

Yayın Geliş Tarihi: 18.07.2023
Yayına Kabul Tarihi: 22.09.2023

Online Yayın Tarihi: 26/12/2023

DOI: 10.54410/denlojad.1329136
Araştırma Makalesi (Research Article)

Mersin Üniversitesi
Denizcilik ve Lojistik
Araştırmaları Dergisi
Cilt:5 Sayı:2 Yıl:2023
Sayfa:99 - 121

E-ISSN: 2687-6604

TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON UYGULAMALARI VE JENERİK SİMÜLASYON MODELİ ÖNERİSİ*

Gülnehal Akan ÖZKÖK†

ÖZET

Günümüz koşulları, rekabetin artması nedeniyle işletmelerin maliyetlerini, verimliliklerini dolayısıyla kar kaldırıcı sağlayan tedarik zincirlerini daha iyi kontrol etmesini zorunlu kılmaktadır. Etkin ve verimli şekilde tasarlanmış tedarik zincirleri işletmelere rekabet avantajı yaratmaktadır. Ancak, çalışmaların büyük bir kısmı tedarik zincirinin operasyonel faaliyetlerine odaklanmakta ve tedarik zinciri tasarımının operasyonel faaliyetlerine ilişkin etkisi göz ardı edilmektedir. Yapılan bu çalışmada tedarik zinciri tasarımının önemi vurgulanarak 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Problemin dinamik ve stokastik olmasından dolayı simülasyon yaklaşımı tercih edilmiş ve tedarik zinciri ARENA programında modellenerek bir jenerik simülasyon modeli önerisinde bulunulmuştur. Jenerik model önerisinde taşıma modu karmadır, hem karayolu hem de demiryolu kararlarını içermektedir. Daha sonra model Arena üzerinde modifiye edilerek yalnızca karayolu seçimi ile yalnızca demiryolu seçimi kararları

*Bu makale Maltepe Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Lojistik ve Tedarik Zinciri Doktora Programında hazırladığım “Tedarik Zinciri Tasarımı ve Yönetiminde Simülasyon Uygulamaları ve Jenerik Simülasyon Modeli Önerisi” başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

†Arş. Gör. Dr, Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik (İngilizce) Bölümü, İstanbul, Türkiye <https://orcid.org/0000-0003-1495-6479>, gulnehalakan@maltepe.edu.tr

incelenmiş ve modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre toplam tedarik zinciri çevrim süresi 152,61 saat ile en az olan karayolu tercihli modeldir, ancak maliyeti artırma etkisi göz önüne alındığında optimum tercih jenerik modeldeki gibi her iki taşıma modu tercih edilmiştir. Üreticiye zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve karayolu tercihli modelde aynı olup 0,95'tir. Distribütöre zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve demiryolu tercihli modelde aynı olup 0,71'dir. Perkandecıye zamanında teslimat oranı 0,98 ile en yüksek oran karayolu tercihli modeldedir. Teslimat oranları ve toplam tedarik zinciri çevrim süresi değerlendirildiğinde karayolu taşıma modu diğer modellere göre üstün durumdadır. Ancak çok kriterli bir seçim içerisinde sadece zamanında teslimat oranına göre taşıma moduna ve tedarik zinciri tasarımına karar verilemeyeceği için çalışmada bir jenerik simülasyon modeli önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri, Tedarik zinciri tasarımı, Modelleme, Simülasyon, Arena.

SIMULATION APPLICATIONS IN SUPPLY CHAIN DESIGN AND MANAGEMENT AND GENERIC SIMULATION MODEL SUGGESTION

ABSTRACT

Today's conditions make it necessary for businesses to better control their supply chains, which provide the cost, efficiency, and thus profit leverage due to the increase in competition. Supply chains designed effectively and efficiently create competitive advantage for businesses. However, most of the studies focus on the operational activities of the supply chain and the impact of the supply chain design on the operational activities is ignored. In this study, by emphasizing the importance of supply chain design, a conceptual supply chain consisting of 3 suppliers, 1 manufacturer, 2 distributors and 4 retailers was designed, and it was aimed to increase the on-time delivery rate by adding road and rail transportation decision. Due to the dynamic and stochastic nature of the problem, the simulation approach was preferred and a generic simulation model was proposed by modeling the supply chain in the ARENA program. In the generic model proposal, the transport mode is mixed, involving both road and rail decisions. Then, the model was modified on Arena and only highway selection and only railway selection decisions were examined and the results of the models were compared. According to these results, the road preferred model has the least total supply chain cycle time with 152.61 hours, but considering the effect of increasing the cost, both modes of transportation were preferred as the optimum choice in the generic model. The on-time delivery rate to the manufacturer is the same in the generic model and the road preferred model and is 0.95. The on-time delivery rate to the distributor is the same in the generic model and the railway preferred model and is 0.71. The highest rate of on-time delivery to retailers is 0.98 in the highway preferred model. When delivery rates and total supply chain cycle time are

evaluated, the road transport mode is superior to other models. However, since the transportation mode and supply chain design cannot be decided solely based on the on-time delivery rate in a multi-criteria selection, a generic simulation model is proposed in the study.

Keywords: Supply chain, Supply chain design, Modeling, Simulation, Arena.

1. GİRİŞ

Tedarik zincirinin etkin tasarımı ve yönetimi tedarik zincirinin verimliliğinin artmasını sağlamaktadır. Tedarik zinciri tasarımı, tedarik zincirindeki tesislerin sayısı, yerleri ve kapasiteleri ile üretim, taşıma ve depolama miktarlarının belirlenmesini, taşıma ve depolama şekillerinin belirlenmesi ile bu aktivitelerin yürütülmesini destekleyen tüm ürün, hizmet ve bilgi akışı süreçlerinin yapılandırılmasını içerir. Bir şirketin tedarik zinciri tasarımının, tedarik zinciri verimliliğini ve müşteri memnuniyetini belirlediğini bilmek önemlidir. Optimal bir tedarik zinciri ağı tasarlamak, ağın şirketin uzun vadeli stratejik hedeflerini karşılayabilmesi gerektiği anlamına gelir. Bir şirket içindeki çoğu iş birimi veya işlevsel alan, bir ağ tasarım projesinden etkilenir. Tedarik zinciri tasarlanırken; iş hedeflerinin ve proje kapsamının tanımlanması, yapılacak analizlerin ve uygulanacak stratejilerin belirlenmesi ve en önemlisi en iyi tasarımın öngörülmesi gerekir. İleriye giden yol belirlendiğinde ve tasarım yaklaşımı doğru bir şekilde tamamlandığında, işletme birçok önemli fayda elde edecektir. İşletmeler çoğunlukla tedarik zinciri içerisinde stoklarının neden çok yüksek ya da sıklıkla yanlış stoklama olduğu, sadece talebi karşılamak için yüksek maliyetlere neden katlanıldığı, satış ve operasyon süreçlerinin neden daha iyi uyumlu hale getiremediklerini, talep odaklı çalışma prensibini nasıl yönetecekleri gibi sorulara cevap ararlar. Eğer tedarik zinciri, işletmenin hedef ve stratejilerine yönelik tasarlanır ve bu hedef ve stratejilere göre tedarik zinciri tasarımının test imkanı sağlanırsa, işletme; tedarik zinciriyle rekabet avantajı yaratır. Dolayısıyla, çalışmada ele alınan problem ve öngörülen çözüm metodolojisi ile tedarik zincirinin verimliliğini artırmak hedeflenmiştir.

Çok kriterleri karar verme ihtiyacını içeren tedarik zinciri problemleri dinamik ve stokastiktir. Bu durumlarda problemin tam bir matematiksel modelinin oluşturulamamasından ya da analitik yaklaşımla çözülemiyor olmasından kaynaklı simülasyon yaklaşımı tercih edilmektedir. Tedarik zincirinde simülasyon metodunu kullanarak yapılmış son 10 yılın makaleleri araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre 40 adet makale konuyla ilgili görülerek makalelerin amaç, yöntem, uygulama

bazlı aralarındaki ilişki de incelenmiştir. Söz konusu 40 makalenin 16 tanesi kavramsal, 23 tanesi vaka incelemesi olup 1 tanesi ise tedarik zinciri tasarım modellerinin karşılaştırılmasını içererek vaka incelemesi yapmıştır. Makalelerin amaçları çerçevesinde maliyet minimizasyonu, süreç iyileştirme, performans yönetimi ve tedarik zinciri tasarımı model önerisi bulunmaktadır. Makaleler birkaç amaca yönelik de araştırma yapmış olup, tek bir amaç üzerine çalışmış makaleler de mevcuttur. Makalelerin 22 tanesi tedarik zinciri tasarım önerisinde bulunmuş, 13 tanesi tedarik zinciri performansının artırılmasına yönelik araştırma yapmış, 5 tanesi maliyet mimizasyonunu, 5 tanesi ise süreç iyileştirilmesini amaçlamıştır. Makalelerin yöntemleri içerisinde tedarik zinciri tasarımı modelleme yaklaşımları dahil edilmiştir. Buna göre makalelerin birkaç modelleme yaklaşımını benimsemiş olanlar hibrid simülasyon olarak gruplanmıştır. Makalelerin 11 tanesi dinamik simülasyon, 10 tanesi hibrid simülasyon, 9 tanesi kesikli simülasyon, 9 tanesi ağ temelli yaklaşım, 8 tanesi sistem dinamiği, 6 tanesi doğrusal programlama, 3 tanesi ajan bazlı simülasyon, 3 tanesinde ise stokastik programlama kullanılmıştır. Simülasyon yazılımı kullanan makale sayısı ise 7'dir. Tercih edilen yazılımlar ise; AnyLogic, Simulink, FlexSim, Simio'dur. Yapılan literatür araştırmasına göre tedarik zinciri tasarımının simülasyon ile modellenmesinde taşıma modu kararları üzerinden çalışma yapılmadığı görülmüş ve simülasyon yazılımları içerisinde ARENA programına az rastlanılmıştır.

Yapılan bu çalışmada öncelikle 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Problemin dinamik ve stokastik olmasından dolayı simülasyon yaklaşımı tercih edilmiş ve tedarik zinciri ARENA programında modellenerek çözüme kavuşturulmuştur.

2. TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirini oluşturan tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler arasında gerçekleşen mal, bilgi ve para akışını inceleyen bütünleşik bir yönetim disiplindir ((Hill, 2012, s. 349). Tedarik zinciri yönetimi, müşteriye, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata, tüm tedarik zinciri için, en az maliyetle ulaşımını sağlayan, malzeme, para ve bilgi akışının, entegre bir biçimde yönetilmesidir.

Tedarik zinciri tasarımı, tedarik zincirinin nasıl yapılandırılacağına belirlenmesini içerir. Tasarım kararı, iş ortaklarının seçimi, depo ve üretim tesislerinin yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi, ürünlerin, taşıma

şekillerinin ve bunları destekleyen bilgi sistemlerinin belirlenmesi kararlarını içerir. Dolayısıyla, bir tasarım kararının oluşması, çok disiplinli bir katılım, yüksek tecrübe, uzman bilgisi, teknolojik altyapı, yeterli kaynak ve zamana ihtiyaç duyar. Tedarik zinciri tasarımı, çok fonksiyonlu bir süreç olması nedeniyle, finans, pazarlama, üretim ve tedarik zinciri takım üyelerinin tasarım sürecinde aktif rol almasını gerektirir. Ürün programına dahil olan her bir grubun sürece dahil olması, maliyet, temin süresi ve elde bulunabilirlik gibi önemli konularda faydalı bilgi sağlaması nedeniyle tedarik zinciri tasarımının başarısıyla birebir ilişkilendirilebilir. Tedarik zinciri tasarımı, tasarlanacak tedarik zincirinin niteliklerinin, iş yapma mekanizmasının ve kurallarının belirlenmesi süreçlerini kapsar. Bir tedarik zincirinin tasarlanması, bu tedarik zincirindeki tesislerin sayısı, yerleri ve kapasiteleri ile üretim, taşıma ve depolama miktarlarının belirlenmesini, taşıma ve depolama şekillerinin belirlenmesi ile bu aktivitelerin yürütülmesini destekleyen tüm ürün, hizmet ve bilgi akışı süreçlerinin yapılandırılmasını içerir (Calleja vd., 2018, s. 4468).

Literatürde yer alan tedarik zinciri tasarımı konulu çalışmaları, ürün tasarımını temel alan yaklaşımlar ve süreç tasarımını temel alan yaklaşımlar olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Ürün tasarımını temel alan yaklaşımlar, tedarik zinciri tasarımının, ürün tasarımı ve üretim süreci tasarımı esnasında eşzamanlı olarak yapılması gerekliliğini öneren yaklaşımlardır. Bu çalışmalar, sırasıyla ürün tasarımı, süreç tasarımı ve tedarik zinciri tasarımı çalışmalarının ardı ardına yürütülmesinin, tedarik zinciri tasarımının başarısını olumsuz yönde etkilediği savunmaktadır. Ürün yaşam çevrimi göz önünde bulundurularak, ürün, süreç ve tedarik zinciri tasarımının birlikte eşzamanlı yapılması gerekliliği savunulmaktadır (Rungtusanatham ve Forza, 2005, s. 257-265).

Süreç tasarımını temel alan yaklaşımlar ise envanter optimizasyonu, ağ tasarımı, tesis tahsisi ve bunların sentezinden oluşan problemlere çözüm üretmeye çalışan yaklaşımlardır. Envanter optimizasyonu problemlerinde, envanterin tedarik zinciri içinde nasıl hareket edeceği ve envanter kontrol parametrelerinin nasıl belirleneceği gibi envanter politikaları incelenmektedir. Ağ tasarımı modellerinde, her bir tesisin nereye kurulacağı, kapasitelerinin ne olacağı, hangi pazara hizmet sunacağı ve hangi tedarikçiden kaynak temin edeceği konularının belirlenmesi ile birlikte, kurulacak tesislerin sayısı ve her tesisin tedarik zinciri içinde üstleneceği rol belirlenmektedir (Gunasekaran ve Ngai, 2005, 71-84 ; Karaman ve Altıok, 2009, s. 222-237).

İşletmelerde tedarik zincirinin kurulması ayrıntılı bir planlama gerektirir. Bir zincir boyunca her dakika yüzlerce birbirinden bağımsız kararlar alınabilir ve bunların koordine edilmesi gerekir. Çok karışık yapıya sahip olan tedarik zincirinin oluşturulmasında tüm ayrıntıların planlama aşamasında yer alması gerekmez. Tedarik zinciri ağlarının etkin

tasarımı ve yönetimi, üretimin ve çeşitli ürünlerinin tesliminin düşük maliyet, kısa gecikme zamanı ve yüksek kalitede olmasına yardım eder. Rekabetçi performans açısından tedarik zinciri ağının yapısının çok önemli olduğu açıktır. Tedarik zinciri ağının tasarımında yerine getirmesi gereken aşamalar; problemin tanımlanması, hedeflerin belirlenmesi, model formülasyonudur. (Paksoy, 2005, s. 438-439)

Tedarik zinciri tasarımını gerçekleştirmek için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Tedarik zinciri tasarımı yöntemleri genellikle, tedarik zinciri tasarımı probleminin çözümü için hazırlık, tedarik zinciri tasarımın tespiti, performans ölçütlerinin tanımlanması ve verilen kararların değerlendirilmesi gibi genel karar verme aşamalarını içermektedir. Önerilen yöntemler temelde aynı süreci işaret etmektedir. Örneğin, Chandra ve Grabis (2007) tarafından önerilen tedarik zinciri tasarımı metodolojisi adımları; tasarım girişimini başlatma, karar ortamının tanımlanması ve modelleme hedefinin belirlenmesi, bilgi modellerinin geliştirilmesi, veri erişilebilirliğine bağlı olarak amaçların tekrar değerlendirilmesi, karar verme planı oluşturulması, ön seçim, seçim modellerinin geliştirilmesi ve çalıştırılması, çıktıların analizi, sonuçların kabul edilmesi, tasarım kararının uygulanması, beklenen ve gerçekleşen performans ölçütü değerlerinin izlenmesi (Chandra ve Grabis, 2007, s.112).

Tedarik zincirinde tasarımın gerçekleşmesi için operasyonel, taktik ve stratejik kararlar çerçevesinde amaçlar belirlenir. Belirlenen amaçlar doğrultusunda verilen kararlar mevcut tedarik zincirinin optimize edilmesi sağlanır. Tedarik zinciri tasarımı esnasında; müşteri hizmet ihtiyaçları, lojistik ağı yapılandırılması ve tesis yeri seçimi, stok yönetimi, taşıma ve üretim kararları, dağıtım stratejileri amaç fonksiyonlarını oluşturmaktadır (Türköz, s. 92, 2007).

3. TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMINDA SİMÜLASYONUN ÖNEMİ

Simülasyon, bir sistemin davranışlarını anlamak veya farklı stratejileri değerlendirmek amacıyla, sistemin modelini tasarlama süreci ve tasarlanan model üzerinde denemeler yapmak olarak tanımlanmaktadır (Seila, 2005, s. 33-40). Simülasyonun en karışık sistemleri bile modelleyebilme imkanı sağlaması işletmeler tarafından sıklıkla tercih edilmesine neden olmuştur (Kelton vd., 2015, s. 234-285). Simülasyon, yeni kurulacak bir sistemin performansını ölçmek, mevcut sistemin ileriki dönemlerdeki analizini yapmak amacıyla en çok kullanılan tekniklerden birisidir. Sistemin özelliklerini ve çalışma mantığını ortaya koyabilen bir araç olduğu için en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir. Simülasyon,

belirli bir süreçte taklit edilen sistemin işleyişini inceler. Değerlendirme, karşılaştırma, tahminleme, optimizasyon amacıyla simülasyon tekniği kullanılabilir (Yetim, 2016, s.86).

Simülasyon, “deterministik ve stokastik”, “statik ve dinamik” ve “sürekli ve ayrık” olmak üzere üç boyut içermektedir. Stokastik simülasyonların yaygın olarak zamanla gelişen rastgele olayları modellediği belirtilmekte, bu kapsamda olmayan türler ise deterministik olarak adlandırılmaktadır. Statik simülasyonlar zamanın doğal işlevlerini içermemekte, ancak dinamik modeller içermektedir. Sürekli simülasyon, zamanın her anında devam eden ölçüm gerektirmektedir. Ayrık simülasyon ise, gerçek sürecin davranış ve performansını simüle ederken, olaylar arasındaki ilgisiz davranışı dışarıda bırakarak yalnızca değişimin meydana geldiği zaman adımlarını temsil etmektedir (Rossetti, 2015, s.63).

Gerçek yaşam sistemlerinin modellenmesinde stokastik karakter çok önemli bir unsurdur. Optimizasyon ile optimal sonuçlar bulan simülasyon arasında yöntem ve uygulama farklılıkları vardır. Optimizasyonda bulunan çözüm tanımlanan deneysel çevredeki senaryoya bağlıdır. Optimal çözüm sadece tanımlanan senaryo için geçerlidir ve eğer senaryo değişirse çözümde değişecektir. Simülasyonda ise, en uygun çözümün bulunması farklı senaryo setlerinin denenmesi ile mümkün olabilmektedir (Persson ve Araldi, 2009, s. 574-583).

Tedarik zincirinin tasarımı ve yapısı, tedarik zincirini iyileştirmek için farklı araçların, metodolojilerin ve sistemlerin kullanılmasını gerekli kılan bir karmaşık bir yapıdadır. Tedarik zinciri yönetiminde analiz, değerlendirme ve karar verme için kullanılan birçok teknik ve araç vardır ve bunlardan biri de simülasyondur. Simülasyon, üretim operasyonlarında ve lojistik sistemlerde, matematik programlama yöntemlerine veya stokastik modellere kıyasla, kullanıcının dinamik davranış sistemini gözlemlemesine, analiz etmesine ve öğrenmesine izin verme avantajı sağlayan etkili bir araçtır (Ramirez vd., 2016, s. 213-222).

Simülasyon; tedarik zincirinde, tedarikçi seçimi, en uygun zincir yapısı, stok seviyeleri, dağıtım kanalları, dış kaynak kullanma seçenekleri gibi önemli kararların verilmesi amacıyla yönelik olarak sıkça kullanılan bir yöntemdir. Simülasyon, tedarik zinciri için çok yönlü, esnek ve etkili bir analiz aracıdır. Simülasyonun, zamanın değişim etkisini, karmaşık etkileşimi ve rastgele oluşu yakalama yeteneği, onu tedarik zincirinin modellenmesinde ideal bir aday yapmaktadır (Manzini vd., 2005, 127-144). Bir tedarik zincirinin karmaşık, dinamik ve etkileşimli yapısı göz önüne alındığında, modelleme ve simülasyon, yöneticileri karar verme sürecinde desteklemektedir. Tedarik zinciri simülasyonu, çeşitli senaryoların analizinde ve uygun çözümlerin seçiminde karar vericilere yardımcı olmaktadır. Ayrıca etkileşimleri anlamak ve tedarik zinciri performansını geliştirmek için yararlı bir araçtır (Oliveira, vd.,2016, s. 161-191).

Tedarik zincirleri, üretim sistemleri için rekabet avantajı yaratmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu karmaşık, entegre ve etkileşimli ilişki sisteminde karar verme çok önemli ve zorlu bir süreçtir. Modelleme ve simülasyon, karar vericilere tedarik zinciri sistemini tasarlama, geliştirme, analiz etme ve revize etme konusunda yardımcı olmaktadır. Tedarik zincirinde simülasyon kullanımının sağladığı üç temel avantaj bulunmaktadır: (1) Tedarik zincirlerindeki sorunları anlama ve teşhis etme, (2) Tedarik zinciri performansını iyileştirme ve (3) Yeni senaryolar, modeller veya projeler deneme (Mousavi vd., 2019, s. 2396- 2407).

Pek çok uygulayıcı ve akademisyen, müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarırken toplam maliyeti en aza indirecek olan tedarik zincirlerinde optimalliği aramaktadır. Bu amaçla optimizasyon modelleri ve simülasyon modelleri yarışmaktadır. Girdilerde küçük bir değişiklik olması durumunda, optimizasyonun doğası gereği optimal yanıtın önemli ölçüde değişebileceği vurgulanmaktadır. Bir yönetici, bir planın sağlam olduğunu bilmelidir; bu, işteki varyansın genel yanıtı büyük ölçüde etkilemeyeceği anlamına gelmektedir. Optimizasyonun, “kamçı etkisinin” birincil nedeni olan “talep varyansı” veya “tahmin hatası” gibi bazı temel iş konularını gözden kaçırdığı belirtilmektedir. Simülasyonun, iş operasyonlarının optimize edilemeyecek kadar karmaşık olduğu ve tedarik zincirinde değişkenliğin ana itici güç olduğu durumlarda her zaman daha iyi bir seçim olduğu vurgulanmaktadır. Zira risk faktörü düşünüldüğünde, böyle bir tedarik zincirinde optimal bir cevap en iyi yanıt olmayabilmektedir (Sancar, 2006, s.147).

Tedarik zinciri modellemesinde simülasyon kullanmanın bir başka önemi de zamanında kararlar almak için zaman sağlamasıdır. İyi tasarlanmış simülasyon modelleri, kullanıcıların sistem durumunu ve performansını izlemesini ve gerçek zamanlı olarak karar vermesini sağlamaktadır. Ancak böylesine karmaşık bir modelin çok kısa sürede çalıştırılabilmesi için bazı teknoloji gereksinimlerinin karşılanması gerekmektedir. Her şeyden önce, bilgi almak, görev atamak, sistem durumu ve performansı hakkında geri bildirim almak için istenen veritabanları ile arayüz oluşturmalıdır. Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning- ERP) ve Gelişmiş Planlama ve Çizelgeleme (Advanced Planning and Scheduling-APS) büyük firmaların çoğunda kullanılsa da, esas olarak hareket işleme ile ilgilendikleri için gerçek zamanlı kararlar vermeleri mümkün değildir. Dolayısıyla bu sistemler, firmaya gerçek zamanlı kararlar verme yeteneği sağlamak için simülasyon modellerini eklenti olarak içerebilir. ERP ve APS tarafından kullanılan nicel yöntemler arasında simülasyon, şüphesiz bir tedarik zinciri ortamında Karar Destek Sistemi (Decision Support System-DSS) olarak uygulanacak en güçlü tekniklerden biridir. Tedarik zincirinde simülasyon kullanımı, stratejik, taktik ve operasyonel seviyelerde hızlı tepkiler, işbirlikçi planlama, toplu planlama, talebi tahmin etme, üçüncü taraflarla

taşeronluk gibi faaliyetlerde karar destek işlevi görmektedir (Campuzano ve Mula, 2011 s. 10).

4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ VE MODELİ

Yapılan bu çalışmada 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Problemin dinamik ve stokastik olmasından dolayı simülasyon yaklaşımı tercih edilmiş ve tedarik zinciri ARENA programında modellenerek bir jenerik simülasyon modeli önerisinde bulunulmuştur.

Arena, Systems Modeling tarafından geliştirilen ve 2000 yılında Rockwell Automation tarafından satın alınan ayırık olay simülasyonu ve otomasyon yazılımıdır. Arena, nesne yönelimli programlama ve hiyerarşik modelleme kavramlarına dayanan tek adımlı, grafik modelleme ve animasyon sistemidir. Arena, SIMAN simülasyon dilini kullanmaktadır.

Araştırmanın modeli kapsamında 3 tedarikçi (D, E, F) 1 üretici (I), 2 distribütör (J, K) ve 4 perakendeci (L, M, N, O) bulunmaktadır. Sistemdeki tek üretici olan Üretici I a ürününü üretmek için Tedarikçi D ve E'den parça b'yi, Tedarikçi F'den ise parça c'yi tedarik etmektedir. Tedarik zinciri çekme sistem olarak tasarlanmıştır. Buna göre perakendeci sipariş oluşturduğu anda sistem çalışmaya başlamaktadır. Sipariş akışı perakendeciden tedarikçiye doğru ilerlemektedir.

Tedarik zinciri modeli, modelin varsayımları ve notasyonları aşağıda gösterilerek açıklanmıştır.

7. Sistemde üç adet tedarikçi bulunmaktadır (D, E, F). D ve E tedarikçileri b parçasını, F tedarikçisi sadece b parçasını üretmektedir. I üreticisi normal koşullarda b parça ihtiyacının %70'ini D, %30'unu E tedarikçisinden tedarik etmektedir. Ancak bu durum stok durumuna ve tedarik süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Üretici tedarikçilerin stok düzeyini görebilmekte, yeterli stok yoksa diğer tedarikçiye sipariş vermektedir.
8. Tedarikçiler parçaları karayolu veya demiryolu ile I üreticisine gönderebilmektedir. Karayolunda öngörülen teslim süresi 2, demiryolunda 4 gündür. Üretici ürün stok düzeyi yeniden üretim düzeyine geldiğinde üretim kararı almakta ve ekonomik üretim miktarı kadar üretim yapmaktadır. Parça stok düzeyi yeniden sipariş verme düzeyine geldiğinde üretici tedarikçilere demiryolu ile gelecek şekilde ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş vermektedir. Parça stok düzeyi emniyet stoku düzeyinin altına düştüğünde ise sipariş karayoluyla gelecek şekilde verilmektedir.
9. D, E ve F tedarikçilerinin üretim kapasiteleri, üretim maliyeti, ekonomik üretim miktarı, emniyet stok miktarı, sipariş verme düzeyi, karayolu ve demiryolu ile ekonomik sevkiyat miktarları ve nakliye maliyetleri belirli ve deterministik olup parça üretim süreleri ile karayolu ve demiryolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Tedarikçilerin hammadde stoklarının sınırsız olduğu, üretimde kesinti ve sevkiyatta kapasite kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
10. I üreticisinin ekonomik üretim miktarı, a ürünü üretim maliyeti, b ve c parçaları ile a ürünün emniyet stok miktarları, sipariş verme düzeyleri, karayolu ve demiryolu ile ekonomik sevkiyat miktarları ve maliyetleri, belirli ve deterministik olup a ürünü üretim süresi ile karayolu ve demiryolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Üreticinin üretiminde kesinti ve sevkiyatta kapasite kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
11. J ve K distribütörlerinin ekonomik satın alım miktarı, hizmet maliyeti, karayolu ve demiryolu nakliye maliyeti ve a ürünü emniyet stok miktarları, sipariş verme düzeyleri, operasyon maliyeti, belirli ve deterministik olup, işlem süreleri ve karayolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Distribütörlerde a ürünü için kapasite kısıtı ve hizmet süresinde kesinti olmadığı varsayılmıştır.
12. Tedarik zincirinde tüm taraflar için sipariş süresinin 1 gün olduğu varsayılmıştır. (Sipariş Süresi=Siparişin önceki tedarikçilere verilme süresi)
13. Her parça ve ürün için elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri belirli ve deterministiktir.

14. Distribütör ve üreticide stok seviyesi emniyet stok seviyesinin altına düştüğünde tedarik mutlaka karayolu ile yapılmaktadır.
15. Tüm aşamalarda başlangıç stok düzeyleri yeniden sipariş verme düzeyinin üzerindedir.

Çıktılar:

- 1) Ortalama Tedarik Zinciri Çevrim Süresi (=Ortalama Tedarikçi Çevrim Süresi+ Ortalama Üretici Çevrim Süresi+ Ortalama Distribütör Çevrim Süresi)
(Çevrim Süresi=Sipariş Süresi+Üretim/İşlem Süresi+Sevkiyat Süresi)
- 2) Tedarik Zinciri Boyunca Ortalama Zamanında Teslimat Oranı

Amaç: Zamanında Teslimat Oranını Artırmak

Notasyon:

İndisler: Perakendeciler ($l=1,2,3,4$)
Distribütörler ($k=1,2$)
Üretici ($j=1$)
Tedarikçi ($i=1,2,3$)
Gün ($g=1,2,\dots,30$)

Değişkenler: S_l : l. perakendeci stok düzeyi (adet)
 S_k : k. distribütör stok düzeyi (adet)
 S_{ja} : j. üretici a ürünü stok düzeyi (adet)
 S_{jb} : j. üretici b parçası stok düzeyi (adet)
 S_{jc} : j. üretici c parçası stok düzeyi (adet)
 S_{ib} : i. tedarikçi b parçası stok düzeyi (adet)
 S_{ic} : i. tedarikçi c parçası stok düzeyi (adet)

Parametreler: ES_l : l. perakendecisi emniyet stoku düzeyi (adet)
 YS_l : l. perakendecisi yeniden sipariş düzeyi (adet)
 EO_l : l. perakendeci ekonomik sipariş miktarı
 D_l : l. perakendecine gelen talep miktarı (adet/gün)
 ES_k : k. distribütör emniyet stoku düzeyi (adet)
 YS_k : k. distribütör yeniden sipariş düzeyi (adet)
 EO_k : k. distribütör ekonomik sipariş miktarı (adet)
 ES_{ja} : j. üretici a ürünü emniyet stoku düzeyi (adet)

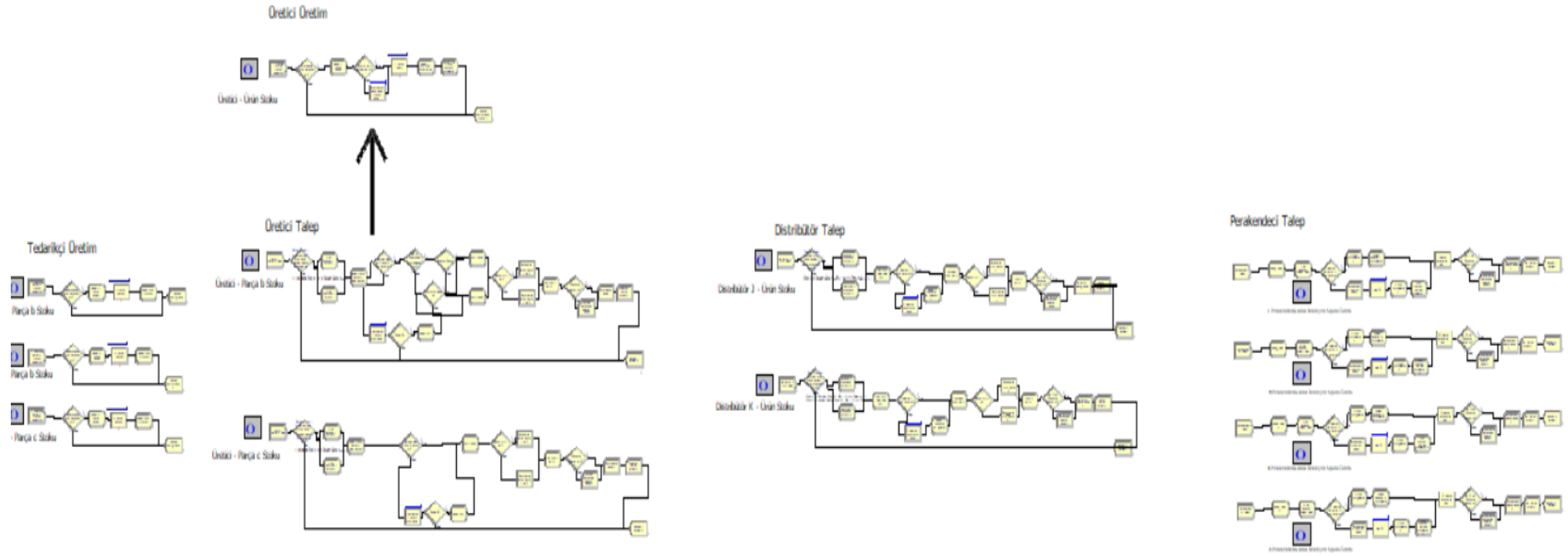
- ES_{jb}: j. üretici b parçası emniyet stoku düzeyi (adet)
ES_{jc}: j. üretici c parçası emniyet stoku düzeyi (adet)
YS_{ja}: j. üretici a ürünü yeniden üretim düzeyi (adet)
YS_{jb}: j. üretici b parçası yeniden sipariş düzeyi (adet)
YS_{jc}: j. üretici c parçası yeniden sipariş düzeyi (adet)
EU_{ja}: j. üretici a ürünü ekonomik üretim miktarı (adet)
EO_{jb}: j. üretici b parçası ekonomik sipariş miktarı (adet)
EO_{jc}: j. üretici c parçası ekonomik sipariş miktarı (adet)
K_{ja}: j. üretici a ürünü üretim kapasitesi (adet)
ES_{ib}: i. tedarikçi b parçası emniyet stoku düzeyi (adet)
ES_{ic}: i. tedarikçi c parçası emniyet stoku düzeyi (adet)
YS_{ib}: i. tedarikçi b parçası yeniden üretim düzeyi (adet)
YS_{ic}: i. tedarikçi c parçası yeniden üretim düzeyi (adet)
EU_{jb}: i. tedarikçi b parçası ekonomik üretim miktarı (adet)
EU_{jc}: i. tedarikçi c parçası ekonomik üretim miktarı (adet)
K_{jb}: i. tedarikçi b parçası üretim kapasitesi (adet)
K_{jc}: i. tedarikçi c parçası üretim kapasitesi (adet)

Tedarik zinciri modeli, modelin varsayımlarına göre Arena'da modellenmiş ve ilk adım olarak tedarikçinin programa dahil edilmesiyle başlamıştır. Sistemde bulunan 3 tedarikçinin Arena'da işlenmesiyle üretici, distribütör ve perakendeciler için gerekli olan adımlara geçilmiştir. Jenerik model önerisinde taşıma modu karmadır, yani hem karayolu hem de demiryolu kararlarını içermektedir. Daha sonra model Arena üzerinde modifiye edilerek yalnızca karayolu seçimi ile yalnızca demiryolu seçimi kararları incelenmiş ve modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Önerilen jenerik modelin Arena programında çalışması için rassal değerler atanmıştır. Arena programında kullanılan rassal değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1 : Arena Programında Kullanılan Rassal Değerler

Variables	Başlangıç Değeri	Birim	Expressions (Constants)	Değer	Birim
Stok D	2555	Parça stoku	Emniyet Stok D	200	
Stok E	2040	Parça stoku	Emniyet Stok E	250	
Stok F	3060	Parça stoku	Emniyet Stok F	300	
I Ureticisinde Stok b	4500	Parça stoku	D Üretim Suresi	NORM(18,1.8)	saat
I Ureticisinde Stok c	3500	Parça stoku	E Üretim Suresi	NORM(18,1.8)	saat
I Ureticisinde Stok a	500	Ürün stoku	F Üretim Suresi	NORM(24,2.4)	saat
Stok J	1000	Ürün stoku	EUMD	1500	
Stok K	1200	Ürün stoku	EUME	1500	
Toplam Bekleyen L	0	Ürün stoku	EUMF	2500	
Toplam Bekleyen M	0	Ürün stoku	b Emniyet Stok I	200	
Toplam Bekleyen N	0	Ürün stoku	b Yeniden Siparis Duzeyi I	300	
Toplam Bekleyen O	0	Ürün stoku	c Emniyet Stok I	250	
			c Yeniden Siparis Duzeyi I	350	
			b için I Ekonomik Satın Alım Miktarı	300	
			c için I Ekonomik Satın Alım Miktarı	300	
Binary Variables	Başlangıç Değeri		I urun a emniyet stok	250	
D Üretim Devam	0		EUM Urun I	150	
E Üretim Devam	0		I Üretim Zamani	NORM(8,0.8)	saat
F Üretim Devam	0		Emniyet Stok J	100	
I Üretim Devam	0		Yeniden Siparis Duzeyi J	150	
J Urun Talep	0		J Ekonomik Satın Alım Miktarı	250	
K Urun Talep	0		Emniyet Stok K	150	
			Yeniden Siparis Duzeyi K	250	
			K Ekonomik Satın Alım Miktarı	200	
Attributes	Değer				
Talep L	ANINT(NORM(50,5))				
Talep M	ANINT(NORM(60,6))				
Talep N	ANINT(NORM(50,5))				
Talep O	ANINT(NORM(60,6))				



Şekil 2: Jenerik Model Tedarik Zinciri Tasarımı

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmanın amacı zamanında teslimat oranını artırmak ve çıktıları içerisinde de ortalama tedarik zinciri çevrim süresi ile tedarik zinciri boyunca zamanında teslimat oranını elde etmektir. Bu amaç ve çıktıları doğrultusunda Jenerik model için üretilmiş olan rassal değerler Arena programına girilerek, model çalıştırılmıştır. Model 100 kez çalıştırılmış olup çalışma süresi 720 gün olarak girilmiştir. Rapor çıktısındaki temel zaman birimi ise model yapısı gereği “saat” olarak tutulmuştur. Modelin Arena programında çalıştırılmasından sonra çıktı analizlerini gösteren rapor oluşturulmuştur.

Jenerik model önerisinde taşıma modu karmadır, yani hem karayolu hem de demiryolu kararlarını içermektedir. Daha sonra model Arena üzerinde modifiye edilerek yalnızca karayolu seçimi ile yalnızca demiryolu seçimi kararları incelenmiş ve modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distribütör Çevrim Süresi	49.7715	0,06	49.2064	50.8328	48.0000	189.37
Tedarikçi Çevrim Süresi	48.6689	0,02	48.4916	48.8532	48.0000	76.1711
Üretici Çevrim Süresi	89.3271	0,21	87.1490	92.2440	48.0000	201.37

Şekil 3: Jenerik Model Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Demiryolu ve karayolu taşıma modunu birlikte kullanan jenerik modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 187,77 saattir. Distribütör çevrim süresi 49,77 saat ve standart sapması 0,06'dır. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 89,32 saat ve standart sapması 0,21'dir.

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distribütör Çevrim Süresi	66.4818	2,37	54.6236	120.63	48.0000	2112.00
Tedarikçi Çevrim Süresi	96.8488	0,02	96.7021	97.0587	96.0000	123.95
Üretici Çevrim Süresi	103.81	0,18	100.98	105.64	96.0000	246.70

Şekil 4: Demiryolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Demiryolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 267,13 saattir. Distribütör çevrim süresi 66,48 saat ve standart sapması 2,37'dir. Tedarikçi çevrim süresi 96,84 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 103,81 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Tally

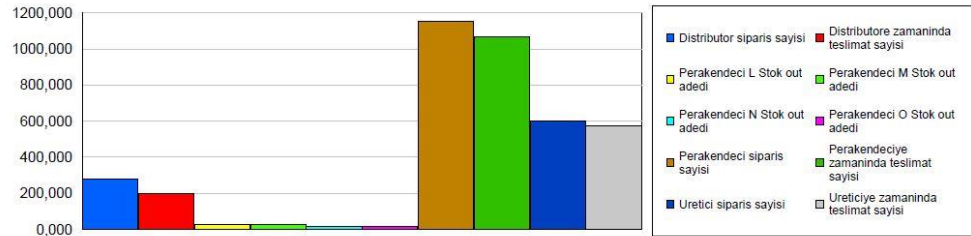
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Çevrim Süresi	48.4061	0,03	48.1581	48.8260	48.0000	163.54
Tedarikçi Çevrim Süresi	48.6685	0,02	48.5007	48.8689	48.0000	76.1841
Üretici Çevrim Süresi	55.5373	0,18	52.9563	57.5457	48.0000	167.54

Şekil 5: Karayolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Karayolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 152,59 saattir. Distribütör çevrim süresi 48,40 saat ve standart sapması 0,03'dir. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 55,53 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	277.03	0,20	274.00	279.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	198.98	1,84	177.00	225.00
Perakendeci L Stok out adedi	23.3600	0,91	15.0000	36.0000
Perakendeci M Stok out adedi	28.5200	0,95	18.0000	43.0000
Perakendeci N Stok out adedi	15.4900	0,99	6.0000	30.0000
Perakendeci O Stok out adedi	17.9600	1,11	7.0000	37.0000
Perakendeci siparis sayisi	1151.79	0,09	1150.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	1067.02	2,34	1032.00	1089.00
Üretici siparis sayisi	602.15	0,51	594.00	608.00
Üreticiye zamaninda teslimat sayisi	572.36	0,79	563.00	582.00



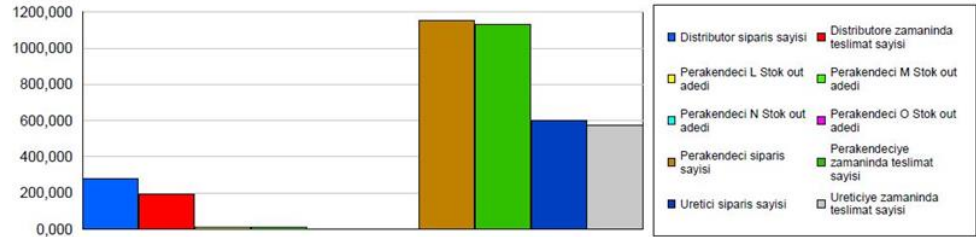
Şekil 6: Jenerik Model Metriklerinin Sonuçları

Modelin çalıştırılmasından sonra Arena'da oluşturulan çıktı raporunda üretici, distribütör, perakendeci sipariş sayıları, perakendecilerin stock out olma adedi ve her birinin zamanında teslimat sayısı gösterilmektedir. Yukarıdaki tabloda verilmiş olan bu değerler modelin amacı olan tedarik zinciri çevrim süresi ve zamanında teslimat oranlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Karayolu ve demiryolu tercihli modeller için de Arena'da çıktı raporu alınmıştır ve sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Aynı şekilde, çıktı raporunda üretici, distribütör, perakendeci sipariş sayıları, perakendecilerin stock out olma adedi ve her birinin zamanında teslimat sayısı gösterilmektedir. Bu değerler karayolu ve demiryolu tercihli modellerin tedarik zinciri çevrim süresi ve zamanında teslimat oranlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Counter

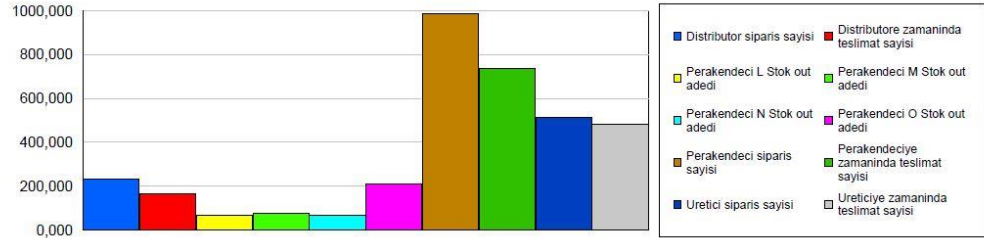
Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distribütör sipariş sayısı	277.71	0,20	275.00	280.00
Distribütöre zamanında teslimat sayısı	194.88	1,86	173.00	219.00
Perakendeci L Stok out adedi	9.9400	0,71	3.0000	20.0000
Perakendeci M Stok out adedi	11.5200	0,67	5.0000	19.0000
Perakendeci N Stok out adedi	0.5900	0,16	0.00	3.0000
Perakendeci O Stok out adedi	0.7700	0,19	0.00	4.0000
Perakendeci sipariş sayısı	1151.93	0,05	1151.00	1152.00
Perakendeciye zamanında teslimat sayısı	1129.25	1,16	1111.00	1143.00
Üretici sipariş sayısı	602.28	0,54	595.00	610.00
Üreticiye zamanında teslimat sayısı	572.77	0,81	564.00	584.00



Şekil 7: Karayolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distribütör sipariş sayısı	230.71	4,78	165.00	278.00
Distribütöre zamanında teslimat sayısı	164.25	2,45	136.00	207.00
Perakendeci L Stok out adedi	64.6300	1,55	49.0000	89.0000
Perakendeci M Stok out adedi	75.9400	1,95	49.0000	102.00
Perakendeci N Stok out adedi	67.5800	10,26	12.0000	261.00
Perakendeci O Stok out adedi	208.20	10,53	43.0000	266.00
Perakendeci sipariş sayısı	989.85	17,07	670.00	1152.00
Perakendeciye zamanında teslimat sayısı	737.39	10,99	532.00	856.00
Üretici sipariş sayısı	513.39	9,54	386.00	613.00
Üreticiye zamanında teslimat sayısı	480.61	8,99	359.00	571.00



Şekil 8: Demiryolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları

6. SONUÇ

Araştırmanın modeli kapsamında 3 tedarikçi (D, E, F) 1 üretici (I), 2 distribütör (J, K) ve 4 perakendeciden (L, M, N, O) oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek tedarik zinciri çevrim süresi de hesaplanarak zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda modelin varsayımları, kısıtları ve notasyonları belirlenerek Arena Simülasyon Programı'nda model hazırlanmış ve rassal değerler atanarak çalıştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde 100 replication (tekrar) sayısının yeterli olduğu düşünülerek model 100 kez çalıştırılmış ve modelin çalışma süresi ise 720 gün olarak sisteme girilmiştir. Rapor çıktısındaki temel zaman birimi ise model yapısı gereği "saat" olarak tutulmuştur. Modelin Arena programında çalıştırılmasından sonra çıktı analizlerini gösteren rapor oluşturulmuştur.

Arena'da 3 model çalıştırılmış ve sonuçları alınmıştır. Birinci model, aynı zamanda jenerik simülasyon modeli, karayolu ve demiryolu taşıma modlarını birlikte kullanarak çalıştırılmıştır. Diğer iki model,

jenerik model modifiye edililerek tek bir taşıma modu kararını ele alarak çalıştırılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Demiryolu ve karayolu taşıma modunu birlikte kullanan jenerik modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 187,77 saattir. Distribütör çevrim süresi 49,77 saat ve standart sapması 0,06'dır. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 89,32 saat ve standart sapması 0,21'dir.

Demiryolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 267,13 saattir. Distribütör çevrim süresi 66,48 saat ve standart sapması 2,37'dir. Tedarikçi çevrim süresi 96,84 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 103,81 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Karayolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 152,59 saattir. Distribütör çevrim süresi 48,40 saat ve standart sapması 0,03'dir. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 55,53 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Taşıma modu kararına göre değişen sonuçların karşılaştırılması tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 2: Simülasyon Modellerinin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çıktı	Jenerik Model	Karayolu Tercihli Model	Demiryolu Tercihli Model
Tedarik Zinciri Çevrim Süresi (saat)	187,77	152,61	267,14
Üreticiye Zamanında Teslimat Oranı	0,95	0,95	0,93
Distribütöre Zamanında Teslimat Oranı	0,71	0,70	0,71
Perakendeciye Zamanında Teslimat Oranı	0,92	0,98	0,74

Çalışmanın çıktılarından olan toplam tedarik zinciri çevrim süresi 152,61 saat ile en az olan karayolu tercihli modeldir, ancak maliyeti artırma etkisi göz önüne alındığında optimum tercih jenerik modeldeki gibi her iki taşıma modu tercih edilmelidir. Üreticiye zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve karayolu tercihli modelde aynı olup 0,95'tir. Distribütöre zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve demiryolu tercihli modelde aynı olup 0,71'dir. Perakendeciye zamanında teslimat oranı 0,98 ile en yüksek oran karayolu tercihli modeldedir. Teslimat oranları ve toplam

tedarik zinciri çevrim süresi değerlendirildiğinde karayolu taşıma modu diğer modellere göre üstün durumdadır. Ancak çok kriterli bir seçim içerisinde sadece zamanında teslimat oranına göre taşıma moduna ve tedarik zinciri tasarımına karar verilemeyeceği için çalışmada bir jenerik simülasyon modeli önerilmiştir.

Simülasyon çalışmalarının esnekliği sayesinde model üzerinde, tasarımsal ya da verilerin değişiklikleri istenildiği zaman yapılabilir. Simülasyon yöntemi gerçek sistem içinde değişiklikler, denemeler, alternatif senaryoların uygulanması gibi kontrol ve zaman isteyen çalışmaları kolay bir şekilde uygulama imkanı verir. Simülasyon yöntemi hem mevcut sistemdeki olası değişikliklerin sistem üzerindeki etkisini belirlemek için bir analiz aracı, hem de değişen koşullar altında yeni oluşturulacak bir sistemin performansını belirleme için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Bu çalışmada jenerik bir simülasyon modeli önerisinde bulunarak gelecek çalışmalarda başka senaryoların denenmesi için alt yapı sunmasına olanak sağlanmıştır. Gelecek çalışmalarda önerilen jenerik model üzerinden, maliyet optimizasyonu, taşıma modu kararlarının belirlenmiş bir güzergah üzerinden test edilmesi, tedarik zinciri üyelerinin sayılarında farklılıklar yaratılarak modelin tekrar çalıştırılması gibi senaryolar üretilerek model geliştirilebilir. Bu çalışma, tedarik zincirinde simülasyona yönelik literatür araştırmasında ARENA programı kullanarak modellemeye az rastlanıldığını tespit etmiş ve bu alanda yapılan çalışmaların artırılması gerekliliğini de ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Calleja, G., Corominas, A., Martinez-Costa, C., & de la Torre, R. (2018). Methodological approaches to supply chain design. *International Journal of Production Research*, 56(13), 4467-4489.
- Campuzano, F., ve Mula, J. (2011). Introduction to Supply Chain Simulation. In *Supply Chain Simulation*. London: Springer.
- Chandra, C. ve Grabis, J. (2007). *Supply Chain Configuration Concepts, Solutions, and Applications*. New York: Springer Science.
- Gunasekaran, A., Patel, C. & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chains environment. *International Journal Of Operations & Production Management*, 21(1/2), (ss.71-84).

- Hill, A. V. (2012). *The Encyclopedia of Operations Management* (1st Edition). New Jersey: Pearson Education Inc.
- Karaman, A. ve Altıok, T. (2009). Approximate analysis and optimization of batch ordering policies in capacitated supply chains. *European Journal of Operational Research*, 193(1), (ss.222-237).
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., ve Sturrock, D. T. (2015). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Manzini, R., Ferrari, E., Mauro, G., Persona, A., & Regattieri, A. (2005). Simulation performance in the optimisation of the supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(2). (ss.127-144).
- Mousavi, B. A., Azzouz, R., Heavey, C., & Ehm, H. (2019, December). Simulation-based analysis of the nervousness within semiconductors supply chain planning: insight from a case study. In *2019 Winter Simulation Conference (WSC)* (ss. 2396-2407).
- Oliveira, J. B., Lima, R. S., Montevechi, J. A. B. (2016). Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 62, (ss.166-191)
- Paksoy, T. (2005). Tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu: Malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, (ss.435-454).
- Persson, F., & Araldi, M. (2009). The development of a dynamic supply chain analysis tool—Integration of SCOR and discrete event simulation. *International journal of production economics*, 121(2), (ss.574-583).
- Ramirez, C. S., Hernández, G. A., Alcaraz, J. L. G., & Mendoza, D. A. T. (2016). The use of simulation software for the improving the supply chain: the case of automotive sector. In *Trends and Applications in Software Engineering* (ss. 213-222). Springer, Cham.
- Rossetti, M. D. (2015). *Simulation Modeling and Arena*. NY: John Wiley & Sons.
- Rungtusanatham, M., & Forza, C., (2005). Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions: part a: topic motivation, performance implications, and article review process. *Journal of Operations Management*, 23(3-4), (ss.257-265).

- Sancar, A. Ü. (2006). A Simulation Based Decision Support System For Supply Chain Management. (Yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Seila, A., F. (2005). Spreadsheet Simulations. In Proceeding of the 2005 Winter Simulation Conference Book, (ss. 33-40).
- Türköz, Ö. (2007). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Yetim, E. (2016). Tedarik Sürecinde Monte Carlo Simülasyonu Kullanılarak Riskin Azaltılması. (Yüksek lisans tezi). Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.