

DAĞITIM AĞLARININ TASARIMI VE ENİYİLEMESİ KAPSAMINDA TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK YÖNETİMİNE BİR BAKIŞ: SON GELİŞMELER VE GENEL DURUM

Turan PAKSOY*, Fulya ALTIPARMAK**

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KONYA

**Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ANKARA

Geliş Tarihi: 27.05.2003

A SURVEY ON SUPPLY CHAIN AND LOGISTICS MANAGEMENT IN CONTEXT OF DESIGN AND OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION NETWORKS: THE STATE OF THE ART

ABSTRACT

Supply chain management is concerned with optimization of the overall process of value creation from suppliers to last consumers. Thus, relations with the other firms are important as well as the production planning and control functions in the firm such as design, material handling, scheduling. In supply chain management, success means not an individual phenomenon but modeling and management of the complex business relations network.

This paper presents a literature review on supply chain models to assist the decision maker for defining the problem structure and selecting an appropriate model based on basic characteristics of the problem. After we explain basic concepts of supply chain management, supply chain models under new classification have been analyzed. The classification includes *deterministic, stochastic, fuzzy, simulation based, hybrid and information Technologies driven models*.

Keywords: Logistics, Supply Chain Management, Distribution Networks, Network Design and Optimization, Taxonomy.

ÖZET

Tedarik Zinciri Yönetimi, tedarikçilerden son tüketiciye kadar olan tüm değer yaratma sürecinin eniyilemesi ile ilgilidir. Dolayısıyla, işletme içindeki tasarım, malzeme taşıma, çizelgeleme gibi üretim planlama ve kontrol fonksiyonları kadar diğer işletmelerle olan ilişkiler de önemlidir. Başarı, tedarik zinciri yönetiminde sadece bireysel bir fenomen olmaktan öte, bir bütünü oluşturan parçalar arasındaki karmaşık iş ilişkileri ağının modellenmesi ve koordine edilerek yönetilmesi anlamındadır.

Bu çalışmada; karar vericiye tedarik zinciri yönetiminde problemin yapısının tanımlanması ve problemin temel karakteristiğine uygun bir modelin seçiminde yardımcı olmak için bir literatür araştırması yapılmıştır. Tedarik zinciri yönetimine ilişkin temel kavramlar verildikten sonra, tedarik zinciri modelleri yeni bir sınıflandırma kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Kullanılan sınıflandırmada modeller, *deterministik, stokastik, bulanık, simülasyon tabanlı, melez ve bilişim teknolojileri tabanlı* modeller olmak üzere altı başlık altında incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Lojistik, Tedarik Zinciri Yönetimi, Dağıtım Ağları, Ağ Tasarımı ve Eniyilemesi, Sınıflandırma.

1.GİRİŞ

Üretim yönetimine ilişkin Esnek Üretim Sistemleri (EÜS/FMS), Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP/MRP) ve İmalat Kaynakları Planlaması (İKP/MRPİI) gibi geleneksel yaklaşımlar daha çok

işletme içindeki faaliyetlerin eniyilemesi ile ilgilendiklerinden dolayı, üretim ve dağıtım sistemlerine getirdikleri katkı sınırlı olmaktadır [1].

Günümüz rekabetçi küresel pazarlarında tedarik zincirlerini göz ardı ederek başarıya erişmek mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle, başarıyı yakalayabilmek için tedarik ve satın almadan tasarıma, imalat ve stoktan dağıtıma kadar tüm sistemi bütünleşik şekilde yönetecek yeni bir takım yöntemlere başvurmak ve her şeyden önemlisi bu yeni yöntemleri hayata geçirirken ileri teknolojilerle uyumlu hale getirmek zorunlu olmuştur. Çünkü, ileri imalat teknolojilerinin (advanced manufacturing technologies) kullanımı gibi faaliyetlerin, tüm tedarik zincirini kapsayacak şekilde olmadığı sürece ancak marjinal ilerlemeler sağlayabildikleri, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [2].

Bu sorunları aşabilmek, yoğun küresel rekabetle mücadele edebilmek ve sürekli değişen müşteri taleplerini karşılayabilmek için Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) yaklaşımı geliştirilmiştir. TZY, son yıllarda büyük ilgi gören bir araştırma alanı haline gelmiştir. Ülkemizde de tedarik zinciri yönetimine olan akademik ve ticari ilgi her geçen gün artmaktadır. Ancak Kore örneğinde [3] görüldüğü üzere, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde görülen ve pazarı bir satıcı pazarı haline getirerek üreticileri hakim pozisyona yerleştiren dalgalı ve anormal büyüme hızları/oranları, haksız rekabete yol açan kayıt dışı ekonomi, rekabetçi bir tedarik zinciri alt yapısının bulunmaması, işbirliğine ve güven ortamına uzak yerel ticaret kültürü ve bu güvensizlik ortamında kurumsal ortaklar arasında bilgi paylaşımının olmayışı, tedarik zinciri bütünleşmesini engellemekte ve dağıtım ağlarının gelişmesini yavaşlatmaktadır.

Tüm bu aksaklıklara rağmen, yapılan çalışmalarda dünyanın farklı bölgelerinde TZY kullanımı sonucu elde edilen başarılar rapor edilmiştir [4,5]. Tedarikçilerden son tüketiciye kadar olan tüm sürecin eniyilemesi ile ilgilenen TZY alanında yapılan çalışmalar, internetin rolünden [6] çizelgelemeye [7] kadar geniş bir alana yayılmıştır. Bu çalışmada daha çok, lojistik sisteminde etkinliği sağlayabilmek için tedarik zincirini oluşturan ağların tasarımı ve eniyilemesi üzerinde durulmaktadır.

Çalışmanın giriş niteliğindeki birinci bölümünün ardından ikinci bölümde, çalışmanın bütününe temel teşkil edecek ve okuyucuya tedarik zinciri ve lojistik yönetimine ilişkin terminolojiyi tanıttak kısa tanımlara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise, tedarik zinciri modellemesi konusunda daha önce yapılan çalışmalar bir sistematik içinde sınıflandırılarak analiz edilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise, genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK YÖNETİMİNİN TEMELLERİ

Bu bölümde, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi konusuna ilişkin temel terminoloji tanıtılmaktadır. Sırasıyla; lojistik, tedarik zinciri, tedarik zinciri süreci, tedarik zinciri yönetiminin amaçları, tedarik zincirinin planlaması, dağıtım ağlarının planlanması ve tedarik zinciri modelleme kavramları açıklanmıştır.

2.1. Lojistik

Amerikan Endüstri Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Industrial Engineers, 1991) tarafından hazırlanan Endüstri Mühendisliği Terminolojisi: Amerikan Standartları (ANSI Standard Z 94.0-1989) revizyonunda, lojistik “endüstriyel bağlamda, malzeme ve ürünlerin temini ve dağıtılmasının sanat ve ilmidir. Askeri anlamda (ki daha yaygın bir kullanıma sahiptir) ayrıca, personelin taşınması anlamını da içerir” şeklinde tanımlanmıştır [8].

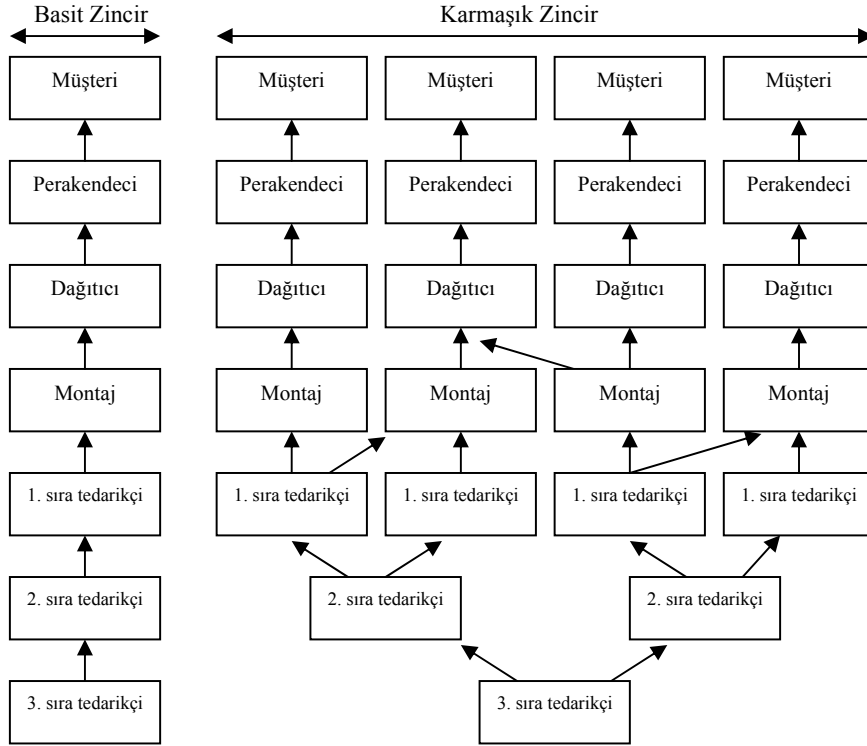
Encyclopedia Britannica'nın 15. baskısında lojistik teriminin Yunanca “logistikos” sözcüğünden türediği yazmaktadır. Logistikos, hesaplama ve planlama bilimidir. Logista Roma ve Bizans ordularında idari subaylara verilen isimdir. 18.yy'da Baron Jomini'nin lojistiği “malzeme tedariki ile orduları hareket ettirebilmenin pratik sanatı” olarak tanımlamasına kadar lojistik kavramı yaygın olarak kullanılmamıştır. Lojistiğe olan ilgi, özellikle İkinci Dünya

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

Savaş'ndan sonra "Yöneylem Araştırması" disiplini adı altında geliştirilen bir takım karar verme tekniklerinin kullanımı ile daha sistematik bir şekilde gelişmiştir [9].

2.2. Tedarik Zinciri

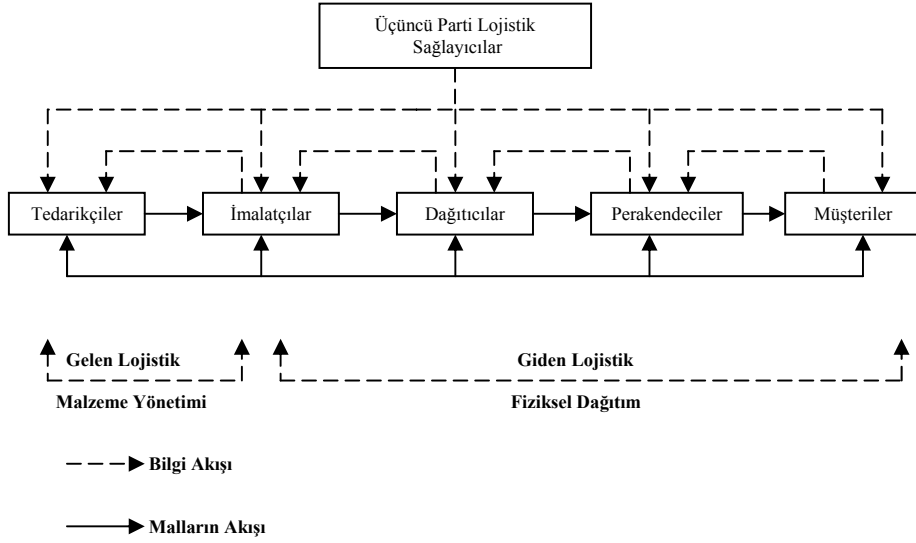
Bir tedarik zinciri Şekil 1'de görüldüğü gibi tedarikçiler (bir veya daha fazla sıra), montajcılar/imalatçılar, dağıtım merkezleri, perakendeciler ve müşterileri içerir. Bu şekil, iki tür tedarik zinciri biçimini göstermektedir. Basit bir tedarik zincirinde her bir tedarikçi bağımlıdır ve bir veya daha fazla bileşeni sadece bir üst sıra tedarikçi veya montaj tesisine sağlamaktadır. Karmaşık bir tedarik zincirinde (TZ) ise en azından bir tedarikçi, bir veya daha fazla bileşeni iki veya daha fazla üst sıradaki tedarikçilere veya montaj tesislerine sağlamaktadır [10].



Şekil 1. Tedarik zincirlerinin iki türü [10]

2.3. Tedarik Zinciri Süreci

Bir tedarik zinciri, (1) ham madde ve parçaları temin etmek; (2) bu hammadde ve parçaları nihai ürüne dönüştürmek; (3) bu ürünlere değer katmak; (4) ürünleri perakendecilere veya müşterilere dağıtmak ve pazarlamak; (5) çeşitli iş birimleri (tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar, üçüncü parti lojistik sağlayıcılar ve perakendeciler gibi) arasındaki bilgi alışverişini kolaylaştırmak amacıyla bir dizi birbiriyle ilişkili iş sürecinin senkronize edilmesini sağlayan bütünleşik bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu süreç aşağıda Şekil 2'de görüldüğü gibi malların ileriye ve bilginin geriye doğru akışı ile karakterize edilebilir [11].



Şekil 2. Tedarik Zinciri Süreci [11]

2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları

TZY'nin geleneksel amacı, sabit ve verilen talebi karşılayan, hammadde ve diğer girdi maliyetleri; gelen (inbound) lojistik maliyetleri; tesis yatırım maliyetleri; doğrudan ve dolaylı imalat maliyetleri; doğrudan ve dolaylı dağıtım merkezi maliyetleri; stok taşıma maliyetleri; tesisler arası taşıma maliyetleri; giden (outbound) lojistik maliyetleri, gibi maliyet kalemlerinden bir veya birkaçını içeren *toplam tedarik zinciri maliyetini* enazlamaktır [12].

2.5. Tedarik Zincirinin Planlanması

Tedarik zincirinin planlanması, planlama ufkuyla ilgili olarak üç planlama düzeyine ayrılabilir: stratejik, taktik ve operasyonel. Stratejik düzey göreceli olarak uzun zaman dönemlerini dikkate alır ve yaklaşık ve bütünlüştürülmüş veriye ihtiyaç duyar. Operasyonel dönem kısa-dönem kararlarını içerir, sıklıkla bir saat veya günden daha azdır ve işlemsel veri gerektirir. Taktik düzey, zaman ufkuyla ve ihtiyaç duyulan verinin miktarı ve kesinliğine göre bu iki sınırın arasına düşer. Bir bütün olarak tedarik zincirinin eniyilemesi, stratejik düzeyde yer alır [13].

2.6. Dağıtım Ağlarının Planlanması

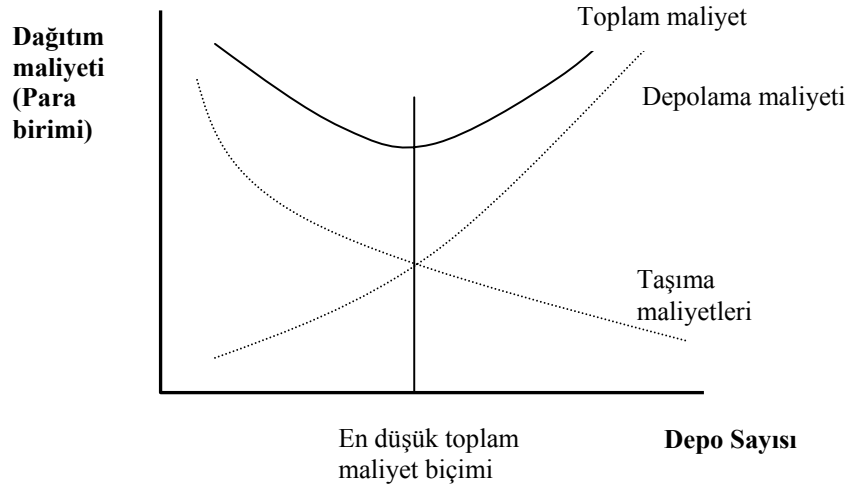
Dağıtım ağlarının planlanması, stratejik planlamanın uygulandığı ana alanlardan biridir. Bir stratejik dağıtım ağı planı, verilen bir planlama ufku boyunca belirli bir ihtiyaçlar setini karşılamak için geliştirilir. İyi bir plan; doğru malları, doğru miktarda, doğru yerde, doğru zamanda müşteriye sağlamalı ve toplam dağıtım maliyetini enazlayan uygun bir dağıtım ağını tanımlamalıdır. Dağıtım ağı planı, karı ve müşteriye sunulan hizmeti de eniyilerken açılacak dağıtım merkezlerinin sayısı, yerleri ve hangi müşterilere hizmet vereceklerinin belirlenmesinin yanı sıra kullanılacak taşıma yöntemlerinin seçimi gibi teknik detayları da içermelidir. Depo sayısı arttıkça, teslim maliyeti azalır ve depo maliyeti artar. Bu basitleştirilmiş bir tarzda Şekil 3'de gösterilmiştir. Tersine de doğrudur; yani depo sayısı azaldıkça, teslim maliyeti artar.

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

Dolayısıyla, toplam dağıtım maliyetini enazlamak için depo ve taşıma maliyeti arasında en iyi dengenin bulunması önemlidir [14].

2.7. Tedarik Zinciri Modelleme

Bir tedarik zinciri ağı oluşturulurken, hammadde sağlayıcılardan müşterilere kadar, tedarik zinciri ağını oluşturan tüm birimlerin özelliklerini dikkate alan bir model geliştirilmelidir. Bu özelliklerin ağ yöneticisi tarafından en iyi şekilde tespiti, güçlü ve zayıf yönlerin ortaya konması tedarik zinciri modellemesindeki başarıyı doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla, modelleme sürecinin ilk aşaması tedarik zincirinin bileşenlerini fonksiyonlarına, zincire olan kritik katkı derecelerine göre sınıflandırmak olmalıdır. Bu şekildeki bir sınıflandırma, modelin çözülebilir olması için gerekli olabilecek varsayımların belirlenmesi ve basitleştirme sürecinde karar vericinin işini kolaylaştıracaktır [12].



Şekil 3. Basitleştirilmiş dağıtım maliyeti modeli [14]

Tedarik zincirinin modellemesinde bir sonraki aşama amaçların belirlenmesidir. Bu aşamada model kurucunun, müşteri odaklılık, tedarikçi sayısında indirgeme veya dikey entegrasyon [15] gibi işletmeye has öncelikleri ve stratejik yönelimleri bilmesi gerekmektedir. Amaçlar, açılacak fabrika, dağıtım merkezi sayısı, yeri, hizmet vereceği bölgeler gibi karar değişkenlerinin bir fonksiyonu şeklinde tanımlanacaktır. Ayrıca, tedarik zincirini oluşturan bileşenlerin kapasiteleri (hammadde, işgücü, sermaye, teknik alt yapı, vb.), talep durumları, teslimat süreleri gibi sınırlı kaynakların kullanımını belirleyen kısıtlar da doğru bir şekilde tanımlanmalıdır.

Dolayısıyla, modelleme sürecinde inceleme ve araştırma aşamalarının sonunda karar probleminin üç temel elemanının neler olduğu ortaya çıkar. Bunlar, karar değişkenlerinin tanımlanması, çalışmanın amacı (hedefi) ve sistemin kısıtlarının belirlenmesidir. Bu bileşenlerin doğru bir şekilde tespiti modelin geçerliliğini doğrudan etkileyecektir.

3. TEDARİK ZİNCİRİ MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

TZ tasarımı ve eniyilemesi sürecinde etkin bir çözüme ulaşılması için problemin karakteristiğine uygun bir model seçilmelidir. Bu bağlamda, çalışmada, geniş bir literatür taraması ışığı altında

konuya ilişkin yapılan çalışmalar ve geliştirilen modeller sistematik bir şekilde incelenerek, TZ ağının tasarım ve analizinde karar vericilere yardımcı olabilecek bir sınıflandırma geliştirilmiştir.

Literatürde, tedarik zinciri modellerinin sınıflandırılmasında varılmış bir mutabakat yoktur, ancak asgari müştereklerden söz edilebilir. Hem Beamon [16], hem de Min ve Zhou [11], yaptıkları tasniflerde matematiksel modeller için temel teşkil eden deterministik- stokastik ayrımını kullanmışlardır. Beamon [16], tedarik zinciri modellerini; *deterministik analitik modeller*, *stokastik analitik modeller*, *ekonomik modeller* ve *simülasyon modelleri* şeklinde dört ana başlık altında incelemiştir. Min ve Zhou [11] ise, *deterministik*, *stokastik*, *melez*, *bilişim tabanlı* modeller olarak kategorize etmişlerdir. Bu çalışmada; (1) *deterministik*, (2) *stokastik*, (3) *bulanık*, (4) *simülasyon tabanlı*, (5) *melez* ve (6) *bilişim teknolojileri tabanlı* modeller olmak üzere altı aşamalı bir sınıflandırmaya gidilmiştir. Böylece, Min ve Zhou [11] tarafından geliştirilen tasnifte bir genelleme ile melez ortak sınıfı içinde değerlendirilen bulanık ve simülasyon tabanlı modeller bağımsız olarak ifade edilmiştir.

3.1. Deterministik Modeller

Tüm parametreleri sabit veya karar verici tarafından kesin bir şekilde bilindiği varsayılan modeller, deterministik modeller sınıfında yer almaktadır. Tedarik zincirinin modellenmesinde deterministik modeli kullanan ilk araştırmacı Williams [17]'dir. Üretim sürecinin bir montaj süreci olarak düşünüldüğü çalışmada amaç, sonsuz bir ufuk boyunca her bir dönem başına, şebekedeki her bir düğüm için işlem ve stokta tutma maliyetlerinin bir fonksiyonu olan ortalama maliyeti enazlamaktır. Williams [17], ortalama maliyeti enazlamak için tedarik zinciri ağını oluşturan her bir düğümdeki üretim ve dağıtım parti hacimlerini eş zamanlı olarak belirleyen bir dinamik programlama algoritması geliştirmiştir.

Cohen ve Lee [18], deterministik, değişkenlerinden sadece bir kısmının tamsayı (yada kesikli) değerler aldığı -karma tamsayı-, doğrusal olmayan bir matematiksel programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelin amaç fonksiyonu, imalat tesisleri ve dağıtım merkezleri için toplam vergi sonrası karı ençoklamaktadır. Kısıtlar ise, kaynak ve üretim gibi idari kısıtlar ve uygunluk, elde edilebilirlik, talep sınırları ve değişkenlerin negatifsizliği gibi mantıksal tutarlılık kısıtlarından oluşmaktadır. Önerilen model, ekonomik sipariş miktarı tekniğine dayalı olarak global bir tedarik zinciri planı geliştirmek, bu kapsamda malzeme ihtiyaçlarını ve tüm ürünler için atamaları belirlemek ve aynı zamanda vergi sonrası karları ençoklamak amacıyla tasarlanmıştır.

Arntzen vd. [19] karma tamsayı bir global tedarik zinciri modeli (GTZM) geliştirmiştir. Çok sayıda ürün ve aşama içeren GTZM, malzeme listesi, talep miktarları, maliyetler ve vergiler gibi girdileri kullanarak, faaliyet günlerini ve üretim (sabit ve değişken), stok, malzeme taşıma ve ulaştırmaya ilişkin maliyetleri enazlayan dağıtım merkezlerinin sayısını ve yerlerini, müşteri-dağıtım merkezi ve ürün-tesis atamalarını belirlemektedir.

Vergara vd. [10], geleneksel Ekonomik Parti ve Teslim Çizelgeleme probleminin (Economic Lot and Delivery Scheduling Problem: ELDSP) uzantısı olan çok aşamalı "basit" bir tedarik zinciri probleminin çözümü için bir Evrimsel Algoritma (EA) yaklaşımı önermişlerdir. Söz konusu çalışma, ELDSP'den farklı olarak bir tedarikçi ve bir montaj tesisini değil, tüm tedarik zincirini kapsayacak şekilde çok sayıda tedarikçi içermektedir. Önerilen EA'nın performansı çeşitli problemler için test edilerek eniyi veya eniyeye yakın sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Syarif vd. [20], belirli bir kapasiteye sahip potansiyel tesislerin (fabrikalar, dağıtım merkezleri vb.) kurulmasının sabit maliyeti ile müşteri talebinin tesislerden taşınması maliyeti toplamını enazlayacak tesislerin ve dağıtım ağının enuygun tasarımını elde etmeye çalışmışlardır. Polinomial olmayan-zor (NP-hard) karma tamsayı doğrusal programlama yapısındaki bu problemi çözmek için Genetik Algoritmalara dayalı bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritmanın performansı basit genetik algoritmalar ve LINDO ile karşılaştırılmış, basit genetik

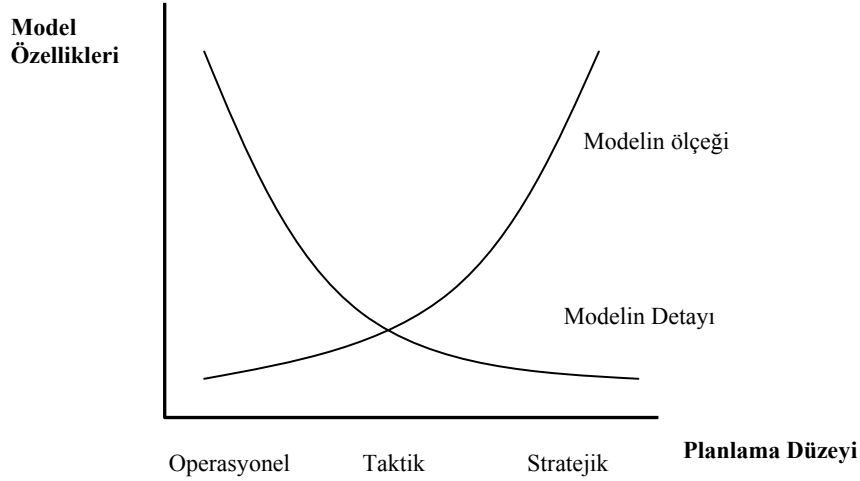
Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

algoritmalarla göre, sezgisel çözümler ve bilgisayar işlem zamanı bakımından daha iyi sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir.

Dağıtım ağlarının doğası gereği, bu konuda geliştirilen modellerin büyük bir bölümü karma tamsayılı doğrusal programlama şeklindedir. Pirkul ve Jayaraman [21], Melachrinoudis ve Min [22], Timpe ve Kallrath [23], Korpela vd. [24], Lakhall vd., [25], Goetschalckx vd. [26], Yan vd. [27]'nin çalışmaları bu tür çalışmalara örnek olarak verilebilir.

3.2. Stokastik/Olasılıklı (Probabilistic) Modeller

Stratejik, taktik ve operasyonel olarak üç planlama düzeyine ayrılan tedarik zinciri yönetiminde, planlama dönemleri ile model özellikleri arasında sıkı bir bağ vardır (Şekil 4).



Şekil 4. Planlama Düzeyi ile Tedarik Zinciri Modelinin Özellikleri Arasındaki İlişki

Stratejik planlamadan operasyonel planlamaya doğru geçildikçe ihtiyaç duyulan verinin hacmi ve niteliği artmaktadır. Operasyonel düzeyde daha kesin ve detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmakta, ancak küçük ölçekli modeller üzerinde çalışılmaktadır. Bu modeller daha çok doğrusal programlama veya karma tamsayılı programlama yapısında olup, deterministik sınıfa girmektedir. Taktik düzeyin zaman ufku daha geniş, operasyonel düzeye nispeten ihtiyaç duyulan veri daha az ve kesinlikten uzaktır. Verilere ilişkin bu belirsizlik, stokastik modellerin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Stokastik modellerin yaygın olarak kullanıldığı stratejik planlamada ise, uzun zaman dönemleri dikkate alınmakta ve yaklaşık veriler üzerinde çalışılmaktadır. Dolayısıyla, modellenecek sistem çok daha karmaşık, geliştirilen model ise daha büyük hacimlidir.

Tedarik zincirinin bu stokastik doğasını modelleyen öncü araştırmacılardan olan Cohen ve Lee [28], çok aşamalı bir üretim tedarik zinciri sisteminde her bir aşama için malzeme ihtiyaç politikası oluşturmak üzere bir model geliştirmişlerdir. Her bir üretim aşaması için bir tane stokastik alt model olmak üzere dört değişik maliyet tabanlı alt model kullanılmıştır. Malzeme sipariş miktarlarını, yeniden sipariş aralıklarını, tüm tedarik zinciri tesisleri için tahmin edilen cevaplama sürelerini ifade eden *malzeme kontrolü*; her bir ürün için üretim parti hacimlerini ve tamamlama sürelerini belirleyen *üretim kontrolü*; her bir ürün için ekonomik sipariş miktarını belirleyen *nihai ürün stoku* ve her bir dağıtım tesisi için stok sipariş politikalarını tanımlayan *dağıtım* olmak üzere, amaç fonksiyonları minimum maliyet tabanında yapılandırılan dört alt

model geliştirilmiştir. Bu modellere ilişkin maliyetlerin toplamını enazlayan bir matematiksel model kullanılarak yaklaşık en iyi (approximate optimal) sipariş politikaları belirlenmektedir.

Pyke ve Cohen [29], imalat tesisi, depo ve perakendeciden oluşan üç seviyeli bütünleşik bir tedarik zinciri için stokastik alt modeller kullanarak matematiksel bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Tek ürünün söz konusu olduğu model, servis düzeyi kısıtı altında toplam maliyeti en küçükleyen ekonomik yeniden sipariş aralığını, ikmal parti hacimlerini ve perakendeciler için maksimum sipariş miktarı seviyesini (order-up-to level) belirlemektedir.

Lee vd. [30], “kırbaç etkisi” (bullwhip effect) olarak ta bilinen, tedarik zincirinde bilgi eksikliğinin veya hatalarının maliyetini stokastik matematiksel modeller kullanarak analiz etmişlerdir. Sipariş ve fiyat değişimleri, talep işleme gibi nedenlerle müşteri talebinin çarpıtıldığı durumlarda, tedarik zinciri boyunca aşağıdan yukarıya doğru (tüketim noktalarından tedarikçilere) yanlış bilginin düzeyinin her bir aşamada artarak tedarik ile talep arasındaki ilişkiyi gerçeklikten uzaklaştırdığı tespit edilmiştir.

Haughton ve Stenger [31], bir tedarik noktası (depo) ve coğrafi olarak dağılmış talep noktalarından (perakende mağazaları) oluşan tedarik zincirinde stokastik talep durumunda teslim açıklarının (delivery shortages) hesaplanmasıyla ilgilenmişlerdir. Literatürde Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak ta bilinen iki aşamalı bu problemin amacı her bir perakende mağazasının talebini aynı anda karşılayan bir teslim rotası seti bulmak ve toplam taşıma maliyetlerini enazlamaktır. Ancak, talepteki dalgalanmanın, her hangi bir gün için hesaplanan ve maliyeti enazlayan rotaları, bir başka gün için geçersiz hale getirdiği ve bu nedenle teslim açıklarıyla başa çıkan dağıtım stratejileri aramak gerektiği belirtilmiştir. Ele alınan stratejilerden ilki, ARP’yi günlük olarak çözmeyi ve her gün için minimum maliyetleri veren rotaların bulunmasını içeren *rota yeniden eniyilemesi* (route reoptimization) stratejisi, diğeri de *dalgalanmaları göz ardı etme* (do-nothing) stratejisidir. Çalışmada, iki strateji arasında yapılan karşılaştırmalar ile talep-tepkili stratejinin (demand-responsive strategy), başka bir deyişle yeniden eniyileme seçeneğinin kabulü veya reddi için bilgi maliyet eşikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Lau ve Lau [32], tek aşamalı bir tedarik zincirinde imalatçı ile perakendecinin işbirlikçi olmayan Stackelberg oyunu oynadıklarını varsayımlardır. Tedarik zincirinde talep belirsizliğinin etkilerinin, imalatçının toptan satış fiyatlarını ve perakendeciden dönen satılmayan mallara ilişkin geri ödemeleri ayarlayabilmesine ve perakendecinin de satış fiyatlarını belirleyebilmesine bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir.

3.3. Bulanık/Olabilirlikli (Possibilistic) Modeller

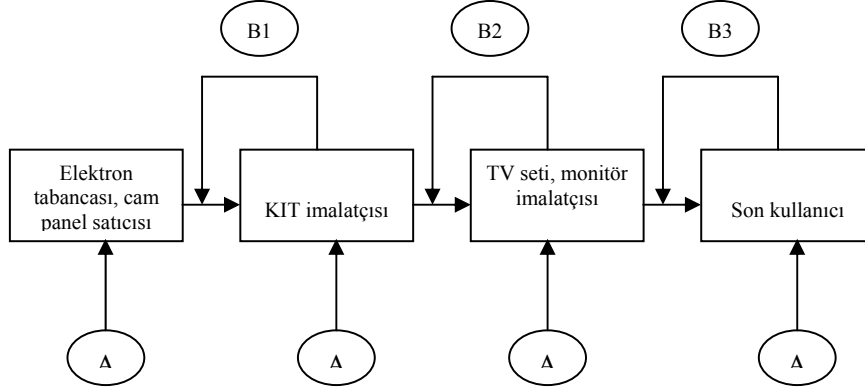
Bulanık Küme Teorisi veya diğer adıyla Olabilirlik Teorisi, L. A. Zadeh [33] tarafından California Berkeley’ de 1965 yılında oluşturulmuştur. Zadeh’ in önerisi, özellikle Uzak Doğuda büyük ilgi görmüş ve başarılı uygulamaları sayesinde tüm dünyaya yayılarak bir paradigma değişimi yaratmıştır. Bulanık Küme Teorisi, belirlilik adına yapılan varsayımlarla fazlaca basitleştirilen ve sanal bir ortamda yaşatılan modellerin geliştirilmesi, böylece gerçek dünyanın karmaşık sistemlerinin çözümlenmesi için ortaya atılmıştır [34]. Karar verici, gerçek dünyanın modele yansıtılması sürecinde çözülebilir olması için bazı noktalardan feragat etmek zorunda bırakılmamış, dolayısıyla tedarik zinciri gibi karmaşık süreçlerin modellenmesinde bu yaklaşım büyük avantajlar sağlamıştır.

Bulanık modellerde, kesin olmayan bilginin sayısal gösterimi olan bulanık sayıların kullanılması ile klasik/kesin modellerden hayli farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bazı durumlarda, amaç fonksiyonu en büyükleme veya en küçükleme yerine, “maliyetin önemli ölçüde düşürülmesi” gibi belirsiz bir hedef olabilmektedir. Bazen de, teknoloji matrisinin elemanları veya sağ taraf sabitleri, “tat, koku, ağrı” gibi kesin tanımlanamayan duyuları yada nitel özellikleri yansıttıkları için doğal yapıları gereği bulanık bir karakter taşıyabilmektedir [34].

Sohn ve Choi [35], tedarik zinciri yönetimi kapsamında müşteri ihtiyaçları ile güvenilirlik için tasarım spesifikasyonları arasındaki bulanık ilişkiyi ifade edebilmek için bir

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

bulanık kalite fonksiyon göçerimi (KFG/QFD: Quality Function Deployment) modeli geliştirmişlerdir. Bir bulanık çok kriterli karar verme prosedürü önermişler ve katot ışın tüpü (KIT) tasarımında ihtiyaç duyulan güvenilirlik testinin performansına göre yeni bir çözüm kümesi bulmak için bu prosedürü uygulamışlardır. Sonuç olarak, PC monitörü imalat sürecinin oluşturduğu çok aşamalı tedarik zincirinde (Şekil 5), son kullanıcıların (monitör kullanıcıları) bulanık ihtiyaçlarını ve müşterilerin ihtiyaçları ile tasarım değişkenleri arasındaki bulanık ilişkiyi karşılayan güvenilirlik test performansının uygun düzeyleri bulunmuştur.



A: Dahili Güvenilirlik Güvence Testi
B: Müşterinin Güvenilirlik İhtiyaçları ve hakkı

Şekil 5. Tedarik Zinciri Yönetiminde güvenilirlik için tasarım [35]

Sakawa vd. [36], merkeziyetçi olmayan (decentralized) iki seviyeli etkileşimli bulanık programlama yaklaşımı ile ev aletleri imal eden ana sanayi ile tedarikçilerinin amaçları arasında bir uzlaşma sağlamaktadır. Son yıllarda, büyük bir ticari ve akademik ilgi gören ve temelinde “kazan-kazan” stratejisi yer alan yalın üretim sistemine uygun olarak, tek yönlü bir kazanç sistemi ve yan sanayii içermeyen bir değişim süreci ile başarının kalıcı olamayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla, bir ana sanayi işletmesinin yalın üretim tekniklerini sadece kendi fabrikasında uygulaması yeterli görülmemektedir. Nitekim, Japon işletmelerine bakıldığında, ana sanayilerin yan sanayilerine bu bağlamda göz ardı edilemeyecek boyutta öncülük yaptıkları, adeta birer rehber misyonu üstlendikleri görülmektedir [37]. Japon ana sanayi işletmeleri, kendi uzun vadeli karlarının ancak ortaklaşa çalıştığı işletmelerin de kar edebilmesi ile mümkün olacağını bilmektedir. Ev aletleri imalatçısı işletme de, fabrika veya depolarından ürünleri müşterilere taşımak için işbirliği içinde olduğu iki tür acentenin amaçlarını da değerlendirmektedir. Bu acentelerden biri düzenli partileri, diğeri küçük partileri taşımaktadır. İşletmenin amacı, taşıma maliyetini ve taşıma zamanına göre fırsat maliyetini enazlamak iken acentelerin amacı karlarını ençoklamaktır. Acenteler bu amacı sağlayan işgücü atamasını gerçekleştirirken şoförlerin kabiliyetlerini de dikkate almaktadır. Bu taşıma ve işgücü atama problemi merkeziyetçi olmayan iki-seviyeli tamsayılı programlama problemi olarak formüle edilmiş, rasyonel ve etkin bir plan ortaya koyabilmek ve işletmeler arası işbirliğini yansıtabilmek için etkileşimli bulanık programlama kullanılmış ve her bir işletme için tatmin edici bir sonuç elde edilmiştir.

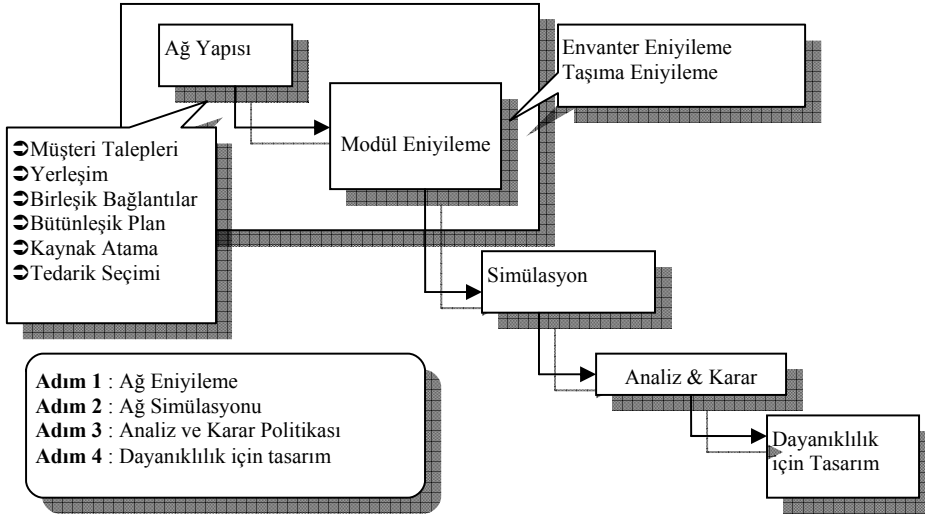
Liu ve Kao [38], m tedarik ve n talep düğümünden oluşan tek aşamalı bir tedarik zincirini ulaştırma problemi olarak modelleyerek toplam taşıma maliyetini enazlamayı amaç edinmişlerdir. Ulaştırma probleminde, birim taşıma maliyeti, tedarik miktarları ve talep miktarlarının bulanık olduğunu düşünmüşler ve bulanık toplam ulaştırma maliyetinin üyelik

fonksiyonunu bulmak için Zadeh'in genişletme ilkesini (extension principle) temel alan bir yöntem geliştirmişlerdir. Ulaştırma modelinin tedarik zinciri ve lojistik yönetiminde önemli bir role sahip olmasına rağmen, geliştirilen tek aşamalı ulaştırma problemi tabanlı model, tedarik zinciri yönetiminin global bakış açısını yansıtmaktan oldukça uzak görünmektedir.

3.4. Simülasyon Tabanlı Modeller

Matematik modellemede kaydedilen tüm ilerlemelere rağmen, gerçek durumların çoğunda sistemin matematiksel gösterimi hala beklenenin çok uzağındadır. Matematiksel gösterimin katılığı, çoğu kere karar problemini yeterince tanımlamayı olanaksız hale getirmektedir. Bunun tersine, bir model uygun formüle edilse bile, çok karmaşık çözüm algoritmalarıyla uğraşmak zorunda kalınması söz konusu olabilecektir. Böyle karmaşık sistemlerin modellenmesinde kullanılacak uygun yaklaşımlardan biri de simülasyondur [39]. Simülasyon, imalat sistemlerinin tasarımı ve analizi, bilgisayar sistemleri için donanım ve yazılım ihtiyaçlarının belirlenmesi, yeni bir askeri silah sisteminin veya teknolojinin değerlendirilmesi, stok sistemleri için sipariş politikasının belirlenmesi, haberleşme sistemleri ve onlar için mesaj protokollerinin tasarımı, otoyollar, havalimanları, metrolar gibi ulaşım tesislerinin tasarımı ve işletimi gibi sayısız uygulama alanında çok farklı türde problem için etkin ve kullanışlı bir araç olarak değerlendirilmektedir [40]. Tedarik zinciri yönetimi de simülasyonun yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biridir.

Lee vd. [41], simülasyonu tedarik zinciri entegrasyonu sürecinde (1) ağ eniyileme, (2) ağ simülasyonu, (3) analiz ve karar politikası, (4) dayanıklılık için tasarım olmak üzere kullanılan dört temel karar tekniğinden biri olarak değerlendirmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Tedarik Zinciri'nde karar adımları [41]

Adım 1: Ağ Eniyileme. Bu adımın amacı; etkin, mevcut talep ve yönetim kısıtlarını karşılayan minimum maliyetli TZ ağını elde etmektir.

Adım 2 : Ağ Simülasyonu. Birinci adım "enuygun" tedarik zincir yapısını oluştururken, ağın zaman içinde gerçekten nasıl davranacağını analizi simülasyon ile yapılır.

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

Adım 3 : *Analiz ve Karar Politikası*. Politika eniyileme, daha iyi bir tedarik zinciri tasarımı ve uygulanan politikaların geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu aşamada TZ ağı için alternatifler belirlenir ve simülasyon yardımı ile bu alternatifler değerlendirilir. Ancak, en uygun alternatifin belirlenmesinde simülasyonun kullanılması (simülasyon eniyilemesi) bilgisayar ortamında çok zaman alıcı bir işlemdir. Ayrıca, simülasyon eniyilemesinde, tutarlı ve doğru girdi, veri ve maliyetlerden oluşan eksiksiz bir modele ihtiyaç duyulur. Dolayısıyla, izlenecek analiz ve karar politikasının tespiti en az ağı tasarımı ve eniyilemesi kadar önemli ve bu sürecin etkinliğini doğrudan etkileyen bir adımdır.

Adım 4 : *Dayanıklılık için tasarım*. Bu adımın amacı, seçilen son tedarik zinciri ağı yapısının ve politikalarının bir çok farklı durumda iyi çalışacağından emin olmaktır [41].

Towill vd. [42], çeşitli tedarik zinciri stratejilerinin talep yapısındaki değişimlerin düzgünleştirilmesine etkilerini belirleyebilmek için simülasyon kullanmışlardır. Tedarik zincirinde, imalat aşamasına dağıtım görevi de yükleyen *aşama azaltma*; gecikmeleri önlemek için stok politikasını tam zamanında üretime (TZÜ) göre düzenleyen *TZÜ*, tüm tedarik zinciri boyunca bilgi akışını bütünleştiren *bilgi bütünleştirme* ve *sipariş parametrelerini düzenleme* stratejileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, aşama azaltma ve TZÜ stratejilerinin talep değişiminin düzgünleştirilmesi için en etkili araçlar olduğu gözlemlenmiştir.

Ganeshan vd. [43], stok parametrelerinin ve yönetim tekniklerinin geniş bir perakende tedarik zincirinin performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Tedarik zinciri performansının, (i) tahmin hatası, (ii) aşamalar arasındaki iletişimin biçimi ve (iii) planlama sıklığı olmak üzere üç stok planlama parametresine olan duyarlılığı bir örnek olay üzerinde simülasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Market seviyesi, dağıtım merkezi seviyesi, imalat yada tesis seviyesi ve tedarikçi seviyesi olmak üzere örnek olayda dört aşama söz konusudur. Tedarik zinciri performansına etkisi incelenen üç stok planlama parametresinden ilki olan tahmin metodolojisi (hatası), tahminin doğruluğu ile ilgilidir. Daha düşük tahmin hataları daha iyi tahmin metodolojisine karşılık olarak görülmektedir. İkinci parametre olan "akış planlama" metodolojisi ise dağıtım merkezlerinde ürün ihtiyaçlarının planlanması ve iletişimine ilişkin kullanılan yöntemi ifade etmektedir. Ganeshan vd. [43] akış planlama için, Dağıtım Kaynakları Planlaması (DKP/DRP: Distribution Resource Planning) ve Yeniden Sipariş verme Noktası (YSN/ROP: Reorder Point) yöntemlerini kullanmışlardır. Üçüncü parametre olan planlama sıklığı ise, dağıtım merkezleri, imalat tesisleri ve tedarikçileri için ürün ve malzeme ihtiyaçlarının ne sıklıkta yeniden hesaplamaya tabi tutulduğunu göstermektedir. Tedarik zinciri performansı için parametreler (i) gözlenen hizmet seviyesi, (ii) tedarik zinciri çevrim süresi (aşamalar arası taşıma ve stokta bekleme dahil tedarik zinciri içinde geçen toplam süre) ve (iii) yatırımın geri dönüşü (ROI: return on investment) olarak belirlenmiştir. Araştırma safhasında üç hipotez kurulmuştur:

Birinci Hipotez (H1). *Sıfır Hipotezi*: Tahmin hatalarının çevrim süresi ve hizmet seviyeleri üzerinde bir etkisi yoktur. *Alternatif Hipotez*: Artan tahmin hataları çevrim süresini artıracak ve gözlenen hizmet seviyelerini düşürecektir.

İkinci Hipotez (H2). *Sıfır Hipotezi*: DKP ve YSN metodolojisi tedarik zincirinde gözlenen hizmet seviyesi üzerinde aynı etkiye sahiptir. *Alternatif Hipotez*: DKP metodolojisi tedarik zincirinde YSN' ye göre daha yüksek bir gözlenen hizmet seviyesine erişmektedir.

Üçüncü Hipotez (H3). *Sıfır Hipotezi*: Yeniden planlama sıklığının çevrim süresi ve hizmet seviyesi üzerinde bir etkisi yoktur. *Alternatif Hipotez*: Yeniden planlama sıklığında bir azalış çevrim süresini artıracak ve gözlenen hizmet seviyesini düşürecektir.

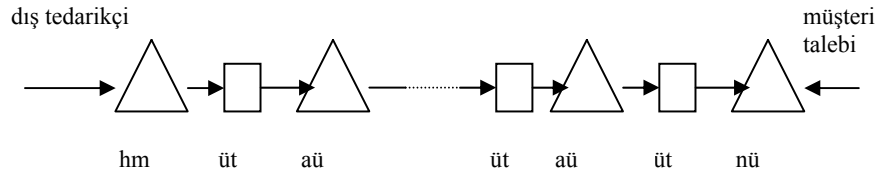
Geliştirilen simülasyon modeli ile çalışma sonucunda, üç parametrenin de tedarik zinciri performansı üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Artan tahmin hataları, hizmet seviyesini ve yatırımın geri dönüşünü azaltmakta ve çevrim süresini artırmaktadır. Planlama sıklığının artışı (yani üç aylık yerine aylık planlama yapmak gibi) yatırımın geri dönüşünü ve hizmet seviyelerini artırmakta, çevrim sürelerini düşürmektedir. Ayrıca, YSN yöntemi yerine DKP'nin kullanımı çevrim süresini düşürmekte, hizmet seviyesini yükseltmektedir. Tahmin hataları arttığında, DKP, YSN' ye göre daha iyi sonuçlar (hizmette artış, çevrim süresinde düşüş) vermektedir.

Lee vd. [41], tedarik zinciri simülasyonu için birleştirilmiş modelleme mimarisini önermişlerdir. Tedarik zincirinde daha çok kesikli olay simülasyonu kullanılmaktadır. Halbuki, tedarik zinciri sistemleri, ne tam olarak kesikli ne de sürekli. Bu durum, her iki simülasyon yaklaşımını birleştiren bir modele olan ihtiyacı açıklamaktadır. Lee vd. [41], geliştirdikleri modeli kesikli olay simülasyonu ile karşılaştırmak amacıyla bir deney yapmışlar ve birleştirilmiş modelde her aşama için (tedarikçi, fabrika, dağıtıcı ve perakendeci) ortalama stok düzeyinin çok daha düşük gerçekleşerek daha iyi bir performans sergilendiğini tespit etmişlerdir.

3.5. Melez (Hybrid) Modeller

Melez modeller, deterministik, stokastik, bulanık ve simülasyon tabanlı modellerden en az ikisinin unsurlarını aynı anda içermektedir. Tzafestas ve Kapsiotis [44], bir tedarik zincirini eniyilemek için deterministik matematiksel programlama yaklaşımını kullanmış, eniyileme modellerinin sayısal bir örneğini analiz etmek için simülasyon yöntemine başvurmuşlardır. Sadece ilgilenilen tesise ait maliyetlerin enazlanmasını hedef alan ve diğer tesislerinkini ihmal eden *imalat tesisi eniyilemesi*; zinciri bir bütün olarak düşünerek tüm aşamalardaki işletme maliyetlerinin toplamını enazlayan *global tedarik zinciri eniyilemesi*; her bir tedarik zinciri bileşenini bireysel olarak eniyileyen *merkeziyetçi olmayan eniyileme* olmak üzere üç farklı senaryo altında eniyileme yapılmıştır. Sonuç olarak, üç senaryonun da toplam maliyetlerde anlamlı düzeyde farklılık göstermediği gözlemlenmiştir.

Petrovic vd. [45], bulanık küme teorisini ve simülasyon tekniğini aynı çalışmada bir araya getirerek, tüm tesisleri içeren seri bağlı bir üretim tedarik zincirini (Şekil 7) analiz etmişlerdir.



hm- hammadde stoğu
aü- ara ürün stoğu
nü- nihai ürün stoğu
üt- üretim tesisi

Şekil 7. Seri bir tedarik zincirinin şematik görünüşü [45]

Dağıtım ve satış noktaları, bu tedarik zincirinin bir parçası olarak ele alınmamış, fakat fonksiyonları müşteri talebi ile hesaba katılmıştır. Tedarik zincirinin dış çevresi, bir yandan müşteri talebi diğer yandan bir hammadde tedarikçisi ile bağlanmıştır. Bu iki uç nokta arasında kalan her tesis, ya nihai ürüne bir değer katmakta ya da bir ara tampon stoğunu temsil etmektedir. Petrovic vd. [45], tedarik zincirinin bulanık formasyonlu bir belirsizlik ortamında faaliyet gösterdiğini varsaymışlardır. Bu kapsamda, müşteri talebi, tedarik zinciri boyunca tedarik teslimleri (bir tesisten onu izleyen diğer tesise) ve dış tedarik belirsiz tanımlanarak bulanık küme teorisi ile ele alınmıştır. Belirsiz talep ve belirsiz tedarik, "talep hafta başına yaklaşık d ürün" veya "tedarikçi teslimatta çok güvenilir" gibi bulanık dilsel sözcük öbekleri ile tanımlanmıştır. Bu yaklaşım ile belirsizlik ortamında, seri bağlı tedarik zincirinin davranışının modellenmesi ve benzetiminin yapılması amaç edinilmiştir. Tanımlanan bulanık tedarik zinciri modeli, tedarik

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

zincirindeki her bir stok için belirsizlik altında, makul maliyetler ile tedarik zincirinin kabul edilebilir bir servis düzeyini veren sipariş miktarlarını belirlemek için geliştirilmiş ve özel amaçlı benzetim programı ile işletilerek sınırlı bir zaman ufku süresince seri bağlı tedarik zincirinin performans ölçüleri ve dinamikleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, belirsiz müşteri talebinin ve tedarik zinciri boyunca belirsiz teslimlerin, tedarik zincirinin davranışına büyük etkisi olduğu ortaya konmuştur.

Petrovic [46], bir önceki çalışmasında tanımladığı modelini, tamamlama sürelerindeki (lead times) belirsizliği de bulanık küme teorisi içinde ele alarak genişletmiştir. Müşteri talebi ve hammadde dış tedarikinin yanı sıra, tesislerdeki işlem/sipariş teslim süreleri de belirsiz olarak düşünülmüş ve tedarik zincirinin davranışı ve performansı geliştirilen özel amaçlı bir simülasyon yazılımı (SCSIM) ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, talep belirsizliği arttıkça nihai ürün teslimini baz alan tedarik zinciri performansının düştüğü, tedarik zinciri boyunca stok seviyelerindeki ve siparişlerdeki (bir tesisten bir önceki stok noktasına gönderilen) değişimlerin arttığı gözlemlenmiştir.

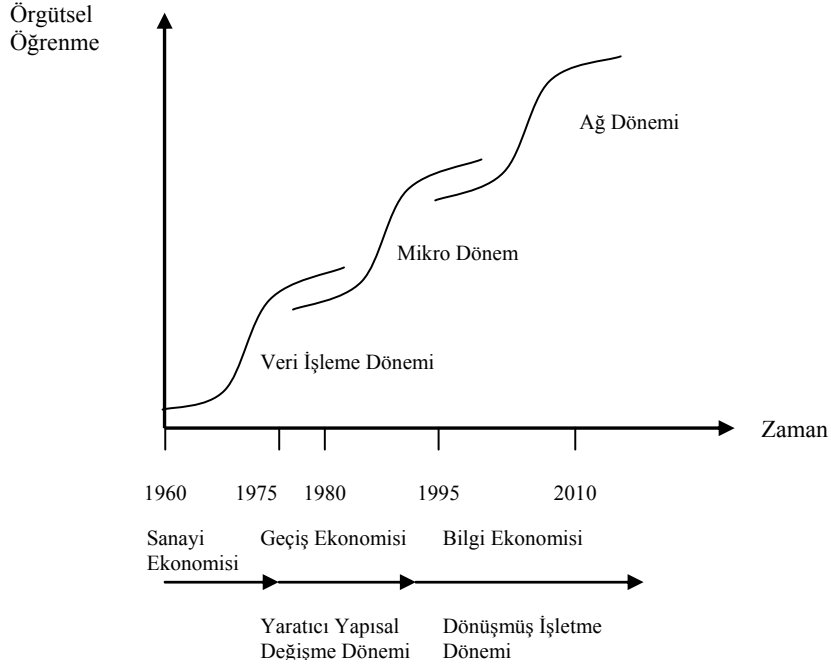
Her iki çalışmada da, tek tip nihai ürün için, stok politikası olarak sadece periyodik gözden geçirmeli yöntem kullanılmış ve üretim tesislerinin kapasitelerinin sınırsız olduğu varsayılmıştır. Bu kısıtlamalara rağmen, çalışmalar tedarik zincirinin belirsizlik ortamındaki davranışlarının ve performansının simülasyon ile analizi açısından oldukça dikkat çekici sonuçlar ortaya koymaktadır.

Lee ve Kim [13], analitik ve simülasyon tabanlı modelleri birleştiren melez bir yaklaşım önermişlerdir. Analitik modellerde, işlem sürelerinin bilindiği varsayılır veya ihmal edilir. Halbuki, gerçek sistemlerdeki beklenmeyen gecikmeler, kuyruğa girme, arızalar gibi çeşitli türde belirsiz faktörler nedeniyle, analitik modellerde gerçek işlem sürelerinin karakteristiği tam olarak yansıtılamaz. Bu problemi çözmek için Lee ve Kim [13], analitik modeldeki işlem sürelerini dinamik olarak düşüncüler ve bağımsız olarak geliştirilen ve genel üretim-dağıtım karakteristiğini içeren simülasyon modelinin sonuçları ile işlem sürelerini ayarlamışlardır. Bütünleşik tedarik zinciri sistemi için yinelemeli melez analitik-simülasyon yöntemini kullanarak stokastik doğayı yansıtan daha gerçekçi eniyi üretim-dağıtım planları elde etmişlerdir.

3.6. Bilişim Teknolojileri (BT) Tabanlı Modeller

TZY, değişiklikleri baştanbaşa bir işletmenin iç ve dış bağlantılarında yürüten ve ardından fonksiyonlar ve organizasyonlar arası bütünleşmenin ve koordinasyonun sinerjisini yakalayan, müşteri odaklı kolektif vizyon etrafında gelişim gösteren bir kavram olarak ele alınabilir. Burada, bütünleşme, şirket evliliklerini veya diğer organizasyonların mülkiyetinin paylaşımını zorunlu kılmaz. Tüm tedarik zinciri sürecinin başarılı bütünleşmesi, ağırlıklı olarak, tedarik zincirindeki halkalar arasındaki kusursuz ve zamanında bilgi paylaşımına bağlıdır [11]. Söz konusu bu bilgi paylaşımı ancak bilişim teknolojilerinin etkin olarak kullanımı ile mümkün olabilir.

Değişen rekabet ortamında faaliyette bulunan işletmelerin bilişim teknolojileri konusundaki talepleri ve buna bağlı olarak kullanım amaçları ve beklentileri zaman içinde değişim göstermiştir. Günümüzde, bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu sonucu işletmeler arası bağlantıların güçlendirilmesi beklenilmektedir. Bilişim teknolojileri konusunda şirketlerin beklentilerinin (bilgisayar temelli teknolojilerin kullanılması sonucundaki öğrenme sürecine bağlı olarak) nasıl değiştiği konusunda Nolan [47] tarafından geliştirilen "Aşamalar Teorisinden" faydalanılabilir (Şekil 8). Buna göre bilgisayar ve iletişim teknolojilerine olan talep, 1960'tan itibaren 15-20 yıllık dönemler itibarıyla ve grafik üzerinde "S" şeklinde bir eğri ile gösterilebilen üç dönemden geçmiştir. Bunlar; "veri işleme", "mikro" ve hala içinde bulunduğumuz "ağ" dönemleridir [48].



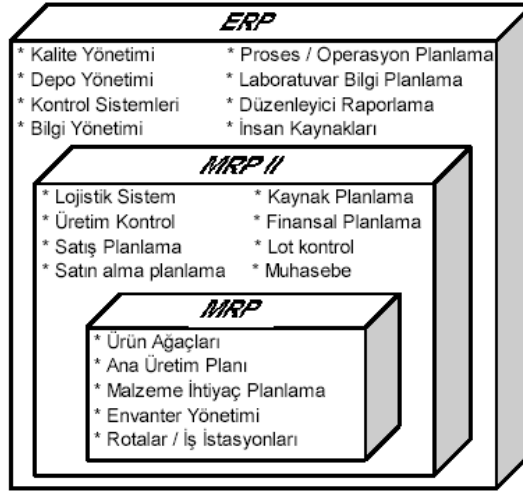
Şekil 8. Aşamalar Teorisi [47]

Son yıllarda geliştirilen BT tabanlı modeller, ağ döneminin karakteristik özelliklerini yansıtmakta ve daha çok tedarik zinciri bütünleşmesinde kullanılan bilgisayar yazılımlarının bu alandaki rolleri ve etkinlikleri üzerine odaklanmaktadır. Söz konusu yazılımlar çok geniş bir aralıkta değişiklik gösterse de, Oracle, Peoplesoft, SAP, Manugistics, Baan SCS bu yazılımlar içerisinde en kabul görmüş olanlardır [49]. Kurumların tedarikten dağıtıma kadar tüm iş süreçlerini, bütünleşik bir veri/bilgi yönetim sistemi desteğiyle yönetmesini sağlayan bu geniş kapsamlı ve modüler yapıya sahip yazılım paketleri Kurumsal Kaynak Planlama (ERP: Enterprise Resource Planning) olarak adlandırılmaktadırlar [50].

ERP, kısaca bir kurumun tüm süreç ve verilerini tek ve geniş kapsamlı bütünleşik bir yapı altında toplayan ticari bilgisayar yazılımıdır. Bu global yaklaşım içinde ERP sistemi, MRP ve MRP II'yi de içine alan bir sistem olarak dikkate alınabilir (Şekil 9).

Küreselleşmenin işletmeler üzerinde yarattığı rekabet baskısı, teknolojiyi vazgeçilmez bir enstrüman olarak karşımıza çıkarmakta ve gelecek beş yılda on beş milyardan elli milyar dolara çıkacağı tahmin edilen ERP yazılım pazarı bu alanda en hızlı büyüyen pazar olarak dikkat çekmektedir [52]. Bu eğilim doğrultusunda, tedarik zinciri yönetimi dahil üretim ve dağıtım fonksiyonları gittikçe daha çok teknoloji bağımlı hale gelmektedir. Artık e-tedarik zinciri (e-supply chain) adı altında özellikle İnternet tabanlı modeller geliştirilmekte ve işletmelere bütünleşik çözümler sunabilen ERP yazılımları kullanılmaktadır.

Ancak Doumeings vd. [53], bu bütünleşik yazılımların kullanımının çok karmaşık, uzun zaman gerektiren ve oldukça maliyetli bir süreç olduğunu savunmaktadırlar. Bu zorluğu aşmak için, GRAI Yatırım Modelleme Metodolojisi'ni tanıtmışlar ve ERP veya tedarik zinciri yazılımlarının uygulamaya konmasında bu metodolojinin faydalarını göstermişlerdir.



Şekil 9. ERP' nin MRP ve MRP II ile ilişkisi [51]

Boykin [54], ERP kullanan ileri teknoloji (high-tech) imalat endüstrisi için İade Malzeme Yetkilendirme (İMY/RMA: Return Material Authorization) sürecinin analizi ve tasarımını incelemiştir. İMY süreci hem malzemenin fiziksel akışını, hem de malzemeye ilişkin bilginin akışını içermektedir. Fiziksel malzeme akışı; *gelen lojistiği* (müşteri iadesi), parçayı onarmak ve/veya yenilemek için ihtiyaç duyulan malzemeleri içeren *onarım/yenileme çemberini* ve *giden lojistiği* (onarılan parça) kapsar. İMY sürecinin bilgi kısmı ise, müşteri irtibat tarihi, ulaştırma bilgisi, mal alındısı, onarım geçmişi, ıskartaya çıkan parçalar, yedek ürünler gibi verilerden oluşur. Boykin [54], bir müşterinin imalatçıya bir parçanın hatası dolayısıyla bağlantı kumasıyla başlayan ve pek çok işletme fonksiyonu ile iç içe geçen bu sürecin yönetilmesi için bütünleşik bilgi sistemi çözümlerine ihtiyaç olduğunu vurgulamış ve bir ERP yazılımı (SAP R/3) kullanan yüksek teknoloji imalat endüstrisinde uygulamasını sunmuştur. Sonuç olarak, ERP yazılımı kullanımının İMY sürecinin etkinliğini artırdığı kaydedilmiştir.

Chang [55], nitel ve nicel veri analizi tekniklerini kullanarak Tayvan ve İngiltere'de İmalat için Bilgi Sistemleri Desteği'nin (İBSD/ISSM: Information Systems Support for Manufacturing) uygulamasını ve entegrasyonunu araştırmıştır. Araştırmada İBSD uygulaması ve entegrasyonu için en önemli altı unsur; *imalat sistemlerinin doğası*, *İBSD ve ilgili yazılım alt sistemleri* (bütünleşik planlama, ana üretim planı, satın alma/kapasite planlama faaliyetleri, stok kontrol, MRP vb. yazılım modülleri), *İBSD'ye engeller* (bilgisayarlaştırma için açık hiyerarşi eksikliği, yazılım esnekliğinin olmayışı, iyi tanımlanmamış işlem süreçleri, sistem tasarım eksiklikleri, çalışanların uyumsuzluğu, bölümler arası ilişkilerdeki sıkıntılar vb.), *İBSD'yi kolaylaştırıcılar* (çalışanların eğitimi, bilgisayar sistem altyapısı, yöneticilerin tam desteği vb.), *İBSD yatırımından ölçülen faydalar* ve *İBSD entegrasyon düzeyi* (Likert ölçeğinde; 1:"yok", 2:"kısmi", 3:"tam", 4:"imalat entegrasyonu", 5:"tedarik zinciri yönetimi") olarak sıralanmıştır. İki ülkedeki İBSD'lerin karşılaştırılması sonucunda, Tayvanlı imalatçıların problemlerin farkında oldukları ve bunları aşmak için planlar yaptıklarını, İngilizlerin ise, bu konuda daha bilinçli olduklarını ve daha fazla işletmenin yüksek imalat entegrasyon düzeylerine erişmiş olduğunu ortaya koymuştur.

Forza ve Salvador [56], küçük ölçekli bir imalat işletmesinde ürün yapısının ve işletmeler arasındaki eşgüdümün oluşturulmasında yazılım desteğinin etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, imalatçı işletmede kullanılan yazılımın (Product Configurator) sadece ürün

yapısının oluşturulmasında değil, aynı zamanda işletmeler arasındaki ilişkilerin geliştirilmesinde de fayda sağladığı sonucuna varılmıştır.

TZ tasarımı ve en iyilemesi ile ilgili olarak yapılan geniş literatür taraması ışığı altında geliştirilen sınıflandırmanın dayandığı çalışmalar ve bu çalışmalarda geliştirilen modellerin özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1a. Tedarik Zinciri Modellerinin Karşılaştırması

Yazar(lar)	Model Özellikleri	Model Türü
Williams [17] Cohen ve Lee [18] Arntzen vd. [19] Vergara vd. [10] Syarif vd. [20]	Dinamik programlama ile TZ ağını oluşturan düğümlerde üretim ve dağıtım miktarlarını belirler. Deterministik, karma tamsayılı, doğrusal olmayan bir model ile global bir tedarik zinciri planı geliştirir. Karma tamsayılı, çok ürünlü ve çok aşamalı bir global tedarik zinciri modeli (GTZM) geliştirir. Çok aşamalı, çok bileşenli basit bir TZ problemini Evrimsel Algoritma yaklaşımı ile çözer. Karma tamsayılı, çok aşamalı zor doğallı bir problemde tesislerin ve dağıtım ağının enuygun tasarımı ile ilgilenir.	(1) <i>Deterministik modeller</i> ; tüm parametreleri sabit veya karar verici tarafından kesin olarak biliniyor.
Cohen ve Lee [28] Pyke ve Cohen [29] Lee vd. [30] Haughton ve Stenger [31] Lau ve Lau [32]	Çok aşamalı bir üretim tedarik zinciri sistemi için dört stokastik maliyet tabanlı alt model geliştirir. Üç seviyeli tek ürünlü bütünlük TZ sistemi için stokastik bir matematiksel programlama modeli geliştirir. TZ’de kırbaç etkisini (bullwhip effect) analiz etmek için stokastik modeller geliştirir. Bir tedarik merkezi ve çoklu talep noktalarından oluşan TZ’de stokastik talep altında teslim açıklarını enazlar. Tek aşamalı bir TZ’de talep belirsizliğinin, imalatçı ve perakendecinin kararlarına etkisini analiz eder.	(2) <i>Stokastik modeller</i> ; belirsizliği Olasılık Teorisi ile ele alır.

Tablo 1b. Tedarik Zinciri Modellerinin Karşılaştırması

Yazar(lar)	Model Özellikleri	Model Türü
Sohn ve Choi [35] Sakawa vd. [36] Liu ve Kao [38]	Müşteri ihtiyaçları ile güvenilirlik tasarım spesifikasyonları arasındaki bulanık ilişkiyi modeller. Etkileşimli bulanık programlama ile merkezietçi olmayan, iki-seviyeli, tam sayılı, taşıma ve işgücü atama problemi. Tek aşamalı bir TZ'de, bulanık ulaştırma problemine genişletme ilkesine dayalı bir yöntem önerir.	(3) <i>Bulanık modeller</i> , belirsizliği Olabilirlik Teorisi ile ele alır.
Towill vd. [42] Ganeshan vd. [43] Lee vd. [41]	Çok aşamalı bir TZ'de talep yapısındaki değişimleri düzleştirilecek stratejiler geliştirir. Stok parametre ve yönetim tekniklerinin TZ performansı üzerine etkilerini ortaya koyar. Çok aşamalı bir tedarik zinciri için kesikli ve sürekli simülasyonu birleştiren bir model geliştirir.	(4) <i>Simülasyon tabanlı modeller</i> , tedarik zincirinin yapısında bulunan stokastik yönleri simülasyon ile ele alır.
Tzafestas ve Kapsiotis [44] Petrovic vd. [45] Petrovic [46] Lee ve Kim [13]	Deterministik bir matematiksel modeli üç farklı senaryo altında simülasyon yardımı ile analiz eder. Bulanık formasyonlu belirsizlik ortamında seri bağlı bir tedarik zincirini simülasyon yöntemi kullanarak analiz eder. Petrovic vd. (1999)'nin seri bağlı TZ modelini bulanık tamamlama süreleri (lead times) ile genişletir. Analitik ve simülasyon tabanlı modelleri birleştirir.	(5) <i>Melez modeller</i> , (1), (2), (3), (4)'den en az ikisinin özelliklerini aynı anda içerir.
Doumeingts vd. [53] Boykin [54] Chang [55] Forza ve Salvador [56]	ERP paketi seçmek ve uygulamak için bir yatırım modelleme metodolojisi tanıtır. ERP kullanan bir yüksek teknoloji imalat işletmesi için İade Malzeme Yetkilendirme (İMY) sürecini analiz eder. İmalat için Bilgi Sistemleri Desteğinin uygulaması ve entegrasyonu için karşılaştırmalı bir analiz yapar. Ürün yapısının ve işletmeler arası ilişkinin geliştirilmesinde yazılım desteğinin etkisini analiz eder.	(6) <i>BT tabanlı modeller</i>

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

TZY, hammadde tedarikçilerinden son tüketiciye kadar tüm üretim ve dağıtım süreci boyunca malzeme ve bilgiden oluşan akışın en uygun şekilde gerçekleşmesi ile ilgilenir. Dolayısıyla, TZY'nin asıl amacının; tedarikçiler, imalatçılar, dağıtım merkezleri ve müşterilerden oluşan büyük bir ağı tasarımı ve eniyilemesi olduğu söylenebilir. Porter [15] tarafından geliştirilen değer zinciri bağlamında, işletmelerin rekabetçi ortamda etkili bir şekilde yer alabilmesi için ön koşul; bütün bu öğelerin en büyük sinerjiyi ortaya çıkaracak şekilde birbirleriyle etkileşimli olmasıdır. TZ ağlarının tasarımı ve eniyilemesi bu nedenle son yıllarda oldukça dikkat çekmiştir.

Üretim tesisleri ve dağıtım merkezlerinin sayısı ve yerleşimi, tedarikçi seçimi, ulaştırma yöntemleri ve tedarik kanalları gibi karar değişkenlerini içeren TZ tasarım süreci günümüzde işletmeler için stratejik bir öneme sahiptir. Çalışma kapsamında bu sürecin daha iyi anlaşılabilmesi için gerekli temel kavramlar tanıtılmış, tedarik zinciri modellemesi konusunda yapılan çalışmalar bir sistematik içinde karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiş ve gelecekte yapılacak araştırmalar için bir perspektif çizilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada, tedarik zinciri modelleri; (1) *Deterministik*, (2) *Stokastik*, (3) *Bulanık*, (4) *Simülasyon tabanlı*, (5) *Melez*, (6) *Bilişim teknolojileri tabanlı* modeller olmak üzere altı sınıf altında incelenmiştir. Deterministik modeller sınıfında, tüm parametrelerin sabit veya karar verici tarafından kesin olarak bilindiği varsayılan modeller incelenmiştir. Stokastik modeller sınıfında, tedarik zincirinin doğasındaki belirsizliği olasılık teorisi içinde ele alan modeller incelenmiştir. Bulanık modeller sınıfında ise, bulanık küme teorisinin tedarik zinciri yönetimindeki uygulamalarına yer verilmiştir. Simülasyon tabanlı modeller sınıfı, tedarik zinciri yönetiminde simülasyon yöntemini kullanan çalışmalara yer vermektedir. Melez modeller sınıfı, ilk dört sınıfın özelliklerinden en az ikisini aynı anda içeren modellerden oluşmaktadır. Bilişim teknolojileri tabanlı modellerde ise, bilişim teknolojilerinin TZY'deki rolleri incelenmektedir.

Çalışmanın temel amacı, karar vericiye problemin yapısının tanımlanması ve problemin temel karakteristiğine uygun bir modelin seçiminde yardımcı olacak bir sınıflandırma geliştirmek olmuştur. Bu bağlamda, TZ ağının tasarım ve analizi için önerilen sınıflandırma, gelecekte yapılacak araştırmalar için bir temel niteliğinde olup tartışmaya açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] Lee, Y. H., Gen, M., Hochbaum, D. S., "A focused issue on supply chain management", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 1-3, 2002.
- [2] Gules, H. K., Burgess, T. F., "Manufacturing technology and the supply chain: Linking buyer-supplier relationships and advanced manufacturing technology", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol 2, No 1, pp 31-38, 1996.
- [3] Han, D., Kwon, I. W. G., Bae, M., Sung, H., "Supply chain integration in developing countries for foreign retailers in Korea: Wall-Mart experience", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 111-121, 2002.
- [4] Gulyani, S., "Effects of poor transportation on lean production and industrial clustering: Evidence from the Indian auto industry", *World Development*, Vol 29, No 7, pp 1157-1177, 2001.
- [5] Sohal, A. S., Power, D. J., Terziovski, M., "Supply chain management in Australian manufacturing-two case studies", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 97-109, 2002.
- [6] Rao, B., "The internet and the revolution in distribution: a cross-industry examination", *Technology in Society*, Vol 21, pp 287-306, 1999.
- [7] Moon, C., Kim, J., Hur, S., "Integrated process planning and scheduling with minimizing total tardiness in multi-plants supply chain", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 331-349, 2002.
- [8] Institute Of Industrial Engineers, "Industrial Engineering Terminology: a revision of ANSI Z94.0-1982, an American national standard", McGraw-Hill and the Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia, 1991, Z94.10-11.
- [9] Taşkın, A., Güneri, A. F., "Lojistik sistemi içerisinde dış kaynak kullanımının rolü", III. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, Nisan, 2003, pp 446-452.
- [10] Vergara, F. E., Khouja, M., Michalewicz, Z., "An evolutionary algorithm for optimizing material flow in supply chains", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 3, pp 407-421, 2002.
- [11] Min, H., Zhou, G., "Supply chain modeling: past, present and future", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 231-249, 2002.
- [12] Shapiro, J. F., "Modeling the Supply Chain", Duxbury Thomson Learning Inc., CA, 2001, pp 8.

- [13] Lee, Y. H., Kim, S. H., "Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 169-190, 2002.
- [14] Harmelink, D. A., "Distribution Network Systems: Planning, Design and Site Selection", in: Tompkins, J. A., Harmelink, D. A. (Eds.), "The Distribution Management Handbook", McGraw-Hil, Inc., New York, 1994, 1.4.8-9 (Part1, Section 4, pp 8-9).
- [15] Porter, M. E., "Rekabet Stratejisi; Sektör ve Rakip Analizi Teknikleri", Çeviren: Ulubilgen, G., Sistem Yayıncılık, 2000, pp 375-404.
- [16] Beamon, B. M., "Supply chain design and analysis: Models and methods", *International Journal of Production Economics*, Vol 55, pp 281-294, 1998.
- [17] Williams, J. F., "A hybrid algorithm for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures", *Management Science*, Vol 29, Issue 1, pp 77-92, 1983.
- [18] Cohen, M. A., Lee, H. L., "Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, pp 81-104, 1989.
- [19] Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., Trafton, L. L., "Global supply chain management at digital equipment corporation", *Interfaces*, Vol 25, pp 69-93, 1995.
- [20] Syarif, A., Yun, Y., Gen, M., "Study on multi-stage logistics chain network: a spanning tree-based genetic algorithm approach", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, Issue 1-2, pp 299-314, 2002.
- [21] Pirkul, H., Jayaraman, V., "A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution", *Computers and Operations Research*, Vol 25, Issue 10, pp 869-878, 1998.
- [22] Melachrinoudis, E., Min, H., "The dynamic relocation and phase-out of a hybrid, two-echelon plant/warehousing facility: A multiple objective approach", *European Journal of Operational Research*, Vol 123, Issue 1, pp 1-15, 2000.
- [23] Timpe, C. H., Kallrath, J., "Optimal planning in large multi-site production networks", *European Journal of Operational Research*, Vol 126, pp422-435, 2000.
- [24] Korpela, J., Lehmusvaara, A., Tuominen, M., "Customer service based design of the supply chain", *International Journal of Production Economics*, Vol 69, Issue 2, pp 193-204, 2001.
- [25] Lakhil, S., Martel, A., Kettani, O., Oral, M., "On the optimization of supply chain networking decisions", *European Journal of Operational Research*, Vol 129, Issue 2, pp 259-270, 2001.
- [26] Goetschalckx, M., Vidal, C., Dogan, K., "Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms", *European Journal of Operational Research*, Vol 143, Issue 1, pp 1-18, 2002.
- [27] Yan, H., Yu, Z., Cheng, T. C. E., "A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution", *Computers and Operations Research*, In press, 2003.
- [28] Cohen, M. A., Lee, H. L., "Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods", *Operations Research*, Vol 36, Issue 2, pp 216-228, 1988.
- [29] Pyke, D. F., Cohen, M. A., "Performance characteristics of stochastic integrated production-distribution systems", *European Journal of Operational Research*, Vol 68, Issue 1, pp 23-48, 1993.
- [30] Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect", *Management Science*, Vol 43, Issue 4, pp 546-558, 1997.
- [31] Houghton, M. A., Stenger, A. J., "Comparing strategies for addressing delivery shortages in stochastic demand settings", *Transportation Research Part E*, Vol 35, pp 25-41, 1999.

- [32] Lau, A. H. L., Lau, H. S., "The effects of reducing demand uncertainty in a manufacturer-retailer channel for single-period products", *Computers and Operations Research*, Vol 29, pp 1583-1602, 2002.
- [33] Zadeh, L. A., "Fuzzy Sets", *Information and Control*, Vol 8, pp 338-353, 1965.
- [34] Paksoy, T., "Bulanık Küme Teorisi ve Doğrusal Programlamada Kullanımı: Karşılaştırmalı Bir Analiz", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Konya, Cilt 17, No 1, pp 1-16, 2002.
- [35] Sohn, S. Y., Choi, I. S., "Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 72, pp 327-334, 2001.
- [36] Sakawa, M., Nishizaki, I., Uemura, Y., "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, 2002.
- [37] Okur, A. S., "Yalın Üretim-2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli", *Söz Yayın*, 1997, pp 125-126.
- [38] Liu, S. T., Kao, C., "Solving fuzzy transportation problems based on extension principle", *European Journal of Operational Research*, In press, 2003.
- [39] Taha, H. A., "Yöneylem Araştırması", Çevirenler: Baray, Ş. A., Esnaf, Ş., *Literatür Yayıncılık*, 2000, pp 4.
- [40] Law, A. M., Kelton, W. D., "Simulation Modeling and Analysis", 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1991, pp 2.
- [41] Lee, Y. H., Cho, M. K., Kim, S. J., Kim, Y. B., "Supply chain simulation with discrete-continuous combined modeling", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 43, pp 375-392, 2002.
- [42] Towill, D. R., Naim, M. M., Wikner, J., "Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol 22, No 5, pp 3-13, 1992.
- [43] Ganeshan, R., Boone, T., Stenger, A. J., "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, 2001.
- [44] Tzafestas, S., Kapsiotis, G., "Coordinated control of manufacturing/supply chains using multi-level techniques", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol 7, Issue 3, pp206-212, 1994.
- [45] Petrovic, D., Roy, R., Petrovic, R., "Supply chain modelling using fuzzy sets", *International Journal of Production Economics*, Vol 59, pp 443-453, 1999.
- [46] Petrovic, D., "Simulation of supply chain behaviour and performance in an uncertain environment", *International Journal of Production Economics*, Vol 71, pp 429-438, 2001.
- [47] Bradley, S. P., Hausman, J. A., Nolan, R. L., "Global Competition and Technology", Bradley, S. P. et al. (eds.), in: "Globalization, Technology and Competition", Harvard Business School Press, Boston, 1993, pp 8-12.
- [48] Tekin, M., Güleş, H. K., Burgess, T. F., "Değişen Dünyada Teknoloji Yönetimi-Bilişim Teknolojileri", *Damla*, Konya, 2000, pp 113-114.
- [49] Apics (2000), American Production and Inventory Control Society (APICS) [Internet] Available from: www.apics.org/downloads/Magazine/correction_erp_survey.pdf, "ERP Software Comparison-corrected version", [Accessed: January 31, 2003].
- [50] Davenport, T. H., "Mission Critical: Realizing the promise of Enterprise Systems", *Information Technology&People*, Vol 14, Issue 4, pp 406-419, 2001.
- [51] Altınkeser, H., "Kurumsal Kaynak Planlaması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 1999.
- [52] Bingi, P., Sharma, M., Godla, J., "Critical issues affecting an ERP implementation", *Information Systems Management*, pp 7-14, 1999.

Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Eniyilemesi...

- [53] Doumeings, G., Ducq, Y., Vallespir, B., Kleinhaus, S., "Production management and enterprise modeling", Computers in Industry, Vol 42, pp 245-263, 2000.
- [54] Boykin, R. F., "Enterprise resource planning software: a solution to the return material authorization problem", Computers in Industry, Vol 45, pp 99-109, 2001.
- [55] Chang, H. H., "A model of computerization of manufacturing systems: an international study", Information and Management, Vol 39, pp 605-624, 2002.
- [56] Forza, C., Salvador, F., "Product configuration and inter-firm co-ordination: an innovative solution from a small manufacturing enterprise", Computers in Industry, Vol 49, pp 37-46, 2002.