

## TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON KULLANIMI

Yrd. Doç. Dr. V. Alpagut YAVUZ

### ÖZET

Günümüz piyasasında rekabetle mücadele için işletme yapılanmalarında gelinen noktaya baktığımızda, işletmelerin başarılı olabilmesi için tedarik zincirinin yönetimi çok önemli bir faktör olarak karşımıza çıkar. Tedarik zinciri analiz ve yönetimi için mevcut olan yöntemlerin yetersiz kaldığı alanlarda simülasyon tekniğinin sağlayacağı önemli avantajlar bulunmaktadır. Bu makalede tedarik zinciri yönetiminde bir analiz metodu olarak neden simülasyon tekniğinin kullanılması gerektiği tartışılmış ve bu yöntemin kullanımında sistem modellemesinde ve gereken verilerin tespitinde nelere dikkat edilmesi gerektiği incelenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Tedarik Zinciri, Simülasyon

### ABSTRACT

In today's market, when we look at how businesses are structured in order to deal with competition, we see that supply chain management is the key factor in companies' success. When the existing methods fall incompetent in the analysis and management of supply chains, simulations can provide great advantages. This article discusses the reasons why simulations should be used as an analysis method in supply chain management and examines the important factors in system modeling and in determining the data requirements for the simulation method.

**Keywords:** Supply Chain, Simulation

## 1. Giriş

Günümüzde şirketler arasında rekabetin gelişmesi, firmaları, piyasadaki talep dalgalanmalarına daha çabuk tepki verme ve bunun paralelinde ulaşım zamanlarında kısaltmalar yaparak ve depolama ihtiyaçlarını azaltıp maliyetleri düşürerek etkinliklerini sağlamaya yönelmiştir. Firmalar, bünyeleri dahilindeki işlemlerin etkinleştirilmesi yanında performanslarını etkileyen firma dışı etkenlerin de kontrol yollarını aramaya yönelmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak şirketlerin ilişki içinde buldukları tedarikçilerden perakende satıcılara kadar olan tedarik zinciri elemanlarıyla ürün geliştirilmesinden müşteri taleplerinin karşılanmasına kadar olan tüm proseslerin bilgi akışı yönünden entegrasyonu ve yönetimi gündeme gelmiştir. Ancak bu sayede şirketler değişimler karşısında hızla ve uygun bir biçimde tepki verebilirler. Böylece tedarik zinciri yönetimi gündeme gelmiştir.

Başarılı bir tedarik zinciri yönetimi, zinciri oluşturan proses ve işletmelerin, çok iyi bir biçimde bütünleştirilmesini gerektirir. Burada amaç maliyetlerin minimum seviyede tutularak piyasaya malı sunmada atikliğin ve müşteri taleplerine daha çabuk cevap verecek esnekliğin sağlanabilmesidir. Bunları gerçekleştirirken kritik olan öge, iyi bir bilgi akış sisteminin, bu aktivitelerin kontrolü için sistemin bir parçası haline getirilmesidir. Bilginin iki yönlü bir şekilde işletme bölümleri arasında ve ortaklar veya tedarikçiler arasında akışı tedarik zincirinin etkinliğini arttırmada anahtar teşkil eder (Archibald vd, 1999:1207).

Günümüz koşullarında karmaşık bir yapı sergileyebilen tedarik zincirinin yönetiminde planlama ve yönetiminde karşılaşılabilecek senaryoların sisteme olan etkilerinin test edilebilmesi ve genel olarak tedarik zinciri yapısının daha iyi anlaşılması için kullanılabilir tek yöntem simülasyon yöntemidir. Bu makale, simülasyon yönteminin tedarik zincirine nasıl uyarlanabileceği konusunu inceler. Makalede öncelikle tedarik zincirinin gelişimi incelenmiş, daha sonra simülasyon yöntemi tanıtılıp tedarik zincirine nasıl uyarlanması gerektiği tartışılmıştır. Son olarak da simülasyon için tedarik zincirinin modellenmesinin önemi ve bazı kritik noktalar incelenmiştir.

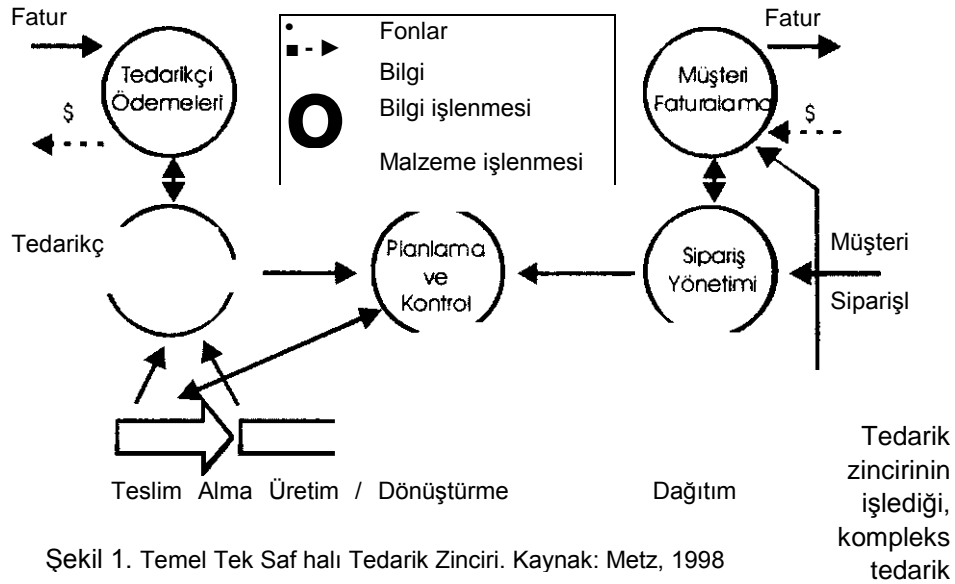
## 2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

Tedarik zinciri yönetimi kavramının literatüre ilk girişi 1990'lı yılların başı itibariyle olmuştur. Tedarik zinciri yönetimi, hammadde tedarikçileri, üreticiler, depolar, ve perakende ve toptancı satıcıların entegrasyonunu ve etkinliğini sağlayarak doğru miktar ve zamanlarda mal üretiminin ve

ulaşımının düşük maliyetlerle sağlanmasına ve tüketicinin tatminine yönelik bir proses olarak tanımlanabilir (Chang ve Makatsoris, 2001: 24).

Tedarik zincirini oluşturan her bir parça çok uluslu bir şirket çatısı altında toplanmış olabileceği gibi (Örn. Hewlett Packert) her bir parça birbirinden bağımsız şirketler tarafından da oluşturulmuş olabilir. Buna en iyi örnek NIKE şirketidir. Bu spor giyim ve ayakkabı şirketi üretimi yapan fabrikaların sahibi değildir, taşıma için araçları yoktur, ve mağaza sahibi değildir, buna rağmen dünyanın en başarılı perakende satış firmalarından biridir (Archibald vd, 1999:1207). Günümüzde bir çok şirket mallarını piyasaya sunmada tedarikçilerin, taşımacıların, montajcıların, depolama şirketlerinin ve perakende satıcıların karışımından oluşan bir sisteme bağımlıdır. Firma dışı oluşan bu karışım sonucu tedarik zincirinin performansındaki düşüşleri algılamak ve değişimlerin etkilerini anlamak oldukça güçtür.

Tedarik zinciri karmaşıklık seviyeleri itibariyle bir çok farklı şekilde olabilir. Şekil 1 temel tek safhalı tedarik zincirini göstermektedir. Malzeme akış fonksiyonlarını hammadde ve yarı mamul, üretim, dağıtım ve ulaştırma olarak sergilemektedir. Birçok bilgi prosesi ve karar verme fonksiyonlarını bilgi akış çizgileriyle yansıtır. Bunlara ek olarak da para ile ilgili akışları da içermektedir (Metz, 1998). Temelde bu yapı tek bir şirket bünyesi içerisinde görölmektedir, birden çok şirketin oluşturduğu çok safhalı tedarik zinciri yapıları, yukarıdaki tek safhalı tedarik zinciri şeklinin her biri bir şirketi yansıtacak şekilde bir araya gelmesi ile yansıtılabilir. Volkswagen şirketi çok safhalı tedarik zincirine bir örnek sunmaktadır. Üretici, günlük otomobil üretim planlaması için satışı gerçekteşmiş siparişleri ve ileri tarihli sipariş bilgilerini elektronik olarak satıcı bayileriyle olan bağlantısından almaktadır. Daha sonra bu bilgiler ışığında bünyesindeki ve dışarıdaki tedarikçilere elektronik olarak parça ihtiyaçlarını tam zamanında üretim (Jlf) sistemine göre günlük üretim planına uygun olarak ulaştırılmasını sağlamaktadır. Bu sayede şirket sipariş ile teslim arasında geçen zamanı iki hafta veya daha az bir zamana indirgemeyi amaçlar (Metz, 1998).



zinciri yapıları ve zinciri oluşturan parçalar arasındaki ilişkileri günümüz ortamında yönetmek ve kontrol etmek oldukça karmaşık ve zor bir işlemdir (Petrovic, 2001: 429). Bu anlamda tedarik zincirini oluşturan firmalar açısından zincirin tümünün görünümünün algılanabildiği bir araca ihtiyaç vardır. Ancak bu sayede birçok farklı senaryonun test edilmesi mümkün olacaktır.

Bu anlamda tedarik zinciri yönetimine yardımcı olacak analitik yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar altı çeşit temel planlama ve gerçekleştirme kategorileri altında ifade edilebilir. Bunlar Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning, ERP), Tedarik Zinciri Planlaması (Supply Chain Planning, SCP), Sipariş Yönetimi Sistemleri (Order Management Systems, OMS), Üretim Uygulama Sistemleri (Manufacturing Execution Systems, MES), Depolama Yönetim Sistemleri (Warehouse Management Systems, WMS), ve Nakliye Yönetim Sistemleri'dir (Transportation Management Systems, TMS). Her bir yazılım kendi açısından tedarik zinciri ile ilgilidir. Günümüzde bu yazılımlar birbirleriyle bağdaştırılıp, bir çatı altında toplanmaya çalışılmaktadır.

Bu yazılımların hepsi aktiviteleri yakından takip etmek için gerekli olan bilgi iletişim parçaları yanında bir çeşit optimizasyon tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikler çoğunlukla doğrusal programlama, dinamik "programlama, karışık tamsayılı programlama olarak kendini gösterir. Optimizasyon tekniğinin yapısı itibarıyla optimum cevap, girdilerde yapılacak değişikliklerden büyük ölçüde etkilenir. Bu ise gerçek hayatta karşılaşılan sorunlara cevap ararken hiç de pratik görünmeyen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöneticilerin bir planı değerlendirirken onun hangi dalgalanmalardan etkilenmeyeceğini görmesi gerekir. Bu anlamda simülasyon kullanımı, optimizasyon tekniklerine göre büyük bir avantaj sağlamaktadır; çünkü gerçek hayatta karşılaşılabilecek durum ve alternatiflerin gerçekçi bir yaklaşımla tedarik zinciri üzerinde uygulanıp güvenli bir şekilde test edilmesini sağlar.

Tedarik zinciri içinde simülasyon kullanımını 90'lı yılların sonunda Nokia şirketinde görmekteyiz. Şirket, bu tarihlerde kendi tedarik zinciri yönetiminde kullanılmak üzere spesifik amaçlı LOGSIM adında bir simülasyon geliştirdi (Hieta, 1998: 323). Son yıllarda ise tedarik zinciri yönetimi için analitik yazılım şirketlerinin de simülasyon kullanarak modelleme özelliklerini yazılımlarına entegre etmeye başladıklarını görüyoruz. Bu alanda lider konumda i2 Technologies şirketini görmekteyiz (Padmos vd., 1999: 1354).

### 3. Simülasyon

Simülasyon, sistemlerin davranışlarını tanımlayan, sistemin alternatiflerinin, sistemin matematiksel ve mantıksal modeli kurularak bilgisayarla yada elle denenmesine olanak veren, sayısal bir analiz yöntemidir. Simülasyon kullanılarak mevcut sistem şartları üzerinde kararlar alınabilir ve alternatif kararlar yürürlüğe konmadan önce etkinliklerinin ne olacağı önceden incelenebilir. Simülasyon, sistemin değişik koşul veya kararlar karşısındaki davranışını ortaya koyduğundan, daha sonra elde edilen bu bilgiler ışığında sağlıklı bir şekilde sistemin tasarımı veya en uygun kararın seçimi mümkün olmaktadır. Burada sistemin modellenmesi çok önemli bir konu teşkil etmektedir. Sistemin modellenmesinde önemli girdi, çıktı ve proses değişkenleri modele dahil edilerek, geçmiş dönemlere ait mevcut veriler veya hayali veriler, farklı kombinasyonlarda modele yerleştirilerek sonuçlar izlenir. İşletmeler açısından baktığımızda verilerde farklı kombinasyonlara gitmek, farklı talep düzeyleri, farklı fiyat düzeyleri, ve farklı iş öncelikleri kullanımı ile sağlanabilir.

Simülasyon tekniğinin işletme yönetiminde ve özellikle de üretim yönetimi alanında oldukça sık kullanılan bir tekniktir. Kuruluş yeri seçimi, fabrika yerleştirme, üretim planlaması, stok denetimi, talep tahmini, tasarım aşamasında iş gücü büyüklüğünün belirlenmesi, makine kapasitesi seçimi ve hizmet birimlerinin sayısının belirlenmesi konularında etkinlikle kullanılır (Üreten, 1999:107).

Bu aşamada simülasyonun bir optimizasyon tekniği olmadığını belirtmemiz gerekir, yani simülasyonun en iyi sonucu vereceği ve elde edilen sonuçların aynen ortaya çıkacağı garantisizdir. Bu anlamda simülasyon kullanımı ancak oluşturulan matematiksel modelin çok karmaşık ve çok değişkenli olması ve analitik çözümün mümkün olmadığı durumlarda tercih edilmelidir. Bir model eğer olasılık (stokastik) bileşenleri içermiyorsa o zaman deterministiktir. Deterministik (rasgele olmayan) modellerde modeli oluşturan elemanlar ve bileşenlerinin etkileri bilinir. Bu durumda karmaşık da olsa analitik yöntemlerle sonuçlar hesaplanabilir. İşletmeler ve üretimle ilgili sistemleri tanımlayan modeller en az bir adet rastsal girdi bileşeni içerdiklerinden stokastik model adını alırlar ve simülasyon tekniğinin kullanımı bu modellerde mümkün olur. Simülasyon teknik itibarıyla olasılıklar ihtiva etmesinden dolayı sonuçların aynen ortaya çıkma garantisini vermez. Bu nedenle simülasyon tekniğinden yararlı sonuçlar elde etmek için önemli tüm değişkenlerin modellenmesi, modelin bu değişkenler arasındaki ilişkileri doğru bir şekilde yansıtması, girdi olarak kullanılan verilerin gerçek verileri temsil eder nitelikte olmasının sağlanması gerekir.

Simülasyon tekniğinin temel aşamalarını bilmek bu tekniğin tedarik zincirinin etkinliğini nasıl arttıracığının anlaşılmasını sağlar. Başarılı bir simülasyon projesi şu aşamaları barındırır: problem tanımlama; veri toplama ve manipülasyonu; model kurma; geçerlilik ve gerçekleminin yapılması; analiz ve denemelerin yapılması; sonuçlar ve uygulama.

### 4. Simülasyonun Tedarik Zinciri Yönetimine Uyarlanması

Tedarik zinciri, kompleks, dinamik ve doğrusal olmayan bir sistem olarak ifade edilebilir. Bu sistem, dış etmenlerden çabuk etkilendiğinden, aşamalar arasındaki bilgi ve malzeme akışında zaman gecikmelerini kontrol etme mekanizmalarını içinde barındırması gerekir. Tedarik zinciri aşamalarındaki kompleks etkileşimler sistemin çeşitli koşullar altında nasıl işleyeceğinin tahmin edilmesini engeller. Fakat bir bilgisayar yardımıyla bu prosesler modellenerek sistemin çıktıları kolayca takip edilebilir. Bu amaç için simülasyon tekniği kullanılır.

Simülasyonun etkinlikle kullanılabilmesi açısından tedarik zincirinin iki önemli boyutu vardır, belirsizlik ve zaman ilişkileri. Tedarik zincirini oluşturan her

bir aşama, potansiyel olarak aksamalara maruz kalmaya yatkın bir yapı içerir. Talep tahmin edilemeyen bir derecede dalgalanabilir, üretimde yaşanacak problemler çıktıları etkileyebilir, **ayrıca** tedarikçiler her zaman zamanında teslimat yapamayabilirler. Talebin ve üretimin arttığı dönemlerde problemlerin ortaya çıkması ise daha olasıdır. Her aşamada karşılaşılabilecek belirsizlikler, mal akış ve son mamul miktarlarında dalgalanma yaratır. Bu ise stok miktarlarının bu belirsizlikleri karşılayacak şekilde ayarlanmasını gerektirir. Bu dalgalanmalara *kırbaç etkisi* (bullwhip effect) denir. Bu kavram, talep ve siparişteki dalgalanmaların malın nihai tüketiciye satış yapan satıcıdan malın üretiminde girdileri sağlayan tedarikçiye ulaşan zincir boyunca tüketiciden üreticiye geriye doğru ilerlerken nasıl etkisinin artarak gittiğini tanımlar. Kırbaç etkisi kavramı ilk olarak Procter&Gamble şirketinde kullanılmıştır (Lee vd. 1997: 93). Bunların dışında ayrıca tedarik zincirinde aşamalar arasında iletişim de potansiyel olarak aksamalara karşı yatkındır. Malların ulaşımı ve iletişimde gecikmeler olabilir veya bilgiler yanlış anlaşılabilir.

Simülasyon açısından tedarik zincirinin, bir diğer önemli boyutu da aşamalar arasındaki zaman ilişkileridir. İletişimde, üretimde ve dağıtımda meydana gelebilecek gecikmeler sonucu gerçekleşecek bir aksama, sistemi oluşturan parçalarda bir seri değişime neden olur. Örneğin talep dalgalanmaları satış öngörülerinde, üretim zamanlamalarında ve tedarikçilere verilen siparişlerde değişikliklere yol açar.

Her ne kadar tedarik zinciri olarak adlandırılmasa da, işlevleri açısından tedarik zinciri konularını ilgilendiren işler için araştırmacılar ilk uygulamalarda doğrusal ve doğrusal olmayan programlama yöntemleri kullanarak maliyetleri minimize eden çözümler üzerinde çalışmışlardır (örn. Cohen and Lee, 1989; Hodder ve Dinçer, 1986). Fakat bu modeller dinamik ve birden çok dönemi içeren ortamlarda belirsizlikleri ele almamıştır.

Simülasyon modelleri tek bir sonuç yerine sonuçlar aralığı verir ve bu sonuçların istatistiksel kesinliğin artırılmasına ve daha güvenilir ve tahmin gücü yüksek sistemler kurulmasına imkan verir. Bu anlamda simülasyon girdilerde olabilecek değişikliklerin sistem ölçütleri ve bu ölçütler arasında etkileşimin nasıl etkilendiğini takibe imkan veren tek yöntemdir. Talep tahminlerine, belirli bir oranda değişebilme olasılığını ekleyerek, stok, işgücü, ulaştırma maliyetleri veya depolama alanı gibi belli başlı kısıtlayıcıların bu değişikliklere olan tepkileri gözlenebilir (Vvyland vd., 2000: 40).

## 5. Tedarik Zinciri Yönetiminin Modellemesi

Modelleme aşamasından önce tedarik zincirinin değerlendirilmesinde kullanılacak performans ölçütlerinin saptanması gerekir. Gunesekearan vd. (2001) tedarik zinciri performans değerlendirmesinde kullanılacak ölçütler için bir yapı oluşturmuşlardır. Ölçütleri ihtiyaca uygun olan maliyet metodlarının tespiti için finansal ve finansal olmayan olarak ikiye ayırmışlardır. Ölçütlerin seçimi organizasyon amaçlarına göre farklılık gösterir<sup>+</sup> (Chang ve Makatsoris, 2001: 27).

Tedarik zinciri modellemesinde, davranışların ve performansın analizinde belirsizliklerin nasıl ele alınacağı önemli bir konudur. Tedarik zinciri içinde belirsizliklerin tedarikçileri üretim proseslerini ve müşterileri içeren farklı kaynakları vardır. Bu belirsizlikler yapıları itibarıyla, rastlantısal olaylar, sübjektif değerlendirmelerde meydana gelen hatalar, yeterli göstergenin olmaması veya göstergenin olasılık olarak kesinliğinin bulunmaması gibi hallerden kaynaklanarak farklılıklar gösterebilirler (Petrovic, 2001: 430).

Belirsizlikler kaçınılmaz bir şekilde tedarik zinciri tarafından bütün zincir ağına yayılır, ve bu da tedarik zincirinin yönetim ve kontrol problemlerini daha da kompleks bir hale sokar (Davis, 1993: 36). Olasılık yüzdeleri kullanarak

belirsizliklerin modele eklenememesi durumunda bu olayların birer senaryo olarak ele alınması ve model tamamlandıktan sonra bu senaryolar simülasyon modelinde çalıştırılıp sistemin tepkileri test edilebilir.

Tedarik zinciri yönetimine yardımcı olacak bir modelin bazı yetilerinin olması gerekmektedir (Lee ve Billington, 1993: 836-837):

- Bir tedarik zincirini depolama maliyetleri ve müşteri servis performansları açısından değerlendirebilmesi
- Tedarik zinciri stratejik planlamasının yapılmasına ve işletiminde kontrolüne yardımcı olabilmesi
- What-if analizlerine imkan vermesi (örneğin, piyasa talebinde meydana gelebilecek değişikliklerin etkilerinin tedarik zincirini oluşturan birimler açısından değerlendirilmesi)
- Alternatif üretim ve proses dizaynlarının tedarik zinciri üzerindeki etkilerini gösterebilmesi

### **5.1. Veri İhtiyaçlarının Belirlenmesi**

Veri ihtiyaçlarının belirlenmesinde tedarik zinciri içerisindeki proseslerin birbirine olan bağımlılıklarının çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Tedarik zinciri içerisindeki bu birbirine bağımlı prosesler bir seri bağımlı hareketler dizisi olarak algılanabilir. Bu dizi ise müşteri talebi ile başlar. Veri ihtiyaçları açısından, talep genelde günlük, haftalık veya aylık olmak üzere bir zaman dilimine bağımlıdır ve genelde firmanın bütün ürünleri için olan talebi temsil eder. Daha sonraki aşamada talep elde bulunan

Bu konudaki örnekler Gunesekekan vd. (2001) nin çalışmasında bulunabilir.

stoklar ile karşılaştırılır ve stokların talebi karşılama durumuna göre tedarik zinciri üzerinde birbirini tetikleyen tedarik zinciri boyunca geriye doğru bir hareketle devam eder. Bu hareket istenen seviyede mamul hazır olana kadar sürer. Daha sonra incelenmesi gereken aşama üretim aşamasıdır. Burada tedarik zincirinden müşteri talebi sonucu çıkmış olan malların yeterli seviyede yerine konulmasını sağlayacak kapasite seviyesinin bilinmesi çok önemlidir.

Üretim aşamasında kısıtlayıcılar hammadde ve kaynak mevcudiyetidir. Tedarik zinciri bünyesinde bu üretim aşamaları zincir üyesi yarı-mamül üreten tedarikçilerden itibaren başlayabilir. Bu ise doğal olarak tedarikçilerin sınırlı kapasiteye sahip olmalarından dolayı, sağlayacakları hammadde veya yarı-mamüllerin de bir kısıtlayıcı olarak ele alınmasını gerektirir. Bunların dışında hammadde ve yarı-mamüllerin dağıtımı için tedarikçilerin yeterlilikleri de bir kısıtlayıcı olarak göz önüne alınmalıdır. Görüldüğü üzere tedarik zinciri boyunca proseslerin birbirine olan bağımlılıkların etkilerinin anlaşılması çok önem kazanmakta, dolayısıyla buna imkan sağlayan simülasyon tekniğine ne denli ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Simülasyon sayesinde sistemde bulunan dalgalanmalar oluşturulacak modele yansıtılabilmektedir. Yukarıda bahsedilen tedarik zincirindeki dalgalanmalar sırası ile şunlardan kaynaklanmaktadır: müşteri talebi, mamul işleme oranları, işleme miktarları, hammadde ve satışa hazır ürünlerin dağıtımı için gereken zamanlar, hatalı üretim miktarları ve bunların geri dönüş oranları ve depolama kapasiteleri. Bu saydığımız değişkenler tedarik zinciri boyunca büyük dalgalanmalara sebep olabilir, dolayısıyla bunların yakından izlenmesi ve sistem içerisinde birbirlerine olan bağımlılıklarının anlaşılması için kontrol edilmeleri gerekmektedir. Bu bahsedilen değişkenlere tasarlanacak simülasyon modeli içinde yer verildiğinde elde edilecek sonuçlar ve bu sonuçlara dayanarak alınacak kararlar daha doğru olacak ve gerçekte modellenen tedarik zinciri performansını daha yakından yansıtacaktır.

## 6. Sonuç

Tedarik zincirinin etkin bir şekilde simülasyon modellemesinin yapılması öncelikle genel anlamda tedarik zincirinin yapısının çok iyi anlaşılması ile mümkündür. Ayrıca farklı iş karakterlerinin farklı tedarik zinciri prosesleri gerektirdiğinin unutulmaması gerekir. Genelde simülasyon modellemesinin uzmanlık gerektirmesi ve sistemin karmaşıklığı göz önünde bulundurulduğunda, modellemenin öncelikle problem yaratan alanlarda başlatılması yerinde olur. Bu anlamda genel olarak uygun performans ölçütlerinin saptanması da çok önemli bir görevdir.

Tedarik zincirinin temel amacının zamanında ve minimum maliyetle müşteri taleplerinin karşılanmasını sağlamak olduğu göz önüne alındığında, şirketlerin beklenmedik olaylara kısa zamanda ve doğru şekilde cevap vermesi hayati bir önem taşımaktadır. Her ne kadar optimizasyon tedarik zinciri analizlerinde sıkça kullanılan analitik bir araç ise de her an değişimlerle karşı karşıya kalınan günümüz iş dünyasında bu dinamik gerçekliğe yeterince cevap vermesi mümkün olmamaktadır. Bu şartlarda simülasyon kullanımının tercih edilmesi veya diğer analizlere entegre edilmesi, iş gücü dalgalanmaları, malzeme eksiklikleri, sermaye eksiklikleri ve talep tahminlerinde olabilecek sapmaların işletmeye toplam maliyetinin anlaşılmasına olanak sağlar. Simülasyon sayesinde tedarik zinciri dinamikleri ve etkinliği daha iyi anlaşılabilir olur.



## Kaynaklar

Archibald, G., Karabakal, N. ve Karlsson, P., (1999). Supply chain vs. supply chain: Using simulation to compete beyond the four walls. Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, ve G.W. Evans (Der.), (s. 1207-1214). Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Chang, Y. ve Makatsoris, H., (2001). "Supply Chain Modelling Using Simulation", International Journal of Simulation Yıl: 2, Sayı: 1, s. 24-30.

Cohen, M.A. ve Lee, H.L., (1989). "Resource Deployment Analysis of Global Manufacturing and Distribution Networks", Journal of Manufacturing and Operations Management. Sayı: 2, s. 81-104.

Gunasekaran, A., Patel, C. ve Tirtiroglu, E., (2001). "Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment", International Journal of Operations and Production Management, Yıl:21, Sayı:1, s.71-78.

Hieta, S., (1998). Supply Chain Simulation with LOGSIM-Simulator. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson ve M.S. Manivannan (Der.), (s. 323-326). Piscataway, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Hodder, J.E. ve Dinger, M.C., (1986). "A Multifactor Model for International Facility Location and Financing Under Uncertainty", Computers and Operations Research, Yıl: 13, Sayı: 5, s. 601-609.

Lee, H. L, Padmanabhan, V. ve Whang, S., (1997). "The Bullwhip Effect in Supply Chains", Sloan Management Review, Yıl: 38, Sayı: 3, s. 93-102.

Metz, P., (1998), Demystifying Supply Chain Management. Supply Chain Management Review. Winter 1998, 46-55. İndirme tarihi: 7 Eylül 2004, WWW: [web:http://www.manufacturing.net/scm/index.asp?layout=articleWebzine&articleid=CA159708](http://www.manufacturing.net/scm/index.asp?layout=articleWebzine&articleid=CA159708)

Padmos, J., Hubbard, B., Duczmal, T., ve Saidi, S., (1999). How j2 integrates simulation in supply chain optimization. Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, ve G.W. Evans (Der.), (s. 1350-1355). Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Üreten, S., (1999). Üretim/İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. Ankara: Başar Ofset.

Wyland, B., Buxton, K. ve Fuqua, B., (2000). "Simulating the supply chain", HE Solutions, January, s. 37-42.