

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE DAĞITIM AĞLARININ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU: MALZEME İHTİYAÇ KISITI ALTINDA STRATEJİK BİR ÜRETİM-DAĞITIM MODELİ

Turan PAKSOY*

ÖZET

Bir tedarik zinciri; tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar, toptancılar, perakendeciler gibi çeşitli iş aktörlerinden oluşan bir ağda, hammadde temininden ürünlerin son tüketicilere dağıtım ve pazarlanmasına kadarki tüm iş süreçlerinin birlikte uyum içinde hareketini sağlamak üzere, malların ve bilginin akışını yöneten bütünlük bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu iş ağının öğelerinin, sayılarının ve yerlerinin tespiti, birbirleri arasındaki fiziksel akışın miktarının belirlenmesi gibi alt problemleri içeren ağ tasarımı problemi tedarik zinciri yönetimi içinde stratejik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu problemi ele alınmıştır. Malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik üretim-dağıtım problemi için çok aşamalı karma tamsayılı bir model geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri Yönetimi, Ağ Tasarımı ve Optimizasyonu, Stratejik Üretim- Dağıtım Modeli, Malzeme İhtiyaç Kısıtı.

ABSTRACT

A supply chain can be defined as an integrated system, which manages information and physical distribution, in order to synchronize a series of business processes from the supply of raw materials and components to delivery of finished products through end customers in a network that includes various business actors such as suppliers, manufacturers, distributors, and retailers. Network design problem, that includes sub problems such as assigning the numbers and the locations of entities of this business network and determining the amount of physical distribution among these entities, has a strategic role in supply chain management. In this study, design and optimization problem of distribution networks in supply chain management is considered. A multi echelon mixed integer model for the production-distribution model under material requirements constraints is developed.

Keywords: Supply Chain Management, Network Design and Optimization, Strategic Production-Distribution Model, Material Requirements Constraint.

1. Giriş

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY)'nin yaklaşık on yıllık bir geçmişi vardır. Tarihsel perspektif içerisinde sırasıyla MRP, MRP II, ERP ve TZY'ye kadar gelen süreçte, 1960'lı yıllarda MRP; üretici işletmeler için ürün ağaçları açan, ürünlerin hangi parçalardan oluştuğu, hangi parçaya ne miktarda ve ne zaman ihtiyaç olduğu bilgisini veren sistemler olarak ortaya çıkmış ve üretim sektöründe bilgisayar ve bilgi sistemlerinin kullanılmaya başlamasına önayak olmuştur. Daha sonra, 1970'li yıllarda MRP II ile bu özelliklerin üzerine satış, satın alma, insan kaynakları, kalite gibi fonksiyonlar da eklenmiştir. ERP ise birden fazla noktada üretimle dağıtım yapan ama tek bir şirketin üretim gibi iç operasyonlarını koordine eden bir sistemdir. Tedarik zinciri ise modelde rolü olan işletmeleri birbiriyle konuşturan, bunların birbirine bilgi sağlamasını

* Öğr. Gör. Dr., Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi

amaçlayan güvenli bir ortamda zamanında hatasız, ihtiyaç duyulan kadar ve doğru kişiye bilginin ulaşmasını sağlayan bir iş modeli sunmaktadır (www.btvizyon.com.tr; Klaus vd., 2000).

Bu iş modelini oluşturan öğelerin sayılarının ve yerlerinin tespiti, birbirleri arasındaki fiziksel akışın miktarının belirlenmesi gibi alt problemleri içeren ağ tasarımı problemi tedarik zinciri yönetimi içinde stratejik bir öneme sahiptir. Her ne kadar ağ tasarımı problemi literatürde pek çok çalışmada incelenmiş olsa da (Cohen ve Lee, 1989; Pyke ve Cohen, 1993; Petrovic vd., 1999; Ganeshan vd., 2001; Sakawa vd., 2002; Jayaraman ve Ross, 2003; Amiri, 2004), malzeme ihtiyaç planlama kısıtları çok nadir ele alınmıştır (Yan vd., 2003). Bu çalışmada, tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu problemi kapsamında malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli geliştirilmiştir.

2. Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu

Bu bölümde, ilk olarak tedarik zinciri yönetimine ilişkin tanımlara yer verilmiş ardından çalışmanın kuramsal alt yapısının tesisi için sırasıyla tedarik zinciri modelleme, tedarik zinciri ağı tasarımı, tedarik zinciri yönetiminin amaçları ve aşamaları, tedarik zinciri kısıtları ve karar değişkenleri kavramları incelenmiştir.

2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi

TZY; tedarikçi, üretici, toptancı, bayi, müşteri zincirindeki malzeme, bilgi ve para akışını koordine etmek ve yönetmek demektir. TZY ile, sadece şirket içindeki entegrasyon değil, tedarik zincirini oluşturan tüm şirketlerin entegrasyonu sağlanmaktadır. Temel amaç müşteri tatminini artırırken karı maksimize etmek ve daha verimli, daha düşük maliyetle çalışmaktır (e-cozumevi.com).

TZY; işletmenin iç kaynaklarının dış kaynaklarla entegre edilerek etkin bir biçimde çalışmasının sağlanmasıdır. Amaç geliştirilmiş üretim kapasitesi, piyasa duyarlılığı ve müşteri/tedarikçi ilişkileri gibi işletmenin tüm performansını oluşturan değerlerin artırılmasıdır. Tedarik zinciri yönetimi, hammaddelerin temin edilmesinden imalat ürünlerine ve buradan da tüketiciye işlenmiş ürünlerin dağıtımına kadar tüm tedarik zinciri boyunca bilgiye dayalı karar almamıza olanak vermektedir (Eraslan, 2003).

Başka bir deyişle TZY; “müşteri odaklı kurumsal vizyon etrafında gelişim gösteren, bir işletmenin iç ve dış bağlantılarını yöneten ve ardından iç-fonksiyonellik ile iç-organizasyon arasındaki sinerjinin bütünleşimini ve koordinasyonunu sağlayan bir yapı” olarak ele alınabilir. İç tedarik zincirinin başarılı bütünleşimi ağırlıklı olarak, tedarik zincirindeki halkalar arasındaki kusursuz ve zamanında bilgi paylaşımına bağlıdır (Min ve Zhou, 2002).

Tedarik zincirini oluşturan halkalar arasındaki bu sıkı ilişki, tüketici veya müşteri ile işletme arasında olduğu kadar işletme (alıcı) ve tedarikçisi (satıcı) arasında da mevcuttur. Müşteri ile tedarikçi işletme arasında, özellikle dağıtım

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

gereksinimlerinin daha sık karşılanması için, en az hatayla karşılama ve daha büyük ölçekli işbirliği yaratmada önemli bir kavramdır ve tedarikçi ile müşteri arasında kurulan “ağ” kalıcı ve uzun ilişki oluşturulması anlamında ele alınmaktadır. Bunun yanında geleceğin fabrika yapısına ilişkin yapılan tartışmalarda “geleceğin fabrikasında büyük ve kitle üretim yerleşimleri değil, fabrikaya bağlı şubelere coğrafik olarak mal gönderen daha çok tedarikçinin görüleceği” belirtilmektedir (Murphy vd., 2003).

Bir şirketin temel hedefi, tedarik zincirinden geçen ürünlere bir değer katmak ve bu ürünlerin; istenilen miktarlarda, uygun nitelikte ve istenilen zamanda nakliyat sürecinde rekabetçi bir maliyet anlayışıyla dağıtılması sürecidir.

Bir tedarik zinciri, iki ana iş sürecinden oluşmaktadır (Min ve Zhou, 2002):

- Malzeme Yönetimi (Gelen Lojistik)
- Fiziksel Dağıtım (Giden Lojistik)

Malzeme Yönetimi, hammadde ve stok yönetiminin, bölümlerin ve tedarik sürecinin kontrolünün ele geçirilmesi ile ilgilidir. Daha detaya inilirse, Malzeme Yönetimi; Malzeme Akış Çevrimleri'nin, ürünlerin satın-alma ve iç kontrol sürecinde nihai ürünlerin depolanması, taşınması ve dağıtımıyla ilgili olarak planlama ve kontrol faaliyetlerinin tümünü barındıran bir sistemdir (Johnson ve Malucci, 1999).

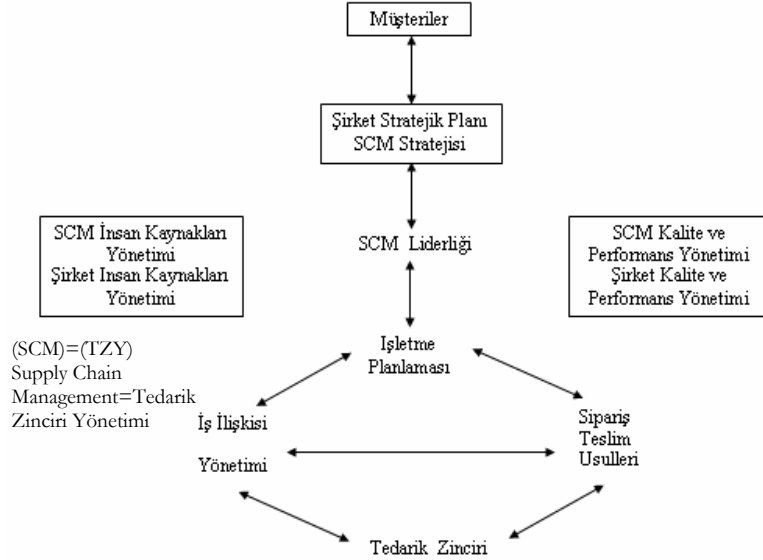
Fiziksel Dağıtım ise, müşteri hizmeti sağlayan bütün dış lojistik faaliyetleri çevreleyen bir yapı olarak düşünülebilir. Bu faaliyetler bütün sipariş süreci (sipariş makbuzu dahil), stokların stratejik olarak yerleştirilmesi, depolama ve elde tutma, dış taşıma/ulaştırma, konsolidasyon, ücretlendirme, promosyon, geri dönen ürün depolama ve ömür boyu ürün desteği işlemlerini kapsamaktadır (Bowersox ve Closs, 1996).

Lojistik kavramını ele aldığımızda ise (lojistik, dağıtım ile aynı anlamda kullanılmamaktadır) bir kurumun lojistik bileşenlerinin (Vidal ve Goetschalckx, 1998);

- Üretim merkezi sayısı (Fabrika Sayısı)
- Sıfır, bir, ya da daha fazla dağıtım kademesi
- Müşteriler
- Ham madde ve malzeme tedarikçileri
- Kullanılmış ürünler ve geri dönen ürünler için konteynır
- Yukarıdaki bütün maddeleri birbirine bağlayan dağıtım kanalları yer almaktadır. Lojistik hakkında sıklıkla sorulan sorular ise;
- Bu ülkedeki müşterilere bu ürünleri sunmak karlı bir iş midir?
- Hangi ülkede ve hangi fabrikada bu ürün üretilmelidir?
- Bu ürün hangi dağıtım kanallarından ve ulaştırma şekilleri ile dağıtılmalıdır?
- Bu ürün için taktiksel üretim planı nedir, ne kadar stok olmalıdır ve nerede depolanmalıdır?
- Bu ürün için hangi ülkedeki hangi satıcılarla işbirliği yapılmalıdır?
- İşletmemiz üretim ve dağıtım ağlarını birleştirmek için hangi organizasyonlarla işbirliği yapılmalıdır?

- Çevre düzenlemeleri ve tanzimiyle ilgili en ekonomik ve en ekolojik çözüm nedir?

Bu noktaya kadar tanımlanmaya çalışılan kavramsal çerçeveyi özetlemek gerekirse, TZY sistemini Şekil 1'deki gibi şematik olarak ifade etmek mümkündür.



Şekil 1. Tedarik Zinciri Yönetimi Sistemi Felsefesi (Eraslan, 2003).

Tedarik Zinciri yönetim sistemi; şirketin dışındaki tedarik işlerini sağlayanların yönetilmesi ve bunlarla etkin çalışması için şirketin iç kaynaklarını bir bütün halinde ele alan temel bir işletme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1). Burada amaç, şirketin imalat kapasitesinin artırılması, piyasaya karşı duyarlılığın geliştirilmesi ve tüketici ile tedarik işlerini üstlenenler arasında ilişkilerin iyileştirilmesi yoluyla şirketin çalışmasının ileriye götürülmesidir (Eraslan, 2003).

2.2 Tedarik Zinciri Modelleme

Her tedarik zinciri modelinin kendine özgü özellikleri olmasına rağmen, bir çoğu aşağıda tanımlanan adımların yerine getirilmesini gerektirir (Lee ve Kim, 2002):

a- Problemin Tanımlanması: Bir çalışma halihazırda bir ihtiyacı giderecek şekilde hazırlanmamışsa, detaylı ve eksiksiz olması bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışma yapabilmek için, potansiyel problemleri olan sistem parçalarının incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model kurucusu tarafından, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alabilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır. Fakat içinde gereksiz ve fazlalık bilgilerin bulunduğu bir model bilgisayar üzerinde diğer modellere göre daha yavaş çalışabilir ve maliyeti daha yüksek olabilir.

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

b- Hedeflerin Belirlenmesi: Tedarik zinciri modelinin amaçları, üzerinde çalışılacak problemin durumuna göre saptanır. Geliştirmede kullanılan belirli metodların, çalışmanın hedefinin belirlenmesindeki rolü büyüktür. Fakat bu hedefler, daha önce yapılan modelin sonuçlarının yeni verilere uyarlanmasını engelleyecek şekilde dar planlanmamalıdır.

c- Model Formülasyonu: Hedeflerin ve problemin belirlenmesinden sonra, modeli kuracak olan kişi modelin temel çatısını geliştirebilir. Bu çatı genellikle olayların prensiplerini ve kullanılan elemanları içerir. Toplanan verilerin doğruluğunun, elde edilen sonuç üzerindeki etkisi büyüktür. Yapılan ilk plan içerisinde; gerekli olan verilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edilebileceği belirtilmektedir. İlk olarak, çalışmanın hedefleri ile ilgili olan bu bilgilerin çıkartılması gerekir. Tecrübeli bir model kurucu, çalışmada yer alan diğer kişilere hangi verilerin gerekli hangilerinin gereksiz olduğu konusunda yardım etmelidir. Sistemin taklidini yapmak veya sistemin bir kopyasını çıkarmak için harcanan çaba genellikle gereksizdir. Detayların gerekli olduğu zaman eklenmesi, çalışmanın hedefine ulaşması açısından takip edilmesi gereken en iyi yoldur. Teknik karışıklıklar modelle, modelin kurulma amacı arasındaki ilişkiyi daha az öneme sahiptir.

2.3 Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı

Tedarik zinciri ağı; tedarikçi, nakliyecisi, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici ile ortaya çıkan tedarik zincirini oluşturan sistemler, alt sistemler, operasyonlar, aktiviteler ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren karmaşık bir bütündür. Bu karmaşık bütünün tasarımı, modelinin oluşturulması ve hayata geçirilmesi işletmenin maksimum etkinlik ve verimliliğe sahip olmasında oldukça belirleyici bir rol üstlenecektir. Hızlı bir şekilde, çok çeşitli ürünün, arzulan fiyat ve kalitede sunumunun sağlanabilmesi için ağ elemanlarının mümkün olduğunca azaltılması ve yapının yalın hale getirilmesi gerekir. TZY’de tasarım boyutu rekabet avantajı ile ilişkili olarak incelendiğinde temelde entegrasyon ve yalınlığın “en iyi tek yol” olarak önerildiği gözlenmektedir. Bu çabalar gelişmekte olan bir alanda “klasik” olarak nitelendirilebilecek ilkelerin, kuralların ve modellerin oluşturulmasında zorunlu bir başlangıç aşaması olarak değerlendirilebilir (Bakoğlu ve Yılmaz, 2001).

2.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları ve Aşamaları

TZY sistemi; şirketin dışındaki tedarik işlerini sağlayanların yönetilmesi ve bunlarla etkin çalışması için şirketin iç kaynaklarını bir bütün halinde ele alan temel bir işletme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Arntzen, 1995).

Daha açık olarak TZY; “ Temel iş süreçlerinin son kullanıcıdan ürün, hizmet ve bilgi üreten özgün tedarikçiye doğru; müşterilere ve diğer mülk/para sahiplerine bir değer katan bütünleşimidir (Cooper vd., 1997).

Burada amaç, işletmenin imalat kapasitesinin artırılması, piyasaya karşı duyarlılığın geliştirilmesi ve tüketici ile tedarik işlerini üstlenenler arasındaki ilişkilerin iyileştirilmesi yoluyla şirket performansının ileriye götürülmesidir. Tedarik zincirinde tedarik seviyesinin tespit edilmesi için yapılan çalışmalar;

işletmenin mevcut durumunun belirlenmesi ve işletmenin belirlenen durumuna bağlı olarak TZY sisteminin uygulanması üzerinde odaklanmaktadır (Foster, 1999).

TZY'deki temel felsefe, toplam tedarik zinciri maliyetini istenilen sabit talep doğrultusunda minimize etmektir. Bu toplam maliyet aşağıdaki maliyet unsurlarını içermektedir (Shapiro, 2001).

- Hammadde ve diğer satın alma maliyetleri,
- Gelen taşıma ve ulaştırma maliyetleri,
- Tesis yatırım maliyeti,
- Direkt ve endirekt üretim maliyetleri,
- Direkt ve endirekt dağıtım merkezi maliyetleri,
- Stok bekletme maliyeti,
- İç-yatırım ve taşıma maliyetleri,
- Giden taşıma ve ulaştırma maliyetleri.

TZY'de fonksiyonel amaçlar ve bunların *stok*, *müşteri hizmetleri* ve *toplam maliyet* olmak üzere üç farklı tedarik zinciri parametresi üzerinde yarattıkları etkiler aşağıda Tablo 1'de gösterilmiştir. Koyu renkli oklar, fonksiyonel amaçların istenen sonuçlarla örtüştüğünü göstermektedir. Tedarik zinciri parametreleri için istenen sonuçlar tablonun altında gösterildiği üzere; stok seviyeleri için düşüş (*aşağı yönlü ok*), müşteri hizmetleri için artış (*yukarı yönlü ok*), toplam maliyet için ise düşüş (*aşağı yönlü ok*) şeklindedir.

Tedarik zincirinde yüksek müşteri hizmetleri hedeflendiğinde; stok seviyeleri, müşteri hizmetleri ve toplam maliyet artmaktadır. Müşteri hizmetlerinde istenen sonuç artış olduğu için yukarı yönlü koyu bir okla belirtilmiştir. Ancak, stok ve toplam maliyet üzerinde bu amacın etkisi istenen sonuçlar doğrultusunda gerçekleşmemektedir. Bu nedenle açık renkli oklarla gösterilmiştir.

Benzer şekilde, düşük ulaştırma maliyeti hedefi toplam maliyet ile; düşük depolama maliyeti hedefi stok ve toplam maliyet ile; stokların azaltılması hedefi stok ve toplam maliyet ile; yüksek dağıtım hızı hedefi müşteri hizmetleri ile; düşük işgücü maliyeti hedefi toplam maliyet ile aynı doğrultuda gerçekleştiği için bu parametreler koyu renkli oklar ile temsil edilmişlerdir.

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

Tablo 1. Tedarik Zincirinde İstenen Amaçlar (Carmichael, 1998).

Fonksiyonel Amaçlar	Amaçların ... Üzerindeki Etkisi		
	Stok	Müşteri Hizmetleri	Toplam Maliyet
Yüksek Müşteri Hizmeti	↑	↑	↑
Düşük Ulaştırma Maliyeti	↑	↓	↓
Düşük Depolama Maliyeti	↓	↓	↓
Stokların Azaltılması	↓	↓	↓
Yüksek Dağıtım Hızı	↑	↑	↑
Düşük İşgücü Maliyeti	↑	↓	↓
İstenen Sonuçlar	↓	↑	↓

TZY'nin kurumsallaşması için gerekli faaliyetler üç aşamada sınıflandırılabilir; *operasyonel aşama*, *taktiksel aşama* ve *stratejik aşama* (Lee ve Kim, 2002):

i- Operasyonel Aşama

Bu aşamada, muhtemelen fabrika içi veya departmanlar arası, sınırlı bir kapsamda *kısa zamanlı periyot* olarak nitelenebilecek bir süreç söz konusudur. Kaynaklar ve talepler sabittir ya da biliniyordur. Kritik olduğu düşünülen çeşitlilik genellikle bir istisnadır. Genellikle, bu aşamada Doğrusal Programlama, Tamsayı Programlama ya da Karma Tamsayı Programlama gibi bir matematiksel optimizasyon metodu kullanılır.

ii- Taktiksel Aşama

Bu aşamada ise *zaman periyotları uzundur*, muhtemelen birkaç ay sürebilir. Kaynakların sıralanması makineden bütün fabrikaya doğru genişletilebilir. Dosyalanmış olarak, hangi ürünün üretileceği ve hangi ürünün hangi fabrikada imal edileceği ya da hangi tedarikçinin seçileceği gibi bilgiler ve ilişkiler yer almaktadır. Bu aşamada talep tahmini basitçe önceden kestirilebilir. Eğer talep tahmini stokastik karakteristiklere dayanan bir kestirme ise; simülasyon burada en iyi çözümdür.

iii- Stratejik Aşama

Bu aşamada talep tahmin periyotları oldukça uzundur ve yıllarca sürebilir. Stratejik plan, bütünleşik olarak tüm sistemi kapsayacak şekilde geliştirilebilir veya alternatif olarak üretim bölümlerine ya da ürün ailelerine indirgenerek geliştirilebilir. Genel olarak, stratejik planlar hazırlanırken sistemin tüm unsurlarının değiştirilebilir nitelikte olduğu varsayımı altında hareket edilir. Yeni üretim bölümleri açılabilir ya da mevcut bölümler kapatılabilir, sermaye artırılabilir, stratejik ürün yerleştirmeleri yapılabilir. Bu sebepten dolayı, bir

strateji planı oluşturmak için genellikle stokastik modelleme veya simülasyon yöntemi kullanılır.

Bu bağlamda, her aşama için modelleme metodunun farklılık göstermekte olduğu söylenebilir. Genellikle, operasyon aşamasında matematiksel model; taktiksel aşamada ayrık-olay simülasyonu; stratejik aşamada ise birleşik modellenmiş simülasyon yöntemi kullanılmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Her Aşama için Modelleme Metodu (Lee ve Kim, 2002).

Aşama	Modelleme Metodu	Model Detayı	Model Ölçeği
Operasyon Aşaması	Matematiksel Model	Çok detaylı	Küçük
Taktiksel Aşama	Optimizasyon, ayrık-olay simülasyonu	Normal	Normal
Stratejik Aşama	Birleşik modellenmiş simülasyon	Basit	Çok büyük

Benzer şekilde, TZY alanındaki çalışmalar da bu aşamalara bağlı olarak; stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç grupta toplanabilir (Tablo 3). Stratejik çalışmalar; aylık ve yıllık gibi uzun dönemli çalışmaları; taktik sınıfta yer alan çalışmalar daha çok haftalık ve aylık çalışmaları; operasyonel çalışmalar ise günlük ve saatlik çalışmaları kapsamaktadır.

Tablo 3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Yapılan Çalışmalar (Wang, 2003).

TZY Sınıflandırması	Zaman Dilimi	Etki Alanı	Alt Kategori
<i>Stratejik</i>	Aylık, Yıllık, Çok-Yıllık planlama	Kurumsal veya Tedarik Zinciri Kapsamında	Amaçlar, Tasarım, Rekabetçi Avantaj, Tarihsel Perspektif
<i>Taktik</i>	Yaklaşan günler, Haftalar, Aylar	Yerel	İlişki Geliştirme, Bütünleşik Faaliyetler, Ulaştırma ve Dağıtım sistemleri
<i>Operasyonel</i>	Günden güne	Tesis	Stok Kontrolü, Üretim Planlama ve Çizelgeleme, Bilgi İşlem, Operasyonel Araçlar

TZY'yi bir sistem olarak ele alındığında, bu sistemin bütünleşmesi yönetim alanındaki guruların da katkılarıyla gelişim göstermektedir. Daha önceleri yöneticiler bu bütünleşim felsefesini işletmelerde uygulamaya çalışmışlar ama bilgi teknolojilerinden yoksun olan işletmeler sisteme yönelik yaklaşımı tam anlamıyla uygulayamamışlardır. 1950'li yıllara döndüğümüzde, endüstri dinamikleri alanındaki gelişmeler tedarik zincirinin bütünleşik bir sistem olması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda teknolojiye gelişmeler sayesinde iletişimin baş-döndürücü bir hızla artmasıyla beraber TZY'deki bütünleşim felsefesi de ivme kazanmıştır. Hem yönetim hem de teknoloji alanındaki

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

gelişmeler sonucu üreticiden perakendeciye doğru güçlü bir ötelemeyi doğurmuştur.

Bütünleşim sürecinde bilgi teknolojileri ve perakende sektörünün gücü tedarik zinciri alanında bir katalizör gibi davranarak sanal tedarik zincirleri, sanal ağlar ve e-iş alanındaki gelişmelere önderlik etmiştir. Amazon.com gibi İnternet işletmeleri bilgi akışını elektronik ortama adapte ederek ürün akışları ve tedariki süreçlerinde büyük başarılar elde etmişlerdir (Johnson ve Pyke, 2001).

2.5 Tedarik Zinciri Kısıtları

Tedarik zinciri kısıtları, işletmenin seçebileceği bir dizi alternatif karar seçeneği üzerinde konumlanmış etmenlerdir. Böylece, bu etmenler bazı karar alternatiflerinin yapılabilirliklerini/fizibilitesini belirlerler. Bu kısıtların içerikleri (Min ve Zhou, 2002);

Kapasite: Tedarik zinciri üyelerinin finans, üretim, tedarik ve teknik (EDI veya barkod) yeterliliklerini; istenilen gelir düzeyinde stok seviyeleri, üretim, işgücü, öz-sermaye yatırımı, outsourcing ve bilişim teknolojileri (BT) adaptasyonu ile ilgili durumları belirler. Kapasite ayrıca üretim ve stoklama için kullanılabilir alanları da içerir.

Hizmet Uyumu: Tedarik zincirinin nihai hedefinin müşterilerin hizmet ihtiyaçlarını karşılaması ya da bu ihtiyaçların da ötesinde hizmet verilmesi esası olduğunu düşünürsek, bu oluşum müşteri memnuniyeti için en önemli kısıttır. Bunların tipik örnekleri; dağıtım zamanları, gününde üretim, ardışık-sipariş için maksimum bekleme süresi ve taşıma yapan kamyon sürücüleri için ulaştırmada geçen yolculuk süresidir.

Talep kapsamı/miktarı: Tedarik zincirinin dikey bütünleşimi, bir önceki kademedeki tedarik kapasitesini dengelemek amacıyla aşağı yöndeki tedarik zinciri üyelerinin kendi kademelerinde başarıya ulaşması için gereken talep miktarını, artırılmış tüketim doğrultusunda dengelemektir.

2.6 Tedarik Zinciri Karar Değişkenleri

Karar değişkenleri genel olarak, karar çıktısı aralıklarının sınırlarını belirlemelerinden dolayı, tedarik zinciri ile ilişkili fonksiyonel performansın artmasına katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, bir tedarik zincirinin performans ölçümleri genel olarak karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Karar değişkenlerinin bazıları aşağıdaki gibi açıklanabilir (Min ve Zhou, 2002);

- **Yer:** Bu tür değişkenler; fabrikaların, depoların (veya dağıtım merkezlerinin) konsolidasyon noktalarının ve tedarik kaynaklarının nerede konumlandırılacağına ilişkin karar verme sürecinde etkilidir.
- **Yerleşim:** Hangi toptancıdan, fabrikadan ve konsolidasyon noktasından hangi müşteriye, pazar dilimine ve tedarikçiye hizmet verileceğini gösteren değişkenlerdir.
- **Şebeke/Ağ Yapısı:** Bu tip değişkenler, bir dağıtım şebekesinin merkezileştirilmesi ya da merkezden uzaklaştırılması ve tedarikçiler, depolar ve konsolidasyon/ birleşim noktalarının hangi

kombinasyonundan yararlanılacağını belirtir. Ayrıca bu değişkenler üretim ve dağıtım kaynaklarının tam zamanında kullanılması ya da elimine edilmesi esasına da dayanır.

- **Tesis ve Teçhizat Sayısı:** Müşteri ihtiyaçlarını ve pazar isteklerini karşılayabilmek için kaç adet fabrika, depo ve birleşim noktası gerektiğini belirleyen değişkenlerdir.
- **Aşama-Katman Sayısı:** Bu değişken ise, bir tedarik zincirinin içerdiği aşamaların sayısını belirler. Ayrıca, yatay tedarik zinciri bütünleşiminde kademeleri birleştirerek ya da kademeleri bölerek kademe sayısını artırabilir veya azaltabilir.
- **Hizmet Sıklığı:** Müşterilere veya tedarikçilere hizmet veren araçların dağıtım-getiri zaman çizelgesini ya da izlediği rotayı belirleyen değişkendir.
- **Miktar:** Bu değişken, tedarik zincirinin her noktasında (tedarikçi, üretici, dağıtıcı v.s.) optimal satın alma miktarı, üretim, nakil miktarını belirler.
- **Stok Seviyesi:** Tedarik zincirinin her safhasındaki hammadde, bölüm, iş süreci, nihai ürün ve stok tutma birimini belirleyen değişkendir.
- **İşgücü Miktarı:** Bu değişken, sistemde kaç adet tır şoförü ve ürün yükleyici bulunması gerektiğine karar verilmesini sağlar.
- **Dış-kaynak (outsourcing) Kapsamı:** Hangi tedarikçinin, hangi bilişim hizmeti ve üçüncü taraf destek sağlayıcısının kullanılacağı, uzun dönemli temaslarda dış kaynak (tekil veya çoklu kaynak) bakımından kaç tanesinden faydalanabileceğini belirleyen değişkendir.

3. Tedarik zinciri ağı tasarımı ve optimizasyonu: Malzeme ihtiyaç kısıtlı çok aşamalı karma tamsayı bir model

Yan vd. (2003), mantık kısıtları kullanarak stratejik tedarik zinciri tasarımı için karma tamsayı bir üretim-dağıtım modeli önermişlerdir. Modelde; tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgelerinden oluşan çok aşamalı tedarik zinciri için malzeme ihtiyaçlarını da göz önüne alan bir tasarım gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada ise, mantık kurallarına dayalı matematiksel programlama yerine, doğrusal kısıtlar kullanan çok aşamalı karma tamsayı bir model önerilmiştir. Aşağıda ilk olarak geliştirilen modele ilişkin notasyonlar açıklanmış, ardından amaç fonksiyonu ve kısıtlar verilmiştir.

Notasyonlar:

X_{ijt} = i 'nci tedarikçiden j 'nci fabrikaya gönderilen t 'nci komponent miktarı.

Y_{jk} = j 'nci fabrikadan k 'nci dağıtım merkezi/bölge bayiiine gönderilen nihai ürün miktarı.

Z_{kl} = k 'nci dağıtım merkezinden l 'nci müşteriye gönderilen miktar.

C_{ijt} = i 'nci tedarikçiden j 'nci fabrikaya t 'nci komponentin birim tedarik maliyeti (para birimi/komponent).

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

C_{jk} = j 'nci fabrikadan k 'nci dağıtım merkezi/bölge bayiiine taşıma birim maliyeti (para birimi/ürün).

C_{kl} = k 'nci dağıtım merkezinden l 'nci müşteriye taşıma birim maliyeti (para birimi/ürün).

ω_t = bir birim nihai ürün içindeki t 'nci komponentin kullanım miktarı (komponent/ürün).

φ_j = j 'nci fabrikanın sabit işletme maliyeti.

$$\Phi_j = \begin{cases} 1, & j\text{'nci fabrikada üretim gerçekleştirilirse,} \\ 0, & \text{d.d.} \end{cases}$$

δ_k = k 'nci ana bayiiinin sabit işletme maliyeti.

$$\Delta_k = \begin{cases} 1, & k\text{'nci ana bayii açılırsa,} \\ 0, & \text{d.d.} \end{cases}$$

D = Açılacak toplam dağıtım merkezinin üst sınırı.

P = Açılacak toplam fabrika sayısının üst sınırı.

a_{it} = i 'nci tedarikçinin t 'nci komponent kapasitesi.

b_j = j 'nci fabrikanın kapasitesi.

c_k = k 'nci ana bayiiinin kapasitesi.

d_l = l 'nci tüketicinin talebi.

Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \left[\sum_i \sum_j \sum_t C_{ijt} X_{ijt} + \sum_j \sum_k C_{jk} Y_{jk} + \sum_k \sum_l C_{kl} Z_{kl} \right] + \\ & \left[\sum_j \varphi_j \Phi_j + \sum_k \delta_k \Delta_k \right] \end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\sum_j X_{ijt} \leq a_{it}, \quad \forall_i, \forall_t \quad (\text{Tedarikçi kapasite kısıtı; } i \times t \text{ adet kısıt})$$

$$\sum_k Y_{jk} \leq b_j \Phi_j, \quad \forall_j \quad (\text{Fabrika kapasite kısıtı})$$

$$\sum_j \Phi_j \leq P \quad (\text{Fabrika sayısı kısıtı})$$

$$\sum_l Z_{kl} \leq c_k \Delta_k, \quad \forall_k \quad (\text{Dağıtım merkezi kapasite kısıtı})$$

$$\sum_k \Delta_k \leq D \text{ (Dağıtım merkezi kısıtı)}$$

$$\sum_i X_{ijt} - \omega_t \sum_k Y_{jk} = 0, \forall j, \forall t \text{ (1. Aşama denge kısıtı; } j \times t \text{ adet kısıt)}$$

$$\sum_j Y_{jk} - \sum_l Z_{kl} = 0, \forall k \text{ (2. Aşama denge kısıtı)}$$

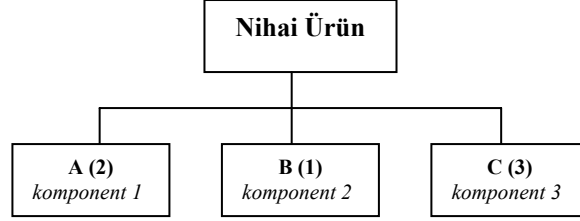
$$\sum_k Z_{kl} \geq d_l, \forall l \text{ (3. Aşama denge kısıtı: Talep kısıtı)}$$

$$\Phi_j, \Delta_k = \{0,1\}, \forall j,k \quad X_{ijt}, Y_{jk}, Z_{kl} \geq 0, \forall i,j,k,l,t$$

4. Sayısal Örnek

Bu bölümde, önerilen modelin açıklanması ve test edilmesi için sayısal bir örnek sunulmuştur.

A, B, C gibi üç farklı komponentten oluşan bir nihai ürün için tedarik zinciri ağı modellendiği varsayılınsın (Şekil 2). Nihai ürün içinde, A komponentinden 2 adet; B komponentinden 1 adet; C komponentinden 3 adet kullanılmaktadır.



Şekil 2. Ürün ağacı.

Söz konusu tedarik zinciri ağı için, birinci aşama dağıtım maliyetleri aşağıdaki gibi olsun (Tablo 4).

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

Tablo 4. Birinci aşama birim taşıma maliyetleri (tedarikçilerden fabrikalara).

Tedarikçiler	Komponentler	Fabrikalar				
		1	2	3	4	5
1	1	5	6	5	7	4
	2	4	6	3	6	5
	3	5	7	4	7	7
2	1	3	5	6	8	5
	2	6	7	5	6	8
	3	5	4	5	4	5
3	1	8	6	3	5	7
	2	7	5	3	7	4
	3	4	6	3	4	6

İkinci ve üçüncü aşamalara ilişkin birim taşıma maliyetleri aşağıda sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. İkinci aşama birim taşıma maliyetleri (fabrikalardan dağıtım merkezlerine).

Fabrikalar	Dağıtım Merkezleri				
	1	2	3	4	5
1	5	8	5	8	5
2	8	7	8	6	8
3	4	7	4	5	4
4	3	5	3	5	3
5	5	6	6	8	3

Tablo 6. Üçüncü aşama birim taşıma maliyetleri (dağıtım merkezlerinden müşterilere).

Dağıtım Merkezleri	Müşteriler			
	1	2	3	4
1	7	4	5	6
2	5	4	6	7
3	7	5	3	6
4	3	5	6	4
5	4	6	5	7

Fabrikaların ve dağıtım merkezlerinin kapasite ve sabit maliyetleri ise Tablo 7 ve Tablo 8'de listelenmiştir.

Tablo 7. Fabrikaların üretim kapasiteleri ve sabit maliyetleri.

Fabrika	Kapasite	Sabit Maliyet
1	400	1800
2	550	900
3	490	2100
4	300	1100
5	500	900

Tablo 8. Dağıtım merkezlerinin dağıtım kapasiteleri ve sabit maliyetleri.

Dağıtım Merkezleri	Kapasite	Sabit Maliyet
1	530	1000
2	590	900
3	400	1600
4	370	1500
5	580	1400

Nihai ürüne ilişkin talep yapısı aşağıda Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Nihai ürüne olan müşteri talebi.

Müşteri	Talep
1	460
2	330
3	450
4	300

Tedarikçilerin her bir komponente ilişkin kapasite durumları aşağıda Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Tedarikçilerin komponent bazında kapasiteleri.

Tedarikçi	Komponent		
	1	2	3
1	1200	650	1750
2	1350	730	2350
3	880	490	1175

Yukarıda parametreleri, katsayıları ve sabit değerleri verilen sayısal örneğin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Min \quad \left[\sum_i \sum_j \sum_t C_{ijt} X_{ijt} + \sum_j \sum_k C_{jk} Y_{jk} + \sum_k \sum_l C_{kl} Z_{kl} \right] + \left[\sum_j \varphi_j \Phi_j + \sum_k \delta_k \Delta_k \right]$$

**Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı
Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli**

Kısıtlar:

$X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} \leq 1200$, (tedarikçi 1'in komponent 1 için kapasite kısıtı)

$X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152} \leq 650$, (tedarikçi 1'in komponent 2 için kapasite kısıtı)

$X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{143} + X_{153} \leq 1750$, (tedarikçi 1'in komponent 3 için kapasite kısıtı)

$X_{211} + X_{221} + X_{231} + X_{241} + X_{251} \leq 1350$, (tedarikçi 2'nin komponent 1 için kapasite kısıtı)

$X_{212} + X_{222} + X_{232} + X_{242} + X_{252} \leq 730$, (tedarikçi 2'nin komponent 2 için kapasite kısıtı)

$X_{213} + X_{223} + X_{233} + X_{243} + X_{253} \leq 2350$, (tedarikçi 2'nin komponent 3 için kapasite kısıtı)

$X_{311} + X_{321} + X_{331} + X_{341} + X_{351} \leq 880$, (tedarikçi 3'ün komponent 1 için kapasite kısıtı)

$X_{312} + X_{322} + X_{332} + X_{342} + X_{352} \leq 490$, (tedarikçi 3'ün komponent 2 için kapasite kısıtı)

$X_{313} + X_{323} + X_{333} + X_{343} + X_{353} \leq 1175$, (tedarikçi 3'ün komponent 3 için kapasite kısıtı)

$Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} \leq 400\Phi_1$ (fabrika 1 için kapasite kısıtı)

$Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{25} \leq 550\Phi_1$ (fabrika 2 için kapasite kısıtı)

$Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35} \leq 490\Phi_1$ (fabrika 3 için kapasite kısıtı)

$Y_{41} + Y_{42} + Y_{43} + Y_{44} + Y_{45} \leq 300\Phi_1$ (fabrika 4 için kapasite kısıtı)

$Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55} \leq 500\Phi_1$ (fabrika 5 için kapasite kısıtı)

$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 \leq 4$

$Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + Z_{14} \leq 530\Delta_1$, (dağıtım merkezi 1 için kapasite kısıtı)

$Z_{21} + Z_{22} + Z_{23} + Z_{24} \leq 590\Delta_2$, (dağıtım merkezi 2 için kapasite kısıtı)

$Z_{31} + Z_{32} + Z_{33} + Z_{34} \leq 400\Delta_3$, (dağıtım merkezi 3 için kapasite kısıtı)

$Z_{41} + Z_{42} + Z_{43} + Z_{44} \leq 370\Delta_4$, (dağıtım merkezi 4 için kapasite kısıtı)

$Z_{51} + Z_{52} + Z_{53} + Z_{54} \leq 580\Delta_5$, (dağıtım merkezi 5 için kapasite kısıtı)

$\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 \leq 4$

$X_{111} + X_{211} + X_{311} - 2(Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15}) = 0$ (komponent 1, fabrika 1 için denge kısıtı)

$$X_{121} + X_{221} + X_{321} - 2(Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{25}) = 0 \text{ (komponent 1, fabrika 2 için denge kısıtı)}$$

$$X_{131} + X_{231} + X_{331} - 2(Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35}) = 0 \text{ (komponent 1, fabrika 3 için denge kısıtı)}$$

$$X_{141} + X_{241} + X_{341} - 2(Y_{41} + Y_{42} + Y_{43} + Y_{44} + Y_{45}) = 0 \text{ (komponent 1, fabrika 4 için denge kısıtı)}$$

$$X_{151} + X_{251} + X_{351} - 2(Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55}) = 0 \text{ (komponent 1, fabrika 5 için denge kısıtı)}$$

$$X_{112} + X_{212} + X_{312} - 1(Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15}) = 0 \text{ (komponent 2, fabrika 1 için denge kısıtı)}$$

$$X_{122} + X_{222} + X_{322} - 1(Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{25}) = 0 \text{ (komponent 2, fabrika 2 için denge kısıtı)}$$

$$X_{132} + X_{232} + X_{332} - 1(Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35}) = 0 \text{ (komponent 2, fabrika 3 için denge kısıtı)}$$

$$X_{142} + X_{242} + X_{342} - 1(Y_{41} + Y_{42} + Y_{43} + Y_{44} + Y_{45}) = 0 \text{ (komponent 2, fabrika 4 için denge kısıtı)}$$

$$X_{152} + X_{252} + X_{352} - 1(Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55}) = 0 \text{ (komponent 2, fabrika 5 için denge kısıtı)}$$

$$X_{113} + X_{213} + X_{313} - 3(Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15}) = 0 \text{ (komponent 3, fabrika 1 için denge kısıtı)}$$

$$X_{123} + X_{223} + X_{323} - 3(Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{25}) = 0 \text{ (komponent 3, fabrika 2 için denge kısıtı)}$$

$$X_{133} + X_{233} + X_{333} - 3(Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35}) = 0 \text{ (komponent 3, fabrika 3 için denge kısıtı)}$$

$$X_{143} + X_{243} + X_{343} - 3(Y_{41} + Y_{42} + Y_{43} + Y_{44} + Y_{45}) = 0 \text{ (komponent 3, fabrika 4 için denge kısıtı)}$$

$$X_{153} + X_{253} + X_{353} - 3(Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55}) = 0 \text{ (komponent 3, fabrika 5 için denge kısıtı)}$$

$$Y_{11} + Y_{21} + Y_{31} + Y_{41} + Y_{51} - (Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + Z_{14}) = 0 \text{ (dağıtım merkezi 1 için denge kısıtı)}$$

$$Y_{12} + Y_{22} + Y_{32} + Y_{42} + Y_{52} - (Z_{21} + Z_{22} + Z_{23} + Z_{24}) = 0 \text{ (dağıtım merkezi 2 için denge kısıtı)}$$

$$Y_{13} + Y_{23} + Y_{33} + Y_{43} + Y_{53} - (Z_{31} + Z_{32} + Z_{33} + Z_{34}) = 0 \text{ (dağıtım merkezi 3 için denge kısıtı)}$$

$$Y_{14} + Y_{24} + Y_{34} + Y_{44} + Y_{54} - (Z_{41} + Z_{42} + Z_{43} + Z_{44}) = 0 \text{ (dağıtım merkezi 4 için denge kısıtı)}$$

Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli

$Y_{15} + Y_{25} + Y_{35} + Y_{45} + Y_{55} - (Z_{51} + Z_{52} + Z_{53} + Z_{54}) = 0$ (dağıtım merkezi 5 için denge kısıtı)

$Z_{11} + Z_{21} + Z_{31} + Z_{41} + Z_{51} \geq 460$ (müşteri 1 için denge kısıtı)

$Z_{12} + Z_{22} + Z_{32} + Z_{42} + Z_{52} \geq 330$ (müşteri 2 için denge kısıtı)

$Z_{13} + Z_{23} + Z_{33} + Z_{43} + Z_{53} \geq 450$ (müşteri 3 için denge kısıtı)

$Z_{14} + Z_{24} + Z_{34} + Z_{44} + Z_{54} \geq 300$ (müşteri 4 için denge kısıtı)

$\Phi_j, \Delta_k = \{0,1\}, \forall_{j,k} \quad X_{ij}, Y_{jk}, Z_{kl} \geq 0, \forall_{i,j,k,l,t}$

Çözüm

Tablo 11. Xpress Solver Engine V5.5 ile çözüm sonuçları.

Değişken	Değer	Değişken	Değer
X _{1,1,2}	150	Y _{3,1}	480
X _{1,3,1}	100	Y _{3,3}	10
X _{1,3,2}	490	Y _{5,5}	500
X _{1,3,3}	1095	Z _{1,2}	180
X _{1,5,1}	1000	Z _{1,4}	300
X _{1,5,2}	10	Z _{2,2}	150
X _{2,1,1}	800	Z _{3,3}	400
X _{2,1,2}	250	Z _{5,1}	460
X _{2,1,3}	400	Z _{5,3}	50
X _{2,2,1}	300	Φ ₁	1
X _{2,2,2}	150	Φ ₂	1
X _{2,2,3}	450	Φ ₃	1
X _{2,5,3}	1500	Φ ₄	0
X _{3,1,3}	800	Φ ₅	1
X _{3,3,1}	880	Δ ₁	1
X _{3,3,3}	375	Δ ₂	1
X _{3,5,2}	490	Δ ₃	1
Y _{1,3}	390	Δ ₄	0
Y _{1,5}	10	Δ ₅	1
Y _{2,2}	150	Amaç	61195

Xpress Solver Engine ile elde edilen sonuçlar karar vericiye sayısal örneğe ilişkin detaylı çözümler/veriler sunmaktadır. Birinci aşamada komponentlerin hangi tedarikçiden hangi fabrikaya ne miktarda temin edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Örneğin; 1 numaralı tedarikçiden 1 numaralı fabrikaya 2 numaralı komponentten gönderilmesi gereken miktar 150 birim olarak hesaplanmıştır (X_{1,1,2}=150). İkinci aşamaya ilişkin ise hangi fabrikadan hangi dağıtım merkezine ne kadar nihai ürün gönderilmesi gerektiği belirlenmektedir.

Örneğin; 1 numaralı fabrikadan 3 numaralı dağıtım merkezine gönderilmesi gereken nihai ürün miktarı 390 birimdir ($Y_{1,3}=390$). Üçüncü aşamada ise, dağıtım merkezlerinden müşterilere gönderilen miktar tespit edilmiştir. Örneğin; 1 numaralı dağıtım merkezinden 2 numaralı müşteriye gönderilen miktar 180 birim olarak hesaplanmıştır ($Z_{1,2}=180$). Ayrıca, hangi fabrikaların ve dağıtım merkezlerinin açılması gerektiği belirlenmektedir. Örneğin; 1, 2, 3 ve 5 numaralı fabrikalar açık ($\Phi_1=1$; $\Phi_2=1$; $\Phi_3=1$; $\Phi_5=1$), 4 numaralı fabrika kapalıdır ($\Phi_4=0$). Dağıtım merkezlerinden ise; 1, 2, 3 ve 5 açık, 4 kapalıdır ($\Delta_1=1$; $\Delta_2=1$; $\Delta_3=1$; $\Delta_4=0$; $\Delta_5=1$).

5. Sonuç

Tedarik zinciri yönetimi ve tedarik zinciri modellemeye olan ilgi ve bu konulardaki araştırma alanları son yıllarda küresel pazarların ortaya çıkması, müşteri isteklerinin sınır tanımaz bir hal alması, kısalan ürün-hayat çevrimleri ve giderek artan maliyetler ve benzeri nedenlerle büyük bir ivme kazanmıştır. Küresel pazarlarda, sürekli rekabet halindeki işletmeler dikkatlerini iş süreçlerinin etkinliği ve etkililiği üzerinde yoğunlaştırmışlardır. Planlama, kontrol ve tasarım gibi pek çok stratejik fonksiyonu bünyesinde barındıran TZY'nin önemi daha iyi kavranmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, küreselleşen dünyada kendisine bir yönetim aracı olarak vazgeçilmez bir yer edinen TZY'de dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu problemi ele alınmıştır. Konuya ilişkin ayrıntılı bir kavramsal çerçeve sunulduktan sonra, önerilen malzeme ihtiyaç kısıtlı stratejik üretim-dağıtım modeli tanıtılmıştır. Daha önce, Yan vd. (2003) tarafından mantık kısıtları kullanılarak karma tamsayı bir üretim-dağıtım modeli olarak ele alınan stratejik tedarik zinciri tasarımı problemi, bu çalışmada, -mantık kurallarına dayalı matematiksel programlama yerine- doğrusal kısıtlar kullanılarak ele alınmıştır. Geliştirilen modelde; tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgelerinden oluşan çok aşamalı tedarik zinciri için malzeme ihtiyaçlarını da göz önüne alan bir tasarım gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, geliştirilen model sayısal hipotetik bir örnek ile test edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

İleride yapılacak çalışmalarda; statik olan model yapısı farklı dönemleri de kapsayacak şekilde geliştirilerek dinamik hale getirilebilir. Tek ürünlü model yapısı birden fazla nihai ürün için yeniden düzenlenebilir. Deterministik olan mevcut model geliştirilerek, gerçek yaşamdaki modellerin daha iyi temsil edilebilmesi için Bulanık Küme Teorisi veya Olasılık Teorisi gibi belirsizlik yaklaşımlarını da içerecek şekilde yeniden kurulabilir.

Kaynaklar

- AMIRI, A., 2004, Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure, *European Journal of Operational Research*, In Press.
- ARNTZEN, B. C., BROWN, G. G., HARRISON, T. P., TRAFTON, L. L., 1995, Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation, *Interfaces*, 25(1), 69-93.
- BAKOĞLU, R., YILMAZ, E., 2001, Tedarik Zinciri Tasarımının Rekabet Avantajı Yaratması Açısından Değerlendirilmesi: "Fast Food" Sektörü Örneği, VI. Ulusal Pazarlama Kongresi, Erzurum.
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., 1996, *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*, McGraw-Hill, New York.
- CARMICHAEL, D., 1998, Supply chain planning systems in manufacturing, Unpublished Master Thesis in Manufacturing: Management and Technology.
- COHEN, M. A., LEE, H. L., 1989, Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks, *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, pp 81-104.
- COOPER, M. C., LAMBERT, D. M., PAGH, J. D., 1997, Supply chain management: More than a new name for logistics, *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), pp 1-13.
- ERASLAN, E., 2003, "Multi-echelon envanter modelleri", <http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/multi.doc>, Erişim Tarihi: 22.10.2003.
- FOSTER, T. A., 1999, In Europe 3PLs Rule, *Logistics*, October, pp. 49-56.
- GANESHAN, R., BOONE, T., STENGER, A. J., 2001, The impact of inventory and flow planning parameters on supply chain performance: An exploratory study, *International Journal of Production Economics*, Vol 71, pp 111-118.
- JAYARAMAN, V., ROSS, A., 2003, A simulated annealing methodology to distribution network design and management, *European Journal of Operational Research*, Vol 144, Issue 3, pp 629-645.
- JOHNSON, G. A., MALUCCI, L., 1999, Shift to supply chain reflects more strategic approach, *APICS- The Performance Advantage*, October, pp. 28-31.
- JOHNSON, M. E., PYKE, D. F., 2001, Supply chain management: Integration and globalization in the age of e-business, *The Amos Tuck School of Business, Collage Research Paper*, (in *Manufacturing Engineering Handbook* forthcoming), Dartmouth.
- Klaus, H., Rosemann, M., Gable, G. G., 2000, What is ERP?, *Information Systems Frontiers*, 2:2, pp141-162.
- LEE, Y. H., KIM, S. H., 2002, Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, Issue 1-2, pp 169-190.
- MIN, H., ZHOU, G., 2002, Supply chain modeling: past, present and future, *Computers & Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp231-249.

MURPHY, P. R., POIST, R. F., LYNAGH, M. P., GRAZER, F. W., 2003, An analysis of select web site practices among supply chain management, *Industrial Marketing Management*, Vol 32, pp 243-250.

PETROVIC, D., ROY, R., PETROVIC, R., 1999, Supply chain modeling using fuzzy sets”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, pp 443-453.

PYKE, D. F., COHEN, M. A., 1993, Performance characteristics of stochastic integrated production-distribution systems, *European Journal of Operational Research*, Vol 68, Issue 1, pp 23-48.

SAKAWA, M., NISHIZAKI, I., UEMURA, Y., 2002, A decentralized two-level transportation problem in a housing material manufacturer: Interactive fuzzy programming approach”, *European Journal of Operational Research*, Vol 141, pp 167-185.

SHAPIRO, J. F., 2001, *Modeling the Supply Chain*”, Duxbury Thomson Learning Inc., CA, pp 40-53.

VIDAL, C. J., GOETSCHALCKX, M., 1998, Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operational Research*, Vol.98, pp. 1-18.

WANG, Y. Z., 2003, Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problems, *Expert Systems with Applications*, Volume 25, Issue 1, pp 39-50.

www.btvizyon.com, 2002, “B2B ile değişen tedarik yönetimi”, http://www.btvizyon.com.tr/viz_dergi_dosya.phtml?kulakcik_nox=48&konu_dosya_nox=176, Erişim Tarihi: 18.10.2003.

www.e-cozumevi.com, <http://www.e-cozumevi.com/scm.htm>, Erişim Tarihi: 18.10.2003.

YAN, H., YU, Z., CHENG, T. C. E., 2003, A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution, *Computers & Operations Research*, Vol. 30, Issue 14, pp 2135-2155.

YAN, H., YU, Z., CHENG, T. C. E., 2003, A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution, *Computers & Operations Research*, Vol. 30, Issue 14, pp 2135-2155.