

Tedarik Zinciri Üyesi	Ürün Türü	Başlangıç Stoğu	Yeniden Sipariş Noktası (s)	Maksimum Sipariş Miktarı Seviyesi (S)	Ortalama Servis Seviyesi
Dağıtım merkezi 1	Ürün 1	1862	136	516	1
	Ürün 2	1658	197	679	0.862634
	Ürün 3	1944	195	881	0.937035
Dağıtım merkezi 2	Ürün 1	973	106	643	0.999686
	Ürün 2	1949	197	679	0.859089
	Ürün 3	1944	195	881	0.936773
Dağıtım merkezi 3	Ürün 1	1862	141	643	1
	Ürün 2	1949	197	679	0.862492
	Ürün 3	1944	195	768	0.937539
Tedarikçi 1	Ürün 2	1949	197	679	0.996588
	Ürün 3	1944	195	721	1
Tedarikçi 2	Ürün 1	973	70	996	0.965193
Tedarikçi 3	Ürün 1	1268	106	998	0.87408
Tedarikçi 4	Ürün 1	1268	141	996	0.882782
	Ürün 2	1915	197	679	0.991571
	Ürün 3	1510	138	779	1
Tedarikçi 5	Ürün 2	1915	197	679	0.997495
	Ürün 3	1510	170	779	1

bir dağıtım merkezi için tedarikçi seçilmektedir. Çizelge 3’de hem stok kontrol parametrelerinin değerleri hem de ortalama servis seviyesi her bir tedarik zinciri üyesi için ayrı ayrı verilmektedir. Dikkat edilecek olursa tedarik zinciri üç dağıtım merkezi ve beş tedarikçiden oluşmaktadır. Tedarikçiler ürünlere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Ortalama servis seviyesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Ortalama servis seviyesi} = \frac{\sum_{a=0}^{\text{Gelişler}} \max(1, \frac{\text{Mevcut stok seviyesi}}{\text{Gelen sipariş miktarı}})}{\text{Gelen siparişlerin toplam sayısı}} \quad (2)$$

Tedarik zincirinin toplam maliyeti beş ayrı öge (elde bulundurma maliyeti (1), kullanım başına düşen sipariş maliyeti (2), elde bulundurmama maliyeti (3), sipariş işleme maliyeti (4) ve işlem maliyeti (5)) dikkate alınarak hesaplanmaktadır ve her bir dağıtım merkezi ve her bir tedarikçi için değerleri Çizelge 4’te verilmektedir. Yüzde değeri olarak verilenler her bir maliyet ögesinin toplam maliyetin yüzde kaçını oluşturduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre, kayıp satış dağıtım merkezleri tarafından dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biridir. Bu nedenle, dağıtım merkezlerinin kayıp satışlara ağırlık vermesi ve kayıp satış miktarının ve sa-

yasının düşürülmesine odaklanması gerekmektedir. Çizelge 4 tedarikçilerin özellikle işlem maliyetine, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetine önem vermesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışmamızda, bir periyot boyunca sipariş karşılama olasılığı (P1), periyotlar boyunca sipariş karşılama olasılığı (P2)’de tedarik zinciri üyeleri için analiz edilmektedir. P1 değerinin hesaplanmasında formül (3), P2 değerinin hesaplanmasında ise formül (4) kullanılmaktadır.

$$\int_{n-1}^n \min(1, \frac{\text{Mevcut stok seviyesi}}{\text{Gelen sipariş miktarı}}) dt \quad (3)$$

$$\int_0^n \min(1, \frac{\text{Mevcut stok seviyesi}}{\text{Gelen sipariş miktarı}}) dt \quad (4)$$

Dağıtım merkezleri ve tedarikçilerin olasılık tabanlı analizini dikkate aldığımızda müşteri siparişlerini karşılama olasılığının oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz (Çizelge 5 ve Çizelge 6). Dağıtım merkezlerinde periyot 1’in haricinde diğer periyotların birbirine yakın olduğu göze çarpmaktadır. Bunun nedeni belirlenen başlangıç stoğunun periyot 1’de dağıtım merkezlerine gelen müşteri siparişlerinin karşılanmasına yardımcı olmasıdır. Tedarikçilerin P1 ve P2 değerleri genellikle dağıtım merkezlerinden daha yüksektir.

Çizelge 4. Tedarik zinciri üyelerinin maliyet analizi.

		1	2	3	4	5
Dağıtım merkezi 1	Yüzde değeri	7	13	60	18	2
	Maliyet	46631	80962	375826	109429	12474
Dağıtım merkezi 2	Yüzde değeri	7	13	61	17	2
	Maliyet	43184	81105	382305	109430	12558
Dağıtım merkezi 3	Yüzde değeri	8	13	60	17	2
	Maliyet	47754	80868	375870	109335	12419
Tedarikçi 1	Yüzde değeri	21	2	2	2	73
	Maliyet	54591	4610	4075	6259	188644
Tedarikçi 2	Yüzde değeri	31	1	26	2	40
	Maliyet	29041	1132	24384	1521	37458
Tedarikçi 3	Yüzde değeri	16	1	59	2	22
	Maliyet	26543	1637	97321	2225	36691
Tedarikçi 4	Yüzde değeri	18	1	26	2	53
	Maliyet	78226	5517	112578	7491	235485
Tedarikçi 5	Yüzde değeri	21	2	1	2	74
	Maliyet	53402	4193	2778	5656	191584

Çizelge 5. Dağıtım merkezlerinin olasılık tabanlı analizleri.

Periyot	Dağıtım merkezi 1		Dağıtım merkezi 2		Dağıtım merkezi 3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1	0.993224	0.993224	0.992300	0.992300	0.994141	0.994141
2	0.961278	0.929332	0.957378	0.922456	0.966014	0.937888
3	0.945927	0.915225	0.946597	0.925036	0.951089	0.921239
4	0.941468	0.928091	0.941900	0.927808	0.943116	0.919198
5	0.938839	0.928323	0.939633	0.930563	0.940978	0.932426
6	0.935665	0.919794	0.936923	0.923376	0.939362	0.931284
7	0.933761	0.922335	0.935286	0.925463	0.937811	0.928504
8	0.933763	0.933783	0.934690	0.930515	0.937385	0.934399
9	0.934374	0.939255	0.933731	0.926066	0.935831	0.923400
10	0.933647	0.927111	0.933192	0.928337	0.934511	0.922630
11	0.933610	0.933240	0.932243	0.922754	0.933877	0.927543
12	0.933317	0.930090	0.931770	0.926562	0.933343	0.927462

Çoğu firmanın ihtiyacını karşılayacak kapsamlı bir model oluşturulması oldukça zordur. Literatürde tedarik zinciri ile ilgili farklı çözüm metodolojileri bulunmasına rağmen bu metodolojilerin dinamik çevre koşullarında beklentileri tam anlamıyla karşılamadığı ve genellikle belirli varsayımlar altında belirlenen deterministik bir sistem üzerinde sonuca ulaştıkları gözlenmektedir. Oluşturduğumuz esnek SO modeli ile işletmelerin amaçlarına göre ihtiyacı karşılayacak şekilde dengeli bir stok sistemi kolayca kurulabilir. Ayrıca kapsamlı istatistiksel analizlere olanak sağladığı

için işletmelerin performanslarının değerlendirilmesi oluşturulan sistemde oldukça kolaydır. Özetle, stok kontrol sistemine simülasyon ve optimizasyon modellerini içeren SO'nun entegre edilmesi kapsamlı bir çözüm metodolojisi sağlamaktadır ve problemin karmaşıklık derecesi ne olursa olsun daha gerçekçi ve doğru bir sonuç vermektedir.

4. Sonuçlar

İşletmelerin artan rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri için, stok düzeylerini etkin ve verimli bir şekilde kontrol

Çizelge 6. Tedarikçilerin olasılık tabanlı analizleri.

Periyot	Tedarikçi 1		Tedarikçi 2		Tedarikçi 3		Tedarikçi 4		Tedarikçi 5	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0.997	0.992	0.998	0.996	1	1	0.978	0.934	0.996	0.991
4	0.998	1	0.984	0.941	1	1	0.977	0.974	0.997	1
5	0.998	1	0.979	0.960	0.994	0.973	0.978	0.982	0.998	1
6	0.998	1	0.978	0.970	0.978	0.896	0.976	0.968	0.998	1
7	0.999	1	0.978	0.978	0.963	0.871	0.974	0.961	0.998	1
8	0.999	1	0.976	0.965	0.952	0.877	0.974	0.973	0.999	1
9	0.999	1	0.974	0.957	0.953	0.961	0.975	0.983	0.999	1
10	0.999	1	0.974	0.969	0.948	0.904	0.975	0.970	0.999	1
11	0.999	1	0.974	0.975	0.941	0.870	0.973	0.963	0.999	1
12	0.999	1	0.973	0.963	0.936	0.882	0.973	0.971	0.999	1

altında tutmaları gerekmektedir. Dolayısıyla işletmelerin optimal stok seviyesini belirlemesi, stok maliyetlerini minimum seviyeye indirmesi ve bunu bir düzen içerisinde sürdürmesi sağlanmalıdır. Bu noktada, dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri şüphesiz tedarikçi seçimidir. Günümüzde tedarikçi seçimi artık çok boyutlu, karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. En uygun tedarikçinin belirlenmesi kilit noktalardan biridir. Sadece geçmişte tutulan kayıtları dikkate alarak en uygun tedarikçiyi seçmek işletmeleri doğru bir seçime yönlendirmeyebilir. Çünkü tedarikçilerin mevcut stok durumu da bu seçimde etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle, stok yönetimiyle ilgili olarak herhangi bir karar verileceği zaman tedarik zinciri üyelerinin mevcut stok kontrol sistemlerini de düşünerek tedarikçi seçimini ve stok kontrolünü eş zamanlı olarak ele almamız çalışmamızın sağlayacağı en büyük katkılardan biridir. Çalışmamız dinamik çevre koşullarında stok yapısı ve türlerini göz önüne alarak hem analiz ve değerlendirme bölümüne katkı yapmış hem de tedarikçi seçimine yeni bir yaklaşım sunmuştur. Ayrıca uygulamada oluşabilecek beklenmedik durumlara, dalgalanmalara, düzensizliklere ve gecikmelere duyarlı olan modelimiz işletmelerin stok politikalarında karşılaşılabileceği problemleri büyük ölçüde azaltmakta ve çok ürünlü sistemin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için sağlam bir zemin hazırlamaktadır.

Sonuç olarak, gerek işletmelerin gerek ise farklı disiplinlerdeki araştırmacıların kolaylıkla kullanabileceği bir sistem olan SO modelimiz stok kontrol sistemlerini etkileyen faktörlerin ayrıntılı olarak analiz edilmesinin yanında işletmelerin kârını arttırmaya yönelik yeni metotların ve stratejilerin geliştirilmesine de imkan sağlamaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışma Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: MÜHDBF.ENDÜSTRİ.2015-5.

6. Kaynaklar

- Ada, E. 2010.** Tedarik zincirinde toplam kalite yönetimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kadir Has Üniversitesi, 71 s.
- Akcan, S. 2010.** Hastane sistemlerinde çoklu malzeme durumu için simülasyon meta-modellemeye dayalı stok optimizasyonu. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, 174 s.
- Akyurt, İZ. 2009.** Ürün stok politikalarının olasılıklı talep yapısı altında markov karar süreci ile analizi, *Doktora tezi*, İstanbul Üniversitesi, 151 s.
- Guo, C., Li, X. 2014.** A multi-echelon inventory system with supplier selection and order allocation under stochastic demand. *Int. J. Prod. Econ.*, 151: 37-47.
- Haq, AN., Kannan, G. 2006.** Design of an integrated supplier selection and multi-echelon distribution inventory model in a built-to-order supply chain environment. *Int. J. Prod. Res.*, 44(10): 1963-1985.
- Hill, RM., Seifbarghy, M., Smith, DK. 2007.** A two-echelon inventory model with lost sales. *Eur. J. Oper. Res.*, 181: 753-766.
- Kabadayı, N. 2007.** Seri tedarik zincirinde temel-stok seviyelerinin simülasyon temelli genetik algoritma ile çözülmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, 119 s.
- Kelton, WD., Smith, JS., Sturrock, DT., Göçken, M., Dosdoğru, AT. 2015.** Simio & Simulation: Modeling, Analysis, Applications: Turkish Translation. 3th edition. Simio LLC, 438 pp.

- Keskin, BB., Melouk, SH., Meyer, IL. 2010.** A simulation-optimization approach for integrated sourcing and inventory decisions. *Comp. & Oper. Res.*, 37(9): 1648-1661.
- Kiesmüller, GP., Kok, AG., Dabia, S. 2011.** Single item inventory control under periodic review and a minimum order quantity. *Int. J. Prod. Econ.*, 133(1): 280-285.
- Kleijnen, JPC., Wan, J. 2007.** Optimization of simulated systems: OptQuest and alternatives. *Simul. Model. Pract. Th.*, 15(3): 354-362.
- Mendoza, A., Ventura, JA. 2010.** A serial inventory system with supplier selection and order quantity allocation. *Eur. J. Oper. Res.*, 207(3): 1304-1315.
- Özçakar, N., Akyurt, İZ. 2007.** Stokastik (R, s, S) ve stokastik (R, S) Stok kontrol politikalarının poliüretan sektöründe Markov karar süreci yardımıyla karşılaştırılması. *İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 18: 10-23.
- Salameh, MK., Abboud, NE., El-Kassar, AN., Ghattas, RE. 2003.** Continuous review inventory model with delay in payments. *Int. J. Prod. Econ.*, 85 (1): 91-95.
- Saracoglu, I., Topaloglu, S., Keskinturk, T. 2014.** A genetic algorithm approach for multi-product multi-period continuous review inventory models. *Expert Syst. Appl.*, 41(18): 8189-8202.
- Sulak, H. 2008.** Stok kontrolü ve ekonomik sipariş miktarı modellerinde yeni açılımlar: ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ve bir model önerisi. *Doktora tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, 160 s.
- Tiwari, A., Chang, PC., Tiwari, MK. 2012.** A highly optimised tolerance-based approach for multi-stage, multi-product supply chain network design. *Int. J. Prod. Res.*, 50(19): 5430-5444.
- Wang, LF., Shi, LY. 2013.** Simulation optimization: a review on theory and applications. *Acta Auto. Sinica*, 39(11): 1957-1968.
- Yang, PC., Wee, HM., Pai, S., Tseng, YF. 2011.** Solving a stochastic demand multi-product supplier selection model with service level and budget constraints using genetic algorithm. *Expert Syst. Appl.*, 38(12): 14773-14777.