İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL VE E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNİN SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sultan Ceren SALKIN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL VE E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNİN SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sultan Ceren SALKIN
507111127

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan BOZDAĞ

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507111127 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sultan Ceren SALKIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"GELENEKSEL VE E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNİN SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ "** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan BOZDAĞ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Şeyda ASAN SERDAR** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ ……...
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **13 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **20 Ocak 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca hem akademik anlamda hem de manevi olarak beni sürekli destekleyen ve her konuda yanımda olan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan Bozdağ'a, tüm yüksek lisans eğitimimde hem kişilik anlamında hem de akademik donanım olarak örnek aldığım ve bundan sonra da alacağım Yrd. Doç. Dr. Umut Asan'a, Yrd. Doç. Dr. Şeyda Serdar Asan'a ve Prof. Dr. Mehmet Tanyaş'a, tanıdığım günden beri esin kaynağım olan, bir hocadan çok arkadaşımmış gibi iyi günde kötü günde desteğini gördüğüm çok sevgili hocam Doç. Dr. Oya Yüreğir'e, hayatım boyunca hiçbir şeyi esirgemeyerek beni yetiştiren, yanımda olan annem Sıddıka Salkın'a, babam Kenan Salkın'a ve kardeşim Selin Salkın'a ve son olarak Mahir Öner ile kardeşim gibi sevdiğim arkadaşım sevgili Ayşen Kara'ya binlerce kez teşekkür ederim. Ayrıca bu tez çalışmasına verdiği destekten ötürü İTÜ Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Birimi'ne de teşekkürü borç bilirim.

Aralık 2013

Sultan Ceren SALKIN
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
2. TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ **5**
2.1 Geleneksel Tedarik Zinciri Yönetimi 5
2.2 E- ticaret Tedarik Zinciri Yönetimi 9
2.3 Tedarik Zinciri Risk Yönetimi 11
3. SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMI……27
3.1.Sistem Dinamiği……27
3.2.Sistem Dinamiğinde Pozitif ve Negatif Geri Bildirim…….……..30
3.3. Nedensel Döngü Diyagramları……31
3.4. Düzey ve Akış Değişkenleri……32
3.5. Sistem Dinamiği Modelinde Karar Fonksiyonları ve Bilgi Akışı…...……33
3.6. Sistem Dinamiği Yaklaşımının Diğer Simülasyon Modelleme Araçları ile Karşılaştırılması……..……...33
3.7. Tedarik zinciri risk yönetiminde sistem dinamiği yaklaşımı……..35
3.7.1. Tedarik zinciri risk yönetiminin modellenmesi konusunda yapılan çalışmalar…….……35
3.7.2.Tedarik zinciri risk yönetiminde sistem dinamiği…….37
4. GELİŞTİRİLEN MODEL…….…….……43
4.1. Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Geliştirilen Model……47
4.2. E-ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Geliştirilen Model.……...51
5. SİMÜLASYON MODELİ……....57
5.1. Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sisteminin Takibi İçin Oluşturulan Sistem Dinamiği Modeli……....57
5.2. E-ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sisteminin Takibi İçin Oluşturulan Sistem Dinamiği Modeli.……..……..64
6. MODELİN VALİDASYONU, ANALİZ VE SONUÇLAR……...67
6.1. Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sistemi Modeli için Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar……...…70
6.2. Geleneksel Modelde Yapılan Değişimler……..……..80
6.3. E-Ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sistemi Modeli için Yapılan

Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar……..……...87
6.4. E-ticaret Modelinde Yapılan Değişimler…….……..95
6.5.Deney ve Hipotez Sonuçları……101
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....103
8. KAYNAKLAR.....105
EKLER…….....110
ÖZGEÇMİŞ…….120

KISALTMALAR

EPOS : Elektronik Satış Noktası
VMI : Tedarikçi Yönetimli Envanter
B2C : Business to Customer
B2B : Business to Business
ERP : Enterprise Resource Planning
FMEA : Failure Mode and Effect Analysis
EDI : Elektronik Veri Değişimi
JIT : Just In Time
CRM : Müşteri İlişkileri Yönetimi
OLAP : On-Line Analytical Processing
ABS : Ajan Temelli Simülasyon
MAX : Maksimum
MIN : Minimum
AHP : Analitik Hiyerarşi Prosesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Tedarik zinciri süreçleri……....10
Çizelge 2.2: Tedarik zinciri risk yönetimi akademik uygulama alanlarının yıllara göre dağılımı……..…13
Çizelge 2.3: Tedarik zincirinde ortaya çıkacak muhtemel hatalar, sebepleri ve tanımları……15
Çizelge 2.4: Geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminin karşılaştırılması…….……....16
Çizelge 2.5: Risk yönetimi araçları……17
Çizelge 2.6: Tedarik zinciri risk yönetimi risk elemanları ve risk çözümleri……24
Çizelge 3.1: Kesikli olay simülasyonu ve sistem dinamiğinin karşılaştırılması…....34
Çizelge 4.1: Risk takibi için incelenecek süreçler ve bu süreçlerin incelenmesi için gereken veriler……...…46
Çizelge 6.1: Hipotez ve deney sonuçları……99

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:Tedarik zinciri risk yönetimi yıllara göre yayın sayıları……..12
Şekil 2.2: Risk yönetimi süreci……19
Şekil 2.3: Tedarik zinciri risk yönetimi süreci…….20
Şekil 2.4: Risk yönetimi bütünsel süreci……..20
Şekil 2.5: Risk yönetimi bilgisayar entegre çalışması için önerilebilecek yapı…...21
Şekil 2.6: Çalışmada kullanılan tedarik zinciri risk yönetimi süreci……....22
Şekil 3.1: Sistem dinamiği modelleme süreci……..29
Şekil 3.2: Pozitif ve negatif geribildirim yapısı……...32
Şekil 4.1: Tedarik zinciri risk yönetiminin sistem diyagramı……..43
Şekil 4.2: Tedarik zincirinde ortaya çılan problemlerin neden-sonuç ilişkisi……..45
Şekil 4.3: Geleneksel tedarik zinciri yapısı……..48
Şekil 4.4: E-ticaret tedarik zinciri yapısı……..……...52
Şekil 6.1: Perakendeci müşteri sayısının artmasının perakendeci ve tedarikçi riski üzerine etkisi. ……..72
Şekil 6.2: Perakendeci müşteri sayısının artmasının üretici riski üzerine etkisi…..73
Şekil 6.3: Perakendeci müşteri sayısının artmasının artışının perakendeci fiyat riski ve gecikme riski üzerine etkisi……73
Şekil 6.4: Perakendeci potansiyel talep artışının perakendeci, üretici ve tedarikçi riskine etkisi……74
Şekil 6.5: Perakendeci potansiyel talep artışının üretici ve tedarikçi gecikme riskine etkisi. ……...74
Şekil 6.6: Tedarikçi planlanan stok artışının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi. ……...75
Şekil 6.7: Tedarikçi planlanan stok artışının üretici, tedarikçi ve perakendeci fiyat riskine etkisi. ……...75
Şekil 6.8: Üretici sipariş artışının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi...76
Şekil 6.9: Üretici sipariş artışının tedarikçi ve üretici gecikme riskine etkisi…....76
Şekil 6.10: Üretici sipariş artışının üretici fiyat riskine ve perakendeci gerçek talebine etkisi.……77
Şekil 6.11: Tedarikçi fiyat artırımının tedarikçi ve üretici fiyat riskine etkisi…….77
Şekil 6.12: Tedarikçi fiyat artırımının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi……..77
Şekil 6.13: Tedarikçi fiyat artırımının perakendeci gecikme riskine ve tedarikçi siparişine etkisi……..78
Şekil 6.14: Tedarikçi sevkiyatı azalmasının karşılanamayan siparişlere etkisi……...78
Şekil 6.15: Tedarikçi sevkiyatı azalmasının tedarikçi ve perakendeci riskine etkisi.....78
Şekil 6.16: Tedarikçi sevkiyatı azalmasının tedarikçi beklenen fiyatına etkisi…...79
Şekil 6.17: Tedarikçi gerçek talep artışının tedarikçi gecikme, tedarikçi kalite

riskine, tedarikçi riskine ve tedarikçi verilen siparişlere etkisi……..79
Şekil 6.18: Tedarikçi gerçek talep artışının üretici fiyat riskine, perakendeci fiyat riskine ve perakendeci kalitesizliği üzerine etkisi……80
Şekil 6.19: Tedarikçi stok kontrol zamanının planlanan stok düzeyine tedarikçi stok düzeyine ve perakendeci müşteri sayısına etkisi……...80
Şekil 6.20: Tedarikçi stok kontrol zamanının tedarikçi, üretici ve perakendeci beklenen fiyatına etkisi……..81
Şekil 6.21: Tedarikçi kalite standartlarının tedarikçi kalite riskine ve tedarikçi riskine etkisi……...81
Şekil 6.22: Tedarikçi kalite standartlarının üretici riskine ve perakendeci riskine etkisi……...82
Şekil 6.23: Tedarikçi kar payı artışının tedarikçi riskine ve müşteri sayısına etkisi…….....82
Şekil 6.24: Tedarikçi hedeflenen gecikmesinin tedarikçi gecikme riskine ve perakendeci riskine etkisi……..83
Şekil 6.25: Üretici sevkiyat oranının üretici fiyat riskine ve potansiyel talebine etkisi……...83
Şekil 6.26: Perakendeci stok kontrol zamanının üretici ve perakendeci riskine etkisi……...84
Şekil 6.27: Perakendeci stok kontrol zamanının perakendeci stok düzeyine ve fiyat riskine etkisi……...84
Şekil 6.28: Üretici risk analizi periyodunun üretici ve perakendeci riskine etkisi……...85
Şekil 6.29: Tedarikçi fiyat esnekliği değişiminin tedarikçi, üretici ve perakendeci fiyat riskine etkisi……..85
Şekil 6.30: Tedarikçi fiyat esnekliği değişiminin üretici ve perakendeci riskine etkisi……...86
Şekil 6.31: Sunucu geliştirme oranının azalmasının sunucu kapasitesine, potansiyel müşteriler ve potansiyel dağıtıcılar üzerine etkisi…….87
Şekil 6.32: Hammadde stoğu artışının tedarikçi beklenen fiyatına ve tedarikçi gecikme riskine etkisi……87
Şekil 6.33: Hammadde stoğu artışının potansiyel müşteriler üzerine etkisi……88
Şekil 6.34: Potansiyel müşteri oranını artışının müşteri siparişlerine etkisi……88
Şekil 6.35: Potansiyel müşteri oranını artışının dağıtıcı gecikme riskine dağıtıcı sunucu kapasitesine ve dağıtıcı kalitesizliği üzerine etkisi……89
Şekil 6.36: Potansiyel müşteri oranını artışının dağıtıcı fiyat riskine ve dağıtıcı gecikme riskine etkisi……...89
Şekil 6.37: Potansiyel müşteri oranını artışının tedarikçi fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi……..90
Şekil 6.38: Kalite elemanı alım oranının azalışının dağıtıcı kalite elemanı sayısına ve dağıtıcı kalite riskine etkisi…….90
Şekil 6.39: Kalite elemanı alım oranının azalışının tedarikçiden sevk edilen ürünler üzerine ve potansiyel müşteri sayısına etkisi…….90
Şekil 6.40: Tedarikçi fiyat değişim oranının tedarikçi fiyat riskine ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi……...91
Şekil 6.41: Tedarikçi fiyat değişim oranının potansiyel dağıtıcı sayısına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi……..91

Şekil 6.42: Tedarikçi fiyat değişim oranının tedarikçi beklenen fiyatına ve dağıtıcı değişken maliyetine etkisi…….91
Şekil 6.43: Tedarikçi siparişleri artışının tedarikçi fiyat riskine, tedarikçi gecikme riskine, tedarikçi kalite riskine ve tedarikçi üretim oranına etkisi…….92
Şekil 6.44: Tedarikçi siparişleri artışının dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi……92
Şekil 6.45: Tedarikçi potansiyel talep azalışının üretim oranına, tedarikçi bitmiş stoğuna etkisi…….93
Şekil 6.46: Tedarikçi potansiyel talep azalışının tedarikçi gecikme riskine ve tedarikçi kalite riskine etkisi……..93
Şekil 6.47: Tedarikçi potansiyel talep azalışının tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi…….94
Şekil 6.48: Dağıtıcı hedeflenen gecikmenin dağıtıcı gecikme riskine ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi……...94
Şekil 6.49: Dağıtıcı hedeflenen gecikmenin dağıtıcı sayısına ve potansiyel müşteri oranına etkisi……..95
Şekil 6.50: Dağıtıcı stok kontrol zamanının dağıtıcı stok düzeyine dağıtıcı beklenen fiyatına ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi……...95
Şekil 6.51: Tedarikçi kalite düzeyinin potansiyel dağıtıcılar üzerine etkisi……96
Şekil 6.52: Tedarikçi kalite düzeyinin kalite riskine etkisi……..96
Şekil 6.53: Tedarikçi kar payı değişiminin tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı beklenen fiyatına, tedarikçi riskine ve dağıtıcı riskine etkisi……97
Şekil 6.54: Dağıtıcı risk periyodu değişiminin dağıtıcı sayısına, potansiyel müşterilere ve dağıtıcı beklenen fiyatına etkisi…….97
Şekil 6.55: Tedarikçi sevk yüzdesinin dağıtıcı beklenen fiyatına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi……98
Şekil 6.56: Dağıtıcı fiyat hassasiyetinin dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşteri oranına etkisi……..99
Şekil 6.57: Tedarikçi fiyat hassasiyetinin tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı beklenen fiyatına ve dağıtıcı riskine (%) etkisi…….....99
Şekil 6.58: Tedarikçi fiyat hassasiyetinin potansiyel dağıtıcı oranına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi……..100

GELENEKSEL VE E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNİN SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMIYLA MODELLENMESİ

ÖZET

Son yıllarda genişleyen pazarlarla beraber artan verimlilik çalışmaları sebebiyle firmalar kendilerine katma değer sağlayacak süreçlere odaklanmaya başlamışlardır. Bu bakımdan firmaların lojistik faaliyetleri hammaddenin tedarikçisinden son tüketiciye kadar bütünleşik bir yaklaşımı gerektirir. Sağlıklı bir birleşme için de firmaların ortak hedefleri ve görevleri beraber başarmaları ve ortak fayda sağlamaları gerekmektedir. Tek bir firmanın değil, tüm zincirin karını maksimize ederek zincirin her halkasındaki bilgi ve materyal akışını yönetecek yeni bir paradigma olan tedarik zinciri yönetimini uygulayan firmaların üretimden sağladıkları başarı ve kazanımların dikkat çekmesiyle başka firmalar da müşteri taleplerini karşılamak için kendi zincirlerini optimize etmeye çalışmaktadırlar. Bu en iyileme aşamasında birbirinden bağımsız firmalar kararlarını, zincirin diğer elemanlarının kararlarına göre etkileşim içinde vermek mecburiyetindedirler.

Birden çok firmanın satış, pazarlama, üretim gibi çekirdek ve kritik fonksiyonlarının koordinasyonlarının sağlanması, tedarik zinciri sistemine dinamizm kazandırmaktadır. Bu dinamizmin en önemli sebepleri, zincir içindeki belirsizlikler (ürün yaşam döngülerinin kısalması, sürekli değişen ürün yelpazesi), zincirdeki fazla sayıda kısıt ve değişkenler, zincirin etkileşim içinde olduğu dış çevredeki değişimler (küresel pazardaki rekabetler, talepteki değişimler), müşteri ihtiyaçlarındaki değişimler ve müşteri beklentileri olarak gösterilebilir. Bu noktada tedarik zincirinde kritik rol oynayan belli parametrelerin kontrolünü sağlamak, zincirin devamlılığı açısından oldukça önemlidir.

Tedarik zincirinin karmaşık yapısı ve işleyişi, belirsizlikleri arttırmakta, artan belirsizlik de hem firmaların kaynak kullanımlarını ve verimliliğin takibini, hem de ürün arz etme süreçlerini zorlaştırmaktadır. Zincirde belirsizlikleri saptamada kritik rol oynayan parametrelerin takibi, firmaların tedarik zinciri performanslarını olumlu yönde etkileyecektir.

Firmaların tedarik zincirindeki anahtar performans ölçütlerinin kontrolü ve bu ölçütler doğrultusunda zincirle ilgili karar verme ve düzeltme süreçlerine tedarik zinciri risk yönetimi denilmektedir. Günümüzde firmaların, planlama ve kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirmesi için tedarik zinciri risk yönetimine ihtiyaçları vardır. Değişen çevre koşullarına adaptasyon, son yıllarda tedarik zincirinde asıl odaklanılan konu olmaktadır. Dolayısıyla tedarik zincirindeki operasyon, organizasyon ve tedarik zinciri tasarımı tümüyle değişken faktörlere kendini adapte edecek şekilde olmalıdır. Bu nedenle takip edilecek performans ölçütlerinin doğru belirlenmesi, bu ölçütler ile kararların uygulanması veya değiştirilmesi gerekmektedir; firmalarda tedarik zincirlerinde risk yönetiminin uygulanması gerekliliği açıktır.

Bu çalışmanın amacı, geleneksel tedarik zinciri yönetimine sahip şirketlerle e-ticaret usulü çalışan şirketlerde uygulanacak risk yönetimi sistemlerini karşılaştırmak ve sistem değişkenlerinin birbiriyle etkileşiminin tüm tedarik zinciri risk yönetimi

sistemini nasıl etkilediğini sistem dinamiği yaklaşımı yardımıyla göstermektir. Bu sayede tüm zincirdeki firmaların birbirlerinin performanslarını değerlendirebileceği bütünleşmiş bir yapı ortaya çıkmaktadır; bu da firmalar arası eşgüdümü arttırarak esnek ve verimli bir zincirin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca risk yönetimi sisteminin işleyişinin ortaya konmasıyla firmalarda kolektif karar alma ve uygulama için kurulacak karar destek sistemlerinin altyapısı oluşturulabilir.

TRADITIONAL AND E-COMMERCE SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT SIMULATION FROM SYSTEM DYNAMICS PERSPECTIVE

SUMMARY

Risk management has become a significant issue for enterprises due to the increasing global trading. In this constantly changing economic environment, it could be very hard to focus on a specific purpose and monitor the entire supply chain with right performance criteria. Thus, many of the enterprises fail to cope with sudden changes in the whole chain. This thesis describes possible supply chain risk stages in which both physical objects and information are taken into account by considering the whole supply chain elements.

Supply chain management is a continuous and integrated process that begins with attaining the raw material and ends up the final customer's purchasing goods or final customer after-sales service. Hence, supply chain management includes not only suppliers, manufacturers and retailers own activities, but also the interactions and contentions between these elements. First of all, supply chain behavior is altering continuously in accordance with different players. For instance, supplier's main objective for selling raw material or semi-finished product is to make a better profit while the manufacturer aims to take the material in a cheap way. In addition to the diverse purposes, supply chains are affected from the realities of world events that cause uncertainties. External factors such as tax regulations, high inflation rates, final customer demand etc. give rise to indefiniteness and high risk potential in supply chains. To include all of the external and internal factors, supply chain management must consider the interactions between various supply chain phases supported with proper criteria.

In this dynamic environment, supply chain members should think about other supply chain members' decisions and make contacts about the coordination mechanism and external economic or environmental factors that could affect the whole chain. Therefore, some of the researches referred a centralized supply chain risk management model for accurate decision making. Besides that, risk management and defining risk performance criteria become a major element for supply chain activities. In this respect, they proposed a supply chain risk management concept consists of five components: Risk triggers, risk management factors, decision making characteristics, risk management responses and performance outcomes. They emphasized that aggregate risk comprise of node concentric risk and chain diversified risk that are combined with risk management activities. According to them, there is a necessity for activities that reduce flow in supply chain management should be controlled and corrected simultaneously. It is also described uncertain parameters in supply chain such as demand, supply, processing, transportation, lack of material and capacity. Other risk factors could be financial risk, backlogged risk, overstock and out of stock risk and foreign indebtment risk. Risk control parameters were remarked as resource, lead time, capacity and inventory level. In accordance with this view, supply chain risk consists of five factors: delivery lateness, price could be above expectations, quality failures, confidence and flexibility problems.

Models used for various purposes in the literature generally utilized different optimization tools such as linear programming, stochastic modeling, ANP, SOM and deterministic modeling. Because of the shortcoming of interpretation of the results, they do not provide sufficient information about system behavior. Additionally, some of the authors are also mentioned that there is a lack of the models that discuss interactions among the risk components should be viewed. Due to the emerging and dynamic virtual relations between supply chain members, models should acquire sudden changes and provide continuous monitoring. From the point of this dynamic view, mathematical models that formulize supply chain could not cope with the difficulties about instant variations and continuous monitoring of the entire system. In addition to the static structure, interactions and variations could not be shown in the mathematical modeling. Therefore, models such as system dynamics, agent-based simulation and case based reasoning are more suitable for determining causal relationships and control parameters' effects on system behavior.

In recent years, supply chain management progresses to effective management approach regards instable external factors and interactions among them rather than supply chain planning. The main question is how key performances interact with each other and how these interactions affect the whole system. From this point of view, risk management and assessment for supply chains becomes significant. With respect to the literature reviews, there is a need and absence of companies' overall risk level evaluation in the literature. This thesis focuses on showing the most non-negligible risk factors of the entire supply chain that consists of three tiers: supplier, manufacturer and retailer. In addition to this, relationships among the risk factors are presented by system dynamics approach comprises of causal loop diagram and stock-flow diagram by synthesizing of previous studies. Frameworks of system dynamics application for traditional supply chain could be found in Campuzano and Mula (2011), Sterman (2000) and Forrester (1961).

In supply chain risk management, simulation model should reflect actual structure of the supply chain to control the performance variables. However, supply chain risk model formulation is hard to understand, reserves lots of variables which may lead neglects about major points of the basic structure. Inadequacy in modeling dynamic demand and various units of control parameters, discrete event simulation could not be useful. Because of the main focus of this paper is to present entire supply chain risk management system operations and complex interactions between variables, system dynamics is one of the most appropriate method for modeling supply chain risk management with agent based simulation. By using system dynamics, causal relations between risk factors and parameters could be visually described and while formulizing the model, mathematical equations could be represented without skipping any detail. In addition to visualization, model could be reusable for various alternative conditions. More detailed model could be brought out for complex systems because of system dynamics flexibility. These capabilities could make risk evaluation process easier and computational time would be shortened with assumptions. System could also reorganize disruptive events automatically by utilizing feedbacks. Associated with predefined performance criteria, how supply chain risk system behavior occurs in which conditions could be foreseen for strategic decisions as well as sensitivity analysis and harmonic working of supply chain could

be screened. From information, money, material, order and labor flow, critical control factors and uncertainties of the model components could pursuit.

Developed model in this thesis purposed to combine various risk factors come from literature with final chain risk. Model includes delays risk, quality risk and price fluctuation risk as total stage risk. Like in the previous papers, delays risk means not to satisfy customer needs on time. Besides, quality risk indicates that supplier could not send the finished goods in keeping with customer requirements. Finally, price fluctuation risk is the difference between expected price and actual price. As distinct from former studies, this model involves service level as a main indicator of total stage risk.

Although observable advantages of the system dynamics, there are also disabilities for modeling process. For example, if model boundary could not be specified correctly, results could change considerably. Additionally, developer should decide where and when customer test model, because sometimes, model validation could not be provided in certain areas. Furthermore, time period and unit mismatch are significant for model parameters. Hence, model hardly depends on specialization.

In modeling process, system dynamics approach is applied by the virtue of the dynamic structure of the supply chain. The conceptual model consists of three tiers of critical decision making elements in both traditional and e- commerce supply chain; the supplier, the manufacturer and the retailer. In modeling process, system dynamics approach is applied by the virtue of the dynamic structure of the supply chain. The conceptual model consists of three tiers of critical decision making elements in both traditional and e- commerce supply chain; the supplier, the manufacturer and the retailer. The purposed model mainly focuses on the development of risk management in supply chain critical parts that were determined by Forrester (1961) and Campuzano and Mula (2011). Forrester (1961) analyzed four supply chain elements: manufacturer, distributor, retailer and wholesaler. In spite of Forrester, Campuzano and Mula (2011) only investigated manufacturer and retailer level. This paper is interested in both supply and demand side: supplier, manufacturer, retailer and final customer. In this respect, all critical parts of supply chain could be observed. Total supply chain risk is a cumulative sum of supplier, manufacturer and retailer side risks. In other words, chain risk depends on retailer total risk score, retailer risk is related to manufacturer total risk and manufacturer risk is affected from supplier risk. Using this approach, risk management in enormous and complex supply chain could be implemented more effectively and sources of the problems might be better determined.

With interactions between system variables, model intends to optimize the minimization of different kinds of risk and maximization of the entire system performance.

1. GİRİŞ

Tedarik zinciri yönetimi, hammaddeyi kaynağından alma, onu üretimde kullanma ve müşteriye ulaştırma amacı ile dağıtım ve satış sonrası hizmetleri oluşturan süreçlerin tümünü içermektedir (Lee ve diğerleri, 2002). Son yıllarda genişleyen pazarlarla beraber artan verimlilik çalışmaları sebebiyle firmalar kendilerine katma değer sağlayacak süreçlere odaklanmaya başlamışlardır. Bu bakımdan firmaların lojistik faaliyetleri hammaddenin tedarikçisinden son tüketiciye kadar bütünleşik bir yaklaşımı içerir (Giannoccaro, 2011). Sağlıklı bir bütünleşme için de firmaların ortak hedefleri ve görevleri beraber başarmaları ve ortak fayda sağlamaları gerekmektedir (Öztemel ve Tekez, 2009). Tek bir firmanın değil, tüm zincirin karını maksimize ederek zincirin her halkasındaki bilgi ve materyal akışını yönetecek yeni bir paradigma olan tedarik zinciri yönetimini uygulayan firmaların üretimden sağladıkları başarı ve kazanımların dikkat çekmesiyle başka firmalar da müşteri taleplerini karşılamak için kendi zincirlerini optimize etmeye çalışmaktadırlar (Akanle ve Zhang, 2008). Bu en iyileme aşamasında birbirinden bağımsız firmalar kararlarını, zincirin diğer elemanlarının kararlarına göre etkileşim içinde vermek mecburiyetindedirler (Öztemel ve Tekez, 2009).

Birden çok firmanın satış, pazarlama, üretim gibi çekirdek ve kritik fonksiyonlarının koordinasyonlarının sağlanması, tedarik zinciri sistemine dinamizm kazandırmaktadır. Bu dinamizmin en önemli sebepleri, zincir içindeki belirsizlikler (ürün yaşam döngülerinin kısalması, sürekli değişen ürün yelpazesi), zincirdeki fazla sayıda kısıt ve değişkenler, zincirin etkileşim içinde olduğu dış çevredeki değişimler (küresel pazardaki rekabetler, talepteki değişimler), müşteri ihtiyaçlarındaki değişimler ve müşteri beklentileri olarak gösterilebilir (Mele ve diğerleri, 2007). Bu noktada tedarik zincirinde kritik rol oynayan belli parametrelerin kontrolünü sağlamak, zincirin devamlılığı açısından oldukça önemlidir (Wang ve diğerleri, 2009).

Tedarik zincirinin karmaşık yapısı ve işleyişi, belirsizlikleri arttırmakta, artan belirsizlik de hem firmaların kaynak kullanımlarını ve verimliliğin takibini, hem de ürün arz etme

süreçlerini zorlaştırmaktadır. Zincirde belirsizlikleri saptamada kritik rol oynayan parametrelerin takibi, firmaların tedarik zinciri performanslarını olumlu yönde etkileyecektir.

Firmaların tedarik zincirindeki anahtar performans ölçütlerinin kontrolü ve bu ölçütler doğrultusunda zincirle ilgili karar verme ve düzeltme süreçlerine tedarik zinciri risk yönetimi denilmektedir (Giannakis ve Louis, 2011). Günümüzde firmaların, planlama ve kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirmesi için tedarik zinciri risk yönetimine ihtiyaçları vardır. Değişen çevre koşullarına adaptasyon, son yıllarda tedarik zincirinde asıl odaklanılan konu olmaktadır. Dolayısıyla tedarik zincirindeki operasyon, organizasyon ve tedarik zinciri tasarımı tümüyle değişken faktörlere kendini adapte edecek şekilde olmalıdır (Özbayrak ve diğerleri, 2007). Bu nedenle takip edilecek performans ölçütlerinin doğru belirlenmesi, bu ölçütler ile kararların uygulanması veya değiştirilmesi gerekmektedir, bu bakımdan firmalarda tedarik zincirlerinde risk yönetiminin uygulanması gerekliliği açıktır (Giannakis ve Louis,2011).

Geçmişte yapılan çalışmalara göz atıldığında, tedarik zinciri risk yönetimi adına yapılan çalışma sayısı oldukça azdır; buna karşın tedarik zinciri risk yönetiminin alt aşamaları olan talep yönetimi, üretim akış yönetimi, satın alma yönetimi gibi konularda yapılan çalışmalar oldukça fazladır. Önerilen modellerde genelde tam sayılı modelleme, stokastik modelleme gibi matematiksel modelleme araçları kullanıldığı görülmektedir (Azadeh ve Alem, 2010). Bu modeller oldukça iyi (en iyiye yakın) sonuçlar vermekle beraber sadece üretici, tedarikçi veya tüketiciye ayrı ayrı odaklanmışlardır. İncelenen sistemler genelde depo-stok yönetimi, kapasite ve maliyetle ilgili durağan davranış gösteren sistemlerdir. Ancak literatürde bu alanda pek çok çalışma yapan yazarların da vurguladığı nokta, statik tedarik zinciri değişkenlerini modellemek değil, dış belirsizlik altında olan dinamik tedarik zinciri değişkenlerinin sürekli takip ve etkin kontrol için dinamik olarak modellenmesidir. Bunun yanı sıra tüm tedarik zinciri sisteminin nasıl davrandığını görebilmek içinse tüm sistem elemanlarını hesaba katarak bütünleşik bakış açısıyla modelleme gereklidir (Wang ve diğerleri, 2009).

İyi bir tedarik zinciri risk yönetimi, tedarik zinciri elemanları olan tedarikçi, üretici ve perakendeci-dağıtıcı arasındaki etkileşimi ve dinamizmi doğru kontrol etmekle mümkündür. Bu açıdan bakıldığında, tedarik zinciri risk yönetimi sistemini incelemeye

en yatkın araç simülasyon modelleme olarak görülebilir. Tedarik zinciri risk yönetimi sistemi firmaya kurulmadan sistemin performansı test edilmek isteniyorsa simülasyon modelleme yaklaşımı diğer modelleme araçlarına göre bir adım öne çıkmaktadır. Çünkü bu yaklaşım, tedarik zincirinde yapılan değişimler gerçek sisteme uygulanmadan sistem davranışının incelenebilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca tedarik zincirinin belli varsayımlar altında matematiksel formüllerle modellenmesi oldukça zor ve karmaşıktır; sistemde çok fazla değişken, durum ve parametre bulunmaktadır (Georgiadis ve diğerleri, 2004). Simülasyon modelleme yaklaşımıyla üst düzey matematiksel formülasyon yapmadan da tedarik zinciri performansını etkileyecek parametreler neden sonuç ilişkisi içinde değerlendirilebilir. Bu neden sonuç ilişkisinin yanı sıra zaman ölçekli kontrol risk yönetiminde kritik olduğundan, incelenecek sistemin performans değerlerinin zaman ölçekli takibi diğer modelleme araçlarına nazaran simülasyon yaklaşımıyla daha iyi yapılabilir. En önemlisi de, tedarik zincirinin dinamik yapısı, değişkenler ve bunların birbirleriyle etkileşimi ve girdi değişkenleri veya model yapısı değiştirilerek çıktı değişkeninin nasıl değiştiği (duyarlılık analizi) simülasyon tekniği ile en rahat şekilde gösterilebilir. Bunlarla beraber, modellenecek sistemi diğer modelleme araçlarına göre daha görsel ve anlaşılır şekilde anlatmak mümkündür (Campuzano ve Mula, 2011, Bölüm 1).

Bu çalışmada simülasyon modelleme tekniklerinden sistem dinamiği yaklaşımı ile geleneksel ve e-ticaret tipi tedarik zinciri risk yönetimi sistemi incelenmiştir. Simülasyon tekniklerinden dinamik yapıları temsil etme yeteneği en yüksek olduğu araçlardan biri olan sistem dinamiği yaklaşımıyla tedarik zincirindeki bilgi, sipariş, materyal, para ve çalışan akışı etkili şekilde modellenebilir. Karmaşık bir sistem olan tedarik zincirinin daha alt bileşenlerine bölünerek incelenmesi risk yönetimi açısından etkililiği arttıracağından, sistem dinamiği ile modelleme analiste avantaj sağlamaktadır. Geri besleme mekanizmalarıyla sistem içinde oluşan değişimler, bir diğer değişkeni etkilemekte ve sistem durumu sürekli değişmektedir; bu da değişkenler arası etkileşimleri, sistemdeki gecikmeleri ve sorunları göstermektedir. Ayrıca sistem dinamiği yaklaşımıyla tedarik zinciri risk yönetiminin çok bileşenli yapısı bütünsel bakış açısıyla incelenebilir (Özbayrak ve diğerleri, 2007).

Bu çalışmanın amacı, geleneksel tedarik zinciri yönetimine sahip şirketlerle e-ticaret usulü çalışan şirketlerde uygulanacak risk yönetimi sistemlerini karşılaştırmak ve sistem

değişkenlerinin birbiriyle etkileşiminin tüm tedarik zinciri risk yönetimi sistemini nasıl etkilediğini sistem dinamiği yaklaşımı yardımıyla göstermektir. Bu sayede tüm zincirdeki firmaların birbirlerinin performanslarını değerlendirebilecek bütünleşik bir yapı ortaya çıkmaktadır; bu da firmalar arası koordinasyonu arttırarak esnek ve verimli bir zincirin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca risk yönetimi sisteminin işleyişinin ortaya konmasıyla firmalarda kolektif karar alma ve uygulama için kurulacak karar destek sistemlerinin altyapısı oluşturulabilir.

Geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi elemanları birbirinden farklı olmakla beraber geleneksel yapı için tedarikçi, üretici, perakendeci ve son müşteri olarak düşünülmüş; bileşenleri de kalite riski, geç teslimat riski ve fiyat dalgalanma riski olarak belirlenmiştir. E-ticaret tedarik zinciri işleyişi gelenekselden farklı olarak sadece tedarikçi, dağıtıcı firma ve son müşteri olarak düşünüldüğünden risk faktörleri e-alışveriş sisteminin bilgi gecikmesi riski, geç teslimat riski, fiyat değişim riski ve kalite riski olarak ele alınmıştır.

Kurulan sistem dinamiği modeliyle;

1. Tedarik zinciri risk yönetimi sistemi ve risk ana bileşenleri
2. Tedarik zinciri risk yönetimi performans değişkenleri, girdi ve çıktı değişkenleri
3. Tedarik zinciri risk yönetimi bileşenleri arasındaki ilişkiler ve yardımcı değişkenler
4. Tedarik zinciri risk yönetimi sistemi geri besleme (feedback) yapıları

gösterilerek geleneksel ve e-ticaret sistemlerinin ayrı ayrı işleyişi ve bu iki sistem arasındaki farklar incelenmiştir.

2. TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ

2.1 Geleneksel Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi, hammaddeden yarı ürüne, ürüne veya hizmete geçişi sağlayan iş süreçlerinin, insanların, organizasyonların, teknolojinin ve fiziksel altyapının müşteri istekleri ve beklentilerini karşılayacak doğrultuda düzenlenmesi, geliştirilmesi ve birbiriyle koordinasyon içinde işlemesi süreçlerinin tümüne denilmektedir (Campuzano ve Mula, 2011, Bölüm 6). Bu bakımdan tedarik zinciri yönetimi, malzeme ve bilgi akışının hem tesis içindeki hem de satıcı, tedarikçi, dağıtıcı gibi tesis dışındaki yönetimi olarak anlaşılmaktadır (Kazemi ve Zarandi,2008). Azadeh ve Alem (2010) de tedarik zinciri yönetimini "bireysel ihtiyaçları da hesaba katarak tüm zincirin performansını geliştirmek için bağımsız kurumların koordinasyonu" olarak tanımlamıştır. Tedarik zinciri yönetimiyle fabrikalar kendi tedarikçileri ve müşterileriyle bütünleşik şekilde düşünür ve tek bir varlıkmış gibi yönetilir; bu şekilde servis veya ürün bilgisi girdi çıktı akışıyla doğru zamanda doğru yerlere ulaşır (Mele ve diğerleri,2007).

Tedarik zinciri yönetimi üç farklı şekilde değerlendirilmelidir;

- **Stratejik düzey:** Tedarik zinciri dizaynı, tedarik zinciri optimal düzeni gibi uzun sürede etkisi görülecek kararları içerir.
- **Taktiksel düzey:** Satın alma, üretim, stok düzeyi ve stok politikaları gibi orta vadede sonuçları gözlenecek kararları içerir.
- **Operasyonel düzey:** Kamyon yükü dağıtma, çizelgeleme, tedarik süresi kotalama gibi etkisi kısa sürede fark edilecek kararları içerir (Mele ve diğerleri, 2007).

Tedarik zinciri yönetiminin bu üç karar düzeyini de uygulayan temelde üç, faaliyet gösteren sektöre göre de üç veya daha fazla elemandan oluşan bir ağ yapısına sahip olduğu bilinmektedir. Bu ağ yapısı aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- **Tedarikçi**: Hammaddeyi doğadan ya da kendisinin bulduğu bir sağlayıcıdan bulan, bunu kendi süreçleriyle işlenmiş hammaddeye ya da yarı mamule dönüştüren tedarik zincirinin en temel ve başlangıç elemanıdır.
- **Fabrika**: Tedarikçiden sağladığı hammaddeyi veya yarı mamulü kendi imkânları dâhilinde ürüne veya sonraki aşamalarda kullanacak yarı mamule dönüştüren elemandır. Kendinden sonraki elemanın taleplerini kendi tahminleri, stok yönetimi ve tedarik süresi çerçevesinde karşılarlar.
- **Perakendeci (mağaza) ve dağıtıcı:** Son müşteri veya tüketici taleplerini, hangi fabrikadan veya dağıtım merkezinden ne kadar sürede alınıp müşteriye sevk edileceğini belirleyen elemandır. Fabrika ve dağıtım merkezini belirlerken tedarik süresi, alınacak miktar, fabrika veya dağıtım merkezi kapasitesi ve performansını göz önüne alarak seçim yapar.
- **Müşteri:** Diğer dağıtım merkezi, perakendeci (bayi) veya mağazalara satın alma siparişi verir. Müşteri kendi perakendecisini veya dağıtım merkezini belirlerken satın alacağı miktara, tedarik süresine, fiyatına ve gecikmelere bakarak karar verir (Longo ve Mirabelli, 2008).

Bu elemanlardan oluşan farklı tedarik zinciri yapıları bulunmaktadır; tedarik zinciri yapısı geleneksel ise tedarik zinciri kabaca şu şekilde işler: Perakendeci veya dağıtıcıya müşteri siparişi gelir ve talep kaydedilir. Talep doğrultusunda perakendeci veya dağıtıcı deposu kontrol edilir, talebin karşılanıp karşılanamayacağı veya talebin ne kadarının karşılanabileceği belirlenir. Karşılayamadığı talepler ile yeni bir talep tahmini yapar; bu tahminleri fabrikaya iletir. Fabrika da bu taleplere ve kendi talep tahminine göre üretim planını hazırlar; bu planı uygulamak üzere kapasite, teknoloji, kalite gibi faktörlere göre hammadde sağlayıcısını (tedarikçisini) seçer. Tedarikçi de üreticinin (fabrikanın) ve diğer üreticilerin taleplerini karşılamak üzere sevk edeceği hammaddeyi araştırır, kendisi üretim yapıyorsa fabrika tarafından kullanılacak yarı mamulü üretir (Longo ve Mirabelli, 2008).

Tedarik zinciri yapısı elemanları azaltılmış (reduced) yapıdaysa tedarik zinciri sistemi geleneksel tedarik zinciri gibi işlemektedir; ancak zincir geleneksel yapı kadar uzun değildir, zincirin bazı elemanları sağlıklı iletişim amacıyla elimine edilmiştir. Örneğin geleneksel zincirde tedarikçi, üretici, dağıtıcı-perakendeci ve müşteri varken, azaltılmış

zincirde tedarikçi, üretici ve müşteri bulunur. Bu sayede kısa zamanda ve sağlıklı bilgi paylaşımı hedeflenmiştir (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 6).

EPOS (electronic point of sale) tipi tedarik zincirindeyse tüm tedarik zinciri elemanları son müşterinin talebini talep tahmini olarak değerlendirir. Ayrıca bilgisayara eklenen bir ek donanım ile sipariş verme, stok durumunu izleme ve satın alma-ödemeler kolaylaşmaktadır. Bu müşteri odaklılık açısından olumlu olsa da, talep dalgalanmalarının takibi açısından dalgalanmaların takibinde problemler yaratmaktadır (Croson ve Donohue, 2003).

VMI (Vendor managed inventory) tipi tedarik zinciri sisteminde ise sistemdeki elemanlar kendi müşteri ve tedarikçilerine kendi stok seviyesini, talebini, kapasite bilgilerini eşzamanlı olacak şekilde iletir. Bu bakımdan üretici, dağıtıcının siparişlerini karşılamak zorundadır. Bu bilgi paylaşımı belirli bir protokolde anlaşılarak yapılır. Talep planlama ve stok kontrolü beraberce yürütülür. Katılımcı planlama, tahmin ve düzeltme faaliyetleri ile tüm tedarik zincirinin bütünleşmesi sağlanır, zincirin maliyetleri düşer (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 7). Bu tedarik zincirinin en güzel örneğini Wal-Mart'ta görebiliriz.

Tedarik zincirinde amaç olabilecek en az maliyetle ve söz verilen teslimat zamanında en son müşterinin ihtiyaçlarını karşılamaktır. Bu bakımdan tedarik zinciri yönetimi bir yapılandırma problemidir; belli bir periyotta, minimum maliyetle, maksimum güvenirlikle, belli kalitede ve gelecekteki değişimlere esnek bir tedarik zinciri yapısı oluşturmak tüm zincirin ortak amacıdır (Akanle ve Zhang, 2008). Pazarlama, satış, dağıtım, planlama gibi firmanın birbirinden bağımsız çalışan ve farklı amaçları gerçekleştiren ana alt fonksiyonları bu ortak amacı gerçekleştirmek için bütünleştirilmelidir (Kaihara, 2003). Bu bakımdan tedarik zinciri yönetiminde aşağıdaki görevler hedeflenen sektöre göre zincir elemanlarınca beraber karar verilerek yerine getirilmelidir:

- **Tedarik zinciri üyelerinin belirlenmesi:** Ana firmanın (fabrikanın) doğrudan veya dolaylı olacak şekilde zincirdeki bilgi, materyal, para vb. akışını sağlayan veya bu akışa yardım eden firma ve kurumlarının belirlenmesi zincirdeki verimliliğin ve işleyişin takibi bakımından en önemli aşamadır. Tedarikçiler, yan sanayi, beraber çalışılacak banka vb. tüm tedarik zinciri üyeleri belirlenmelidir.

- **Tedarik zinciri iş süreçlerinin belirlenmesi:** Tedarik zinciri elemanları belirlendikten sonraki aşama, bu elemanların beraber yapacakları iş süreçlerinin saptanmasıdır. Bu süreçler en temel haliyle aşağıdaki gibidir:

  Müşteri ilişkileri yönetimi: Müşteri istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu doğrultuda zincirde müşteriyi rahatsız edecek hataların yönetilmesini içermektedir.

  Talep yönetimi: Tedarik zinciri yönetimi, müşteri talep ve tepkilerinde meydana gelecek değişimlere esneklik sağlayacak yapıda olmalıdır. Bunun için, sistemdeki tüm elemanlar kendi tahminlerini ortak parametrelere göre yapmalıdırlar.

  Sipariş yönetimi: Zincirdeki elemanların birbirlerine verecekleri hammadde, yarı mamul veya bitmiş ürünün miktarı, kalitesi ve temin süresi konularında anlaşmaya varmış olmalarıyla zincirin verimliliği artacak, maliyetler düşecek ve planlama kolaylaşacaktır. Kazan- kazan (win-win) politikasıyla tedarikçi ve perakendeci-dağıtıcı firmalarla uzun vadeli ve stratejik ortaklıklar kurulmalıdır.

  Üretim yönetimi: Üretim, depolama ve sevkiyatı içerir. Fabrika veya tedarikçinin hazırladığı üretim çizelgeleri, arz ve talep dengesini sağlayacak şekilde olmalı, fazla ve eksik stoktan kaçınılmalıdır. Ayrıca değişimlerden en az etkilenecek üretim çizelgesi oluşturulurken geçmiş üretim ve satış verilerinden faydalanılmalıdır.

  Ürün geliştirme: Üretici firma tedarik zinciri müşteri ilişkileri yönetimiyle koordineli olarak çalışmalı; müşteri isteklerine uygun ürünü veya hizmeti, nihai müşteri ve perakendeci-dağıtıcı firmalarla iletişim kurularak geliştirilmeli, tedarikçi firmaların bu ürün için gerekecek fiziksel altyapıdaki değişimleri minimum maliyetlerle oluşturulmalıdır.

  Tersine Lojistik: Verimliliğin artışı ve yeni uygulanacak tedarik zinciri projeleri için tedarik zincirindeki her bir elemanın iş süreçlerinin akışının değerlendirilmesi, gereksiz süreçlerin elenmesini kolaylaştıracak, bu sayede zincirde ürüne veya hizmete katma değer sağlayacak süreçlere odaklanılacak, bu da zincirdeki maliyetleri azaltacaktır (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 5).

2.2 E- ticaret Tedarik Zinciri Yönetimi

E-ticaret, organizasyonel ve bireysel amaçlar için iş süreçlerinin internet yoluyla yürütülmesidir. Pazarlama, satış ve dağıtım gibi bazı tedarik zinciri iş süreçlerinin internet siteleri, dokunmatik ekran, e-mail aracılığıyla olması sebebiyle işlem süreleri kısalmakta, ürün ve servisler dünyanın her yerine ulaştırılabilmektedir.

E-ticaretin bu kadar yaygınlaşmasının en önemli nedeni bilgisayar ağlarının hem tüketici hem de firmalarca küresel platformda kullanılabilir olmasıydı. Bu sayede satış ve ürün bilgileri gibi müşterilerin satın alma davranışını etkileyecek bilgiler küresel platformda paylaşılabilir duruma gelmiş, bu da müşterilerin ve diğer firmaların bilinçlenmesine olanak sağlamıştır (Gunasekaran ve diğerleri, 2002).

E-ticaretin ekonomik getirileri Liang ve diğerlerine (2012) göre aşağıdaki gibidir:

- Tedarik zinciri için kritik öneme sahip uzaklık ve zaman farkını devre dışı bırakmaktadır.
- Dağıtım ve dönüşüm maliyetleri azalmaktadır.
- Ürün geliştirme sürecini hızlandırmıştır.
- Satıcı ve alıcılar için bilgi paylaşımını arttırmıştır.
- Değişik coğrafyalardan tedarikçi ve müşterilerin bulunmasını kolaylaştırmıştır.

E-ticaretin bu kolaylıkları, tedarik zinciri yönetimini de etkilemiştir. Tedarik zincirinde üretim, pazarlama ve satın alma gibi iş süreçlerinde sağladığı kolaylık ve iyileştirmeler günümüz rekabet koşullarında firmalara avantaj sağlamaktadır. Çizelge 2.1'den de bu olumlu etkiler görülebilir (Gunasekaran ve diğerleri, 2002).

E-ticaret tipi tedarik zincirinde işleyiş geleneksel tedarik zinciri gibi olmakla beraber, üretici siparişi internet kanalıyla direk müşteriden (B2C) veya diğer firmalardan (B2B) alır. Bu sayede firmalar daha önceden sadece belli bir pazara hizmet verirken dünyanın her yerinden satış yapabilir veya zaman ve yer kısıtı olmadan satın alma işlemi gerçekleştirebilirler. Bu sayede e-ticaret tedarik zinciri kısalmış, tedarikçi üretici gibi davranmaya başlamış ve zincir tedarikçi-dağıtıcı-müşteri olarak değişmiştir.

Tedarik zincirinin planlanması ve düzenlenmesi yukarıdaki süreçlerden de görüldüğü üzere stratejik düzeyde karar almayı gerektirir. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminin,

müşteri memnuniyetini arttıracağı gibi tüm zincirin toplam karlılığını arttıracağı açıktır (Georgiadis ve diğerleri,2004).

Çizelge 2.1: Tedarik zinciri süreçleri (Gunasekaran ve diğerleri, 2002).

Üretim süreçleri	**Pazarlama süreçleri**	**Satın alma süreçleri**
Kitle üretimi JIT gibi talep odaklı yönetime çevrilmiştir. İstenen zamanda ve yerde üretim mümkün hale gelmiştir.	İnternet üzerinden pazarlama yapıldığından firmaların pazarlama için katlandıkları bina, teçhizat vb. bulundurma zorunluluğu ortadan kalkmıştır.	EDI ile otomatik satın alma ve lojistik mümkündür.
Elektronik teklifle tedarikçiden hammadde alımı ve alt montajcıdan montaj için alınan ürün miktarı %15-% 20 daha ucuz ve %80 daha hızlı yapılmaktadır.	Pazarlama faaliyetleri için daha az eleman çalışmaktadır. Sadece satılacak ürün veya ürünlerin bulunduğu bir depoya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan yönetimden kaynaklanan maliyetler azalmıştır.	Satıcı ve alıcılar için yeni alternatifleri bulmak daha kolaydır.
ERP vb. kurumsal iş paketleriyle bütünleşmesiyle üretim planlamada ve sipariş vermede kolaylıklar sağlanmıştır.	Satış sonrası hizmet, nakit akışı ve gönderim işlemleri daha hızlıdır.	Ürün karşılaştırma rahatlığı olduğundan, gereksinimlere göre karşılaştırma ve en iyi ürün alternatifini seçmek kolaylaşmıştır.

Tedarik zincirinin planlanması ve düzenlenmesi yukarıdaki süreçlerden de görüldüğü üzere stratejik düzeyde karar almayı gerektirir. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminin, müşteri memnuniyetini arttıracağı gibi tüm zincirin toplam karlılığını arttıracağı açıktır (Georgiadis ve diğerleri,2004). Etkin bir tedarik zinciri yönetimi için Evans ve diğerleri (1998) tarafından önerilen kriterlere göre;

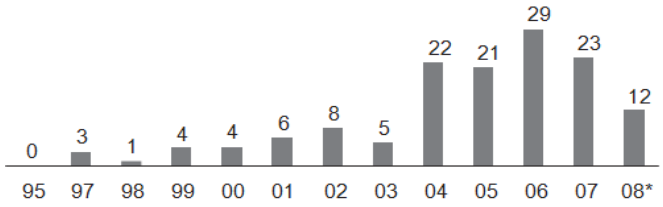
- Tedarik zincirine en uygun kontrol sistemi geliştirilmelidir (Kontrol sistemi prensibi)
- Değer getirmeyen zaman harcamaları en aza indirgenmelidir.
- Tedarik zinciri elemanlarının stok, üretim satış durumu gibi zincir için kritik öneme sahip bilgiler herkesçe paylaşılabilir ve görülebilir olmalıdır.
- Tedarik zincirin amaçlarını en kısa yoldan karşılayacak ve en az stokla hizmet verecek tedarik zinciri yapısı oluşturulmalıdır.
- Sipariş ve satın alma süreçleri senkronize edilmelidir.
- Üreticiler periyodik olarak yaptıkları makine bakım ve onarımıyla kullanılabilir kapasitelerini arttırarak verimlilik sağlayabilirler.

Buradan da anlaşıldığı gibi, günümüz küresel pazarlarına en iyi şekilde ayak uydurabilmek için tedarik zincirinde etkin kontrol şarttır. Artan rekabet, zincirdeki firmaların koordinasyon içinde çalışmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu zorunluluktan dolayı bilgi alışverişini kolaylaştıracak firmalar arası bilgi teknolojileri (SAP, ORACLE, SRM vb.) altyapıları oluşturulmuştur. Ancak firmalar gelişen bilgi teknolojileri altyapılarına rağmen çevredeki değişlikleri algılayıp, çevrenin gerekliliklerine uygun olarak faaliyet göstermesi gereken tedarik zincirlerini kontrol etmede zorluk çekmektedirler. Bunun sebebi olarak kontrol parametrelerinin doğru seçilmeyişi gösterilebilir (Chatzidimitriou ve diğerleri, 2008). Bu noktada son yıllarda ortaya atılan yeni bir kavram bulunmaktadır: Tedarik zinciri risk yönetimi.

2.3 Tedarik zinciri risk yönetimi

Günümüzde gelişen iletişim ağı ile firmalar kaynaklara ve müşterilere daha kolay ulaşabilmektedirler; bu da firmaların rakiplerine göre her geçen gün daha hızlı olmalarını gerektirmektedir. Bu rekabet ortamında müşteri isteklerine en hızlı cevap veren ve müşteri isteklerini en iyi koşullarda karşılayan firmalar rakiplerinin önüne geçmektedir (Narasimhan ve Talluri, 2009). Öte yandan bilgi teknolojilerinin de gelişimiyle bilgi ve veri paylaşımı artmıştır; müşteriler satın alacakları ürün hakkında daha çok araştırma yapmaya başlamış, bu sayede daha bilinçli ve beklentileri sürekli değişen müşterilerin sayısı artmıştır. Bu durum, gün geçtikçe değişen müşteri isteklerine esneklik isteyen ve her çevreye uyum sağlamak zorunda olan tedarik zinciri

yönetimindeki belirsizlikleri arttırmaktadır; çünkü bu müşteri odaklı tutum yeni kar potansiyelleri getirdiği gibi, firmaları risk almaya zorlamaktadır (Chatzidimitriou ve diğerleri, 2008). Çevrenin değişen yapısına ve gerekliliklerine uygun esnek bir yönetim anlayışına ihtiyaç duyulduğu açıktır (Ivanov ve diğerleri, 2012). İşte firmaların tedarik zincirinde ortaya çıkabilecek aksaklık, belirsizlik gibi zincirin toplam karlılığının azalmasına sebep olacak durumların erken tespitini sağlayan performans ölçütlerinin kontrolü ve bu ölçütler doğrultusunda zincirle ilgili karar verme ve düzeltme süreçlerine tedarik zinciri risk yönetimi denilmektedir (Giannakis ve Louis, 2011).



Şekil 2.1:Tedarik zinciri risk yönetimi yıllara göre yayın sayıları (Tang ve Musa, 2011).(2008 yılına kadar olan yayınlar dikkate alınmıştır.)

Literatürde farklı yıllarda farklı risk alanlarında çalışmalar yapılmıştır. Riskle ilgili çalışmalar öncelikle finans alanında ortaya çıkmış, 1995-1999 yılları arasında yalın üretim, tedarikçi seçimi gibi konulara daha çok ağırlık verilmiştir. 2000-2004 yıllarında riskin sadece finans alanında değil, tedarik zincirinin diğer operasyonel alanlarında da ortaya çıkabildiği fark edilmiş ve tedarik zinciri risk yönetimi ile ilgili çalışmalar artmaya başlamıştır. Yine aynı periyotta tedarik zincirinde ihtiyaç duyulan verilere ulaşmanın zorluğunun farkına varılmasıyla bilgi teknolojileri alanında da çalışmalar artmıştır. Son periyot olan 2005-2008 yılları arasında tedarik zinciri risk yönetimi alanı ile ilgili doğrudan yapılan çalışmalar olmuş ve özellikle tedarik zinciri çevre yönetimi ağırlık kazanmıştır (Tang ve Musa,2011).

Tedarik zinciri risk yönetimi anlayışının önemi büyük küçük pek çok firmanın yaşadığı sorunlarla da beraber her geçen gün artmaktadır. Tedarik zinciri uygulamalarında çığır açan Wal-Mart, 2011 yılı ile işbirliği yaptığı firmalarla yenilediği sözleşmelerle yangın, bozulma, güvenlik gibi kontrol edilmesi zor olan ve zincirde kayıplara sebep olan gelişmelere karşı önlemleri daha da arttırmıştır (URL-2).

Çizelge 2.2: Tedarik zinciri risk yönetimi akademik uygulama alanlarının yıllara göre dağılımı (Tang ve Musa,2011).

1995-1999	2000-2004	2005-2008
Operasyon stratejileri Finansal risk yönetimi	Operasyon stratejileri Tedarik zinciri elemanları yönetimi Bilgi yönetimi Politik ve kültürel uygulamalar Çevre yönetimi	Finansal risk yönetimi Operasyon stratejileri Çevresel bilgi yönetimi Düşük maliyetli ülkeler üzerinden üretim (outsourcing)

Dünya devi firmaların yaşadığı sorunlar da şaşırtmaktadır: Havayollarındaki gecikme sebebiyle Amerikan Havayolları'nda taşınan ilaç, et ve hayvan yemi gibi bozulabilecek ürünler toplatılmıştır. Oyuncak firması Mattel'in 21 milyon oyuncağını toplatması ve Japon devi Toyota'nın güvenlik gerekçeleriyle araçlarını geri çağırması da dikkat çeken diğer olaylardır. Boeing üretim çizelgesinde yaşadığı yığılma sebebiyle müşterilerine sipariş ettikleri uçakların 15 ay sonra verileceğini söyleyerek hayal kırıklığı yaratmıştır. Bu gibi örnekler bu büyük firmaların bile tedarik zincirlerinde üretim, satış, dağıtım gibi faaliyetleri kontrol etmede zorlandıklarını göstermektedir. Wilfrid Laurier Üniversitesi'nden Kevin Hendricks'in 1989-2000 seneleri arasında incelediği 800 firma ile yaptığı araştırmanın sonuçları çarpıcıdır. Aksaklık, geç veya eksik üretim, kalitesiz üretim gibi sorunların firmalara maliyetleri oldukça fazladır:

- Sorunların çıktığı yıldan itibaren üç yıllık süre içerisinde şirket ortaklarının şirket sermayesine katkıları %33 ile %40 arasında azalmıştır.
- Ürün veya hizmet fiyatları, yaşanan sorunların maliyetlerini kapatmak adına %13,5 oranında artmıştır.
- Operasyon gelirleri %107 azalmış, satışların geri dönüşümü %93 düşmüş, satış büyümesi %7 küçülmüştür (URL-1).

Görüldüğü gibi tedarik zincirinin herhangi bir halkasında meydana gelen bir sorun tüm zincirin performansı ve karlılığını etkilediği için, zincirin tüm elemanlarının beraberce yürüteceği bir kontrol mekanizmasının kurulması artık bir öneri olmaktan öte zorunluluk haline gelmiştir. Bu sorunların etkilerini en aza indirgemek için zincirdeki firmaların öncelikle sözleşmelerini gözden geçirdikleri veya sözleşmelerinin içeriklerini

düzenledikleri görülmektedir. Sözleşmeler ile taraflar arasındaki sorumluluklar ve görevler paylaştırılmakta, bu şekilde her iki taraf da faaliyetleri sırasında ortaya çıkacak riskleri bilmekte ve bunlara karşı alacakları önlemleri düşünecek ortam sağlanmaktadır (URL-3).

Firmalar her ne kadar sözleşmeler ile kendilerini garanti almak isteseler de, zincir boyunca ortaya çıkacak problemler diğer firmaların da operasyonel, taktiksel ve stratejik kararlarını etkileyecek durumları ve riskleri ortaya çıkarmaktadır. Tedarik zincirindeki riskin büyüklüğü, kapsamı, kaynağı, yayılımı ve etkisi dikkate alınarak tedarik zinciri risk yönetimi sistemi oluşturulmalıdır. Tedarik zinciri risk yönetimi bu yönden bir ödünleşmedir; tedarik zinciri karlılığı ve tedarik zinciri riski arasında denge kurulması gerekmektedir. Diğer bir deyişle ürünün zamanında teslimi, gereken talebin karşılanması, istenen kalite ve kapasitede hizmet verilmesi ve firmalar arası bilgi akışının zamanında olması ile firmaların karlılığı arasındaki denge tedarik zinciri risk yönetimi ile sağlanmalıdır. (Giannakis ve Louis, 2011).

Tüm bu açılardan bakıldığında etkin tedarik zinciri risk yönetimi sistemi için ilk aşama tedarik zinciri risk tiplerinin belirlenmesidir. Literatürde bu alanda pek çok tip risk tipi belirlenmiştir. Büyüközkan'a göre bu riskler tedarikçi, üretici, müşteri kaynaklı riskler ve çevresel riskler olmak üzere dört ana başlıkta incelenmelidir (URL-3). Öte yandan Giannakis ve Louis (2011)'e göre tedarik zincirindeki riskin asıl sebebi talep arz uyuşmazlığı ve zincirin karmaşıklığıdır. Bu kapsamda tedarik zinciri riskini yaratan en önemli risk talep riski ve maliyet-fiyat riskidir. Ellegaard (2008) ise Büyüközkan'ın da bahsettiği tedarikçi riski üzerinde durmuş, bu riskleri satın alma riski, organizasyonlar arası iletişim riski, e-ticaret riski, çevresel risk (afet gibi) ve outsource riski olarak ele almıştır. Pham ve diğerleri (2012) de talep ve fiyat riskinin yanı sıra döviz kuru, ithalat ve ihracat oranlarını hesaba katarak risk yönetiminin daha etkin olacağını belirtmişlerdir. Sodhi ve Tang (2009) da çalışmalarında kar ve maliyet fonksiyonlarını içeren finansal riski, talep karşılayamama riskini, fazla ve az stok riski ile borçlanma riskini temel almışlardır. Hanafizadeh ve Sherkat (2009) da tedarik zinciri dağıtıcı riskini incelemişlerdir. Kull ve Talluri (2008) ise daha kapsamlı olarak risk faktörlerini aşağıdaki tablodaki gibi göstermişlerdir:

Çizelge 2.3: Tedarik zincirinde ortaya çıkacak muhtemel hatalar, sebepleri ve tanımları (Kull ve Talluri, (2008)'den esinlenilmiştir.)

Potansiyel hata ve olaylar	Sebepleri	Açıklama
Teslimat Gecikmesi	Tam kapasite ile çalışma, Materyale ulaşılabilirlik, Üretim süresi, Doğal afet	Tedarikçi ya da üreticinin teslimatı zamanında yapamaması
Fazla Maliyet	Maliyet yönetimi eksikliği, Pazar gücü, Döviz kuru	Maliyetlerin beklenenden yüksek gerçekleşmesi
Düşük kalite	Kalite sistemi eksikliği Yasal standartların eksikliği	Kabul edilebilir kalite sınırlarının altında üretim veya malzeme tedariği
Güvenilirlik	Ürün tipi, Pazar yapısı, Ortaklık anlaşması, Bilgi akışının sağlıklı olmaması Yönetim bozukluğu	Güvenilir ve stratejik tedarikçi bulamama

Tedarik zinciri risk yönetimi üzerine çalışan araştırmacıların da vurguladığı gibi beklenmedik değişimlerin negatif etkisinin en aza indirgenmesi için risk tipini belirleme dışında bu risk tiplerinin ölçülebileceği parametrelerin belirlenmesidir. Bunun için tedarik zincirinde dikkat edilecek performans kriterleri ve tedarik zincirinin işleyişini etkileyen değişkenler ortaya konulmalıdır. Akanle ve Zhang (2008)' e göre bu bileşenler;

- Kapasite kullanımı, stok devir hızı
- Kalite
- Müşteri talebi
- Nakit akışı
- Ürün veya hizmet fiyatı
- Gecikmeler, geç teslimatlar, tedarik süresidir.

Sodhi ve Tang (2009) da üretilen miktar, stok seviyesi, yıllık gelir, alınan borç miktarı, yatırımlar, vergi ve faiz oranları gibi değişkenlerin dikkatlice incelenmesi gerektiğini

belirtmişlerdir. Germain ve diğerleri (2007) ise yaptığı çalışmada talep, tedarik süresi ve fiyat değişiminin göz ardı edilmemesini önermişlerdir. Hanafizadeh ve Sherkat (2009) yine diğer yazarlar gibi teslimat zamanı, teslimat miktarı doğruluğu, stok miktarı, sevk kapasitesi ve kalitesi gibi risk parametrelerini dikkate almışlardır.

E-ticaret tedarik zincirinde ise yukarıdaki risklere benzer olmakla beraber teknik, organizasyonel ve çevresel başka riskler de ortaya çıkabilir;

- İnternetten satış sırasında aşırı yığılma, kayıp veri, aşırı talep ve kapasite yetersizliği
- Tedarikçi veya satıcının kalite riski
- Geç teslimat, geç cevap verme, uzun süren satış işlemleri
- Fiyat dalgalanma riski, fazla maliyet (Ramanathan,2012).

E-ticaret tedarik zincirinin yukardaki riskler bakımından geleneksel tedarik zincirinden farkları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Çizelge 2.4: Geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminin karşılaştırılması. (Canetta ve diğerleri (2010)'dan esinlenilmiştir.)

Geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi	**E-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi**
Sipariş istenilen miktarda olabilir.	Sipariş büyüklüğü azdır.
Sipariş ulaştırma süresi uzundur.	Sipariş ulaştırma süresi nispeten daha kısadır.
Talep değişimi müşteriden kaynaklanır ve zincirin diğer elemanlarını etkilemesi zaman alır.	Hızlı bilgi paylaşımı sebebiyle en ufak sorunda talep hızla azalır.
Tedarikçi ve alıcı ilişkileri satın alma sıklığı, miktarına bağlı olarak değişir.	Tedarikçi ile ilişkiler hızlı değişim sebebiyle daha sıkı olmalıdır.
Stok devir hızı e-ticarete göre daha yavaştır.	Stok devir hızı yüksektir.
Tedarikçinin, üretici ve perakendecinin kendi satışı olduğundan satış süreçleri uzundur, bu yüzden firmalar sadece kendi çekirdek faaliyetleriyle uğraşmazlar.	Satıcı sadece satışla, tedarikçi de malzeme sağlamakla veya ürünleri üretmekle sorumlu olduğundan tedarik zincirine değer katacak süreçlere odaklanılması kolaylaşır.
Rekabet üstünlüğü genelde fiyata ve kaliteye bağlıdır.	Dünyanın her yerinden ulaşım sebebiyle satış kolaylığı, hızlı erişim vb. ile rekabet üstünlüğü sağlanır.

Burada değinilmesi gereken bir diğer konu ise tedarik zincirinde belirlenen risk faktörlerine göre riskin ölçümüdür. Risk ölçümünde aşağıdaki sorulara yanıt bulunmalıdır:

1. Risk hangi performans ölçütleriyle gözlenmelidir? Amaçlanan değerden sapmalar mı gözlemlenecek, yoksa mevcut durum eski değerlerle mi kıyaslanacak?
2. Risk hangi kategoriye girmektedir? Potansiyel riskler nelerdir?
3. Risk asimetrik mi yoksa simetrik midir? Simetrik risk, belli bir beklenen değere, varyansa ve ortalamaya sahiptir; ancak asimetrik riskte ortalama, varyans vb. istatistikî parametreler birden fazla olabilmektedir.
4. Riskin boyutu nedir? Risk boyutu riskin gerçekleşme olasılığı ve riskin etkisiyle orantılı olarak artmaktadır (Ritchie ve Brindley, 2007).

Bu ölçümlerin yapılmasına olanak sağlayacak ve risk yönetimine yardımcı olacak araçlar Lavastre ve diğerleri (2012)'ye göre aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 2.5: Risk yönetimi araçları (Lavastre ve diğerleri, 2012).

	Risk yönetimi araçları
1	Sorularla yanıt bulma (What-if) Analizi
2	İç ve dış değer haritalama (Value Stream Mapping)
3	Skorlama metodu
4	Pareto Diyagramı ve ABC analizi
5	FMEA
6	Balık kılçığı diyagramları, Beyin fırtınası
7	Deming Çemberi, sürekli gelişim politikaları,6 sigma

Tedarik zinciri risk yönetiminde kullanılacak beyin fırtınası, balık kılçığı diyagramı, what-if analizi ve iç-dış değer haritalama gibi analiz çeşitleri özellikle risk belirlemede; skorlama, ABC analizi,6 sigma gibi yaklaşımlar da hem risk belirlemede hem de riskin ölçümünde ve değerlendirilmesinde analistlere yardımcı olmaktadır. Yazarlar özellikle FMEA üzerinde durmuşlardır. "FMEA, riskleri önem, etki ve derecelerine göre

sınıflandıran, en önemlilerini değerlendiren bir yaklaşımdır." diyerek FMEA'yı tedarik zinciri risk yönetimi için etkin bir araç olarak işaret etmişlerdir.

Risk ölçümünde dikkat edilecek bir diğer nokta, riskin ölçümü için kullanacak parametrelerin ne kadarının kantitatif ölçüme müsait olacağı ve olmayacağının belirlenmesidir. Kantitatif ölçümler doğrudan bir ölçüm cihazıyla ölçme ve okuma olarak yapılacağı gibi, istatiksel verilerden faydalanılıp iki değişken arası ilişkiye bakılarak da ölçülebilir. Öte yandan kalitatif değişkenlerin ölçümü oldukça zordur, direk ölçüm neredeyse yapılamaz ve o değişkenin değeri, onla ilişkili olan diğer değişkenlerin bir indeksi olarak belirlenebilir (Pham ve diğerleri,2012). Mesela yukarıda bahsedilen "güvenilirlik" kavramı kalitatif bir risk faktörüdür, bunu doğrudan ölçmek imkansızdır, bu faktörü ancak belli ölçülebilir alt faktörlerin bileşimiymiş gibi düşünmek gerekmektedir.

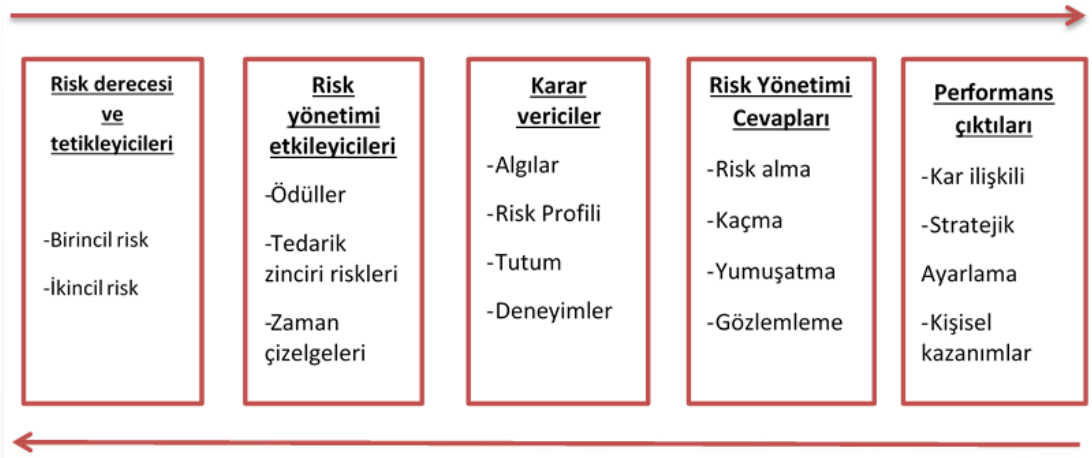
Risk faktörleri ve bunların kontrolünü sağlayan değişkenler ve riskin ölçüm sistematiği belirlendikten sonra sıra risk yönetimi sisteminin kurulmasına gelmektedir. Tedarik zinciri risk yönetimi altyapısı oluşturulurken Ellegaard (2008)'a göre öncelikle firma ile ilişkide olduğu diğer firmaların arasındaki bilgi akışının düzgün şekilde yürütülmesi gereklidir. Bilgi akışını arttırılması ile daha önceden de bahsedilen talep tahmini değerleri, fiyat değişimleri gibi tedarik zincirinin kritik performans ölçütlerinin kestiriminin doğruluğunun artacağı ve zincirin performansının takibinin kolaylaşacağı aşikârdır. Bunun yanında bu performans ölçütlerine göre tedarikçi geliştirme programları, kalite sertifikasyonu, maliyet hedefleme vb. kolektif çalışmalar uygulanarak bilgi akışını sağlamlaştırılması ve ortaya çıkacak risklerin beraber öngörülmesi gerçekleşebilir. Bunun yanında ortaya çıkacak durumlara karşı belli bir fonun veya bütçenin elde bulundurulması ve sürekli iyileştirme politikalarının devam ettirilmesi firmalara esneklik kazandıracaktır. Tüm bu yaklaşımların karması zincirin her halkasındaki riski azaltacaktır.

Risk yönetimi kavramının kalite kavramıyla ilişkilendirilmesi literatürde sadece Ellegaard (2008) 'ın değindiği bir konu değildir. Ritchie ve Brindley (2007) de risk yönetiminde JIT, ISO 9000 ve Kaizen gibi kalite yönetimi yaklaşımlarının yüksek risk olarak lanse edilen belirsizliği oldukça azalttığını vurgulamışlar; bunun sebebi olarak da firmaların bu yaklaşımlarla maliyeti en küçükleme, kaynakların kullanımını arttırma

gibi verimlilik hedefleri uygulamalarını göstermişlerdir. Ancak yine Ritchie ve Brindley (2007) 'ye göre " Her ne kadar belirsizliğe sahip olan faktörler azaltılsa da bu sadece belli riskleri elimine etmektir; bunlar performans çıktılarına az da olsa etkide bulunur" demişlerdir. Bu noktaları dikkate alarak önerdikleri tedarik zinciri risk yönetimi sisteminde tıpkı Kayakutlu ve Büyüközkan'ın (2010) da bahsettiği gibi tedarik zincirinin birden çok elemana sahip olduğu, bunların her birinin zincir performansına katkıda bulundukları ve tedarik zinciri risk yönetimi hazırlanırken her bir halkanın bir diğerini etkileyeceğine işaret edilmiştir. Ritchie ve Brindley (2007)'e göre tedarik zinciri risk yönetimi sistemi şekildeki gibi olmalıdır:

Ritchie ve Brindley (2007)'in önerdikleri sistemde beş bileşen vardır: Risk derecesi ve tetikleyicileri, risk yönetimi etkileyicileri, karar vericiler, risk yönetimi cevapları ve performans çıktıları. Onlara göre risk tetikleyicileri dış çevre, faaliyet gösterilen endüstri, tedarik zinciri yapısı, tedarik zinciri ortağının özellikleri ve zincirin işleyişidir. Bu tetikleyicileri kontrol altına alabilmek için ödüller verilmeli, zincirin tüm elemanlarına yeni hedefler konulmalı ve tedarik zinciri planlamaları yapılmalıdır.

Risk yönetimi sistemi tüm bu uygulamalara cevap olarak yeni riskler almayı ya da yeni risklerden kaçınmayı, risk yönetimini yumuşatmayı veya gözlemleme yapmaya devam etmeyi seçer. Sistemin performans çıktıları ise somut anlamda karlılıkla ilişkili veriler veya göstergelerdir. Bu göstergeler yeni stratejik ayarlamaları beraberinde getirir ve bu düzenlemelerde zincirin tümünün veya tek halkasının kazanımlarını değiştirir.



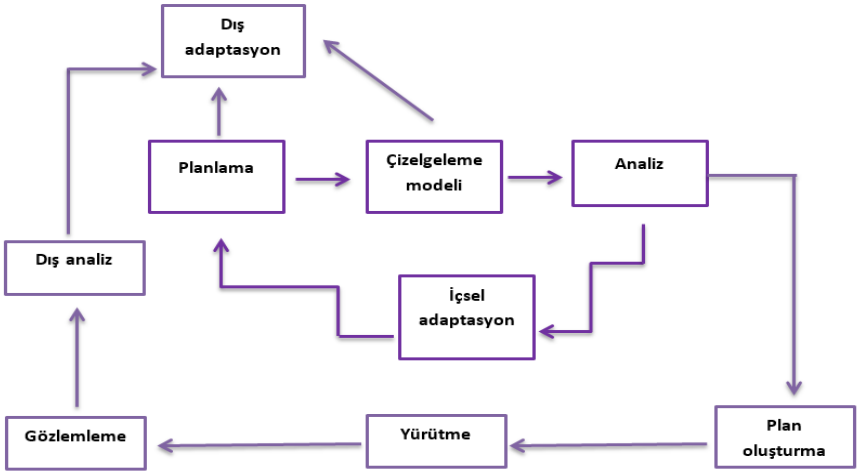
Şekil 2.2: Risk yönetimi süreci (Ritchie ve Brindley, 2007).

Ellegaard (2008)'ın önerdiği tedarik zinciri risk yönetimi yaklaşımında ise, sistem öncelikle riskin sebeplerini belirlemelidir. Bu sebepler belirlendikten sonra, sebepleri doğuran koşullarda ortaya çıkacak olaylar sistem tarafından yapılan tahminleme ve analizlerle algılamalıdır. Bu olaylar gerçekleştiği zaman ortaya çıkacak satışta azalmalar, saygınlık kaybı gibi kayıplar ve etkiler belirlenmeli ve son olarak da bu kayıplara uygun stratejiler geliştirilmelidir.



Şekil 2.3: Tedarik zinciri risk yönetimi süreci (Ellegaard,2008).

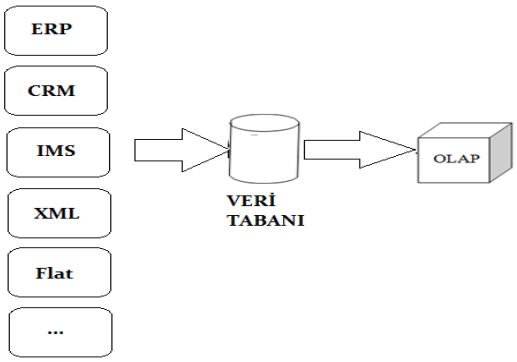
Ivanov ve diğerleri (2012) de tedarik zincirinde meydana gelen aksaklıkları planlama yetersizliğine bağlamışlar ve organizasyonların finansal, organizasyonel ve fonksiyonel tüm aşamalarında uygulanabilecek bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımla tedarik zincirinin içsel özelliklerini ve dış ortamını da hesaba katılarak, çok aşamalı (tedarikçi-üretici-perakendeci-müşteri) yapıya sahip olan ve kontrol parametrelerinin (kaynak durumu, depo seviyesi, kapasite, tedarik zamanı) sürekli değiştiği ortamda izlenebilirliği arttıracak bir tedarik zinciri risk yönetimi sistemi geliştirilebilir. Sistemin kontrolünde kontrol akışı aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Şekil 2.4: Risk yönetimi bütünsel süreci (Ivanov ve diğerleri, 2012).

Bu akışa göre, firmalar öncelikle kendi yeterliliklerine göre planlama ve çizelgelerini oluşturmalı ve kendi iç dinamiklerini değerlendirecek analizlerle öncelikle içsel adaptasyonlarını sağlamalıdırlar; ancak içsel adaptasyon sadece firmanın iç dinamiklerine bağlı değildir. Dolaylı yoldan da olsa, yapılan dış çevre gözlemlerine ve dış göstergelere göre de içsel adaptasyon değişmektedir. Bu dış etkenlere karşı da planlar oluşturulmalı, hazırlanan planlar yürütülmeli ve gözlemlerle analizler yenilenmelidir.

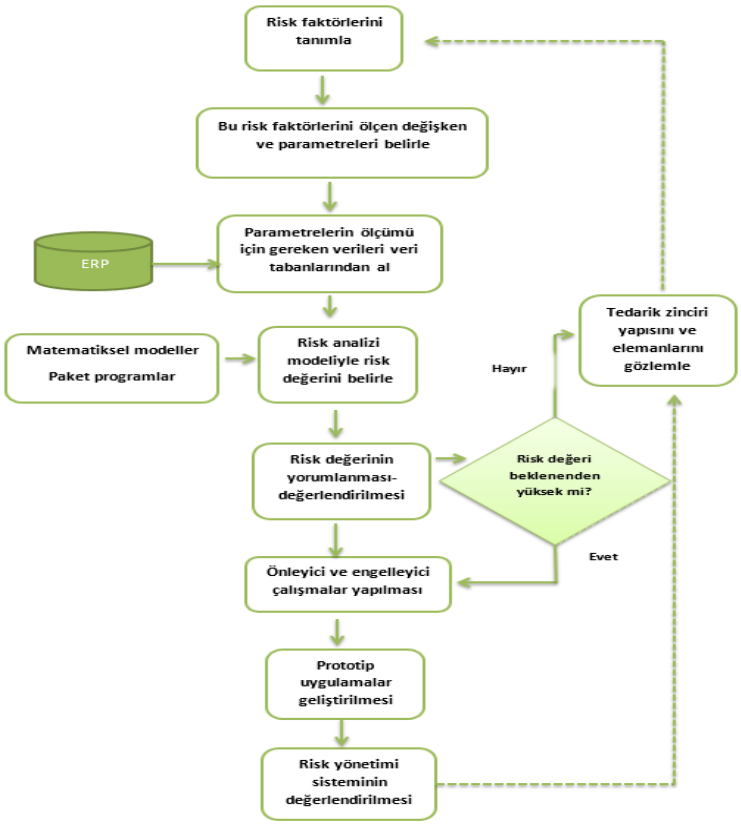
Tüm bu yaklaşımların senteziyle oluşturulacak tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin firmaların kullandığı diğer bilgi sistemleriyle birleşimi de sağlanmalıdır. Aksi halde tedarik zinciriyle ilgili verilerin risk yönetimi sisteminde kullanımı mümkün olmayacak ve takip edilmesi gereken parametreler takip edilemeyecektir. Bu bakımdan tedarik zinciri risk yönetimi sistemini bir karar destek sistemi gibi değerlendirilmeli, organizasyonlarda kullanılan bilişim altyapılarıyla bütünleşik çalışan bir risk yönetimi sistemi altyapısı oluşturulmalıdır (Georgiadis ve diğerleri,2004). Literatürden bu duruma bir örnek verilecek olunursa, Zouzelkova (2011)'nın çalışması incelenebilir. Bu çalışmada tedarik zinciri risk yönetimi için verilerin ERP, CRM gibi modüllerden çağrılması ve bir veri tabanında toplanması gerektiği vurgulanmıştır. Toplanan veriler, çeşitli iş zekası araçlarıyla OLAP denilen çok boyutlu veri sorgulamaları yapılabileceğine değinilmiştir. Veri tabanlarından yapılacak sorgulamalarla kontrol ölçütlerinin değerleri belirlenebilir, bu da risk yönetimi adına karar almayı kolaylaştırır.



Şekil 2.5: Risk yönetimi bilgi-işlem entegre çalışması için önerilebilecek yapı.

Literatürde Ngai ve Wat (2005)'in risk analizi üzerine yaptıkları çalışma aslında risk yönetimi sistemini en iyi şekilde anlatan örneklerden biridir. Tedarik zinciri risk

yönetimini sistematik şekilde inceleyen yazarlar, risk yönetimi sistemini şekildeki gibi anlatmışlardır: Risk yönetimini uygulamak için öncelikle zincirde hangi risk faktörlerini tanımlamak gerekir. Bunun için faaliyet gösterilen alanlar izlenir, risk oluşturacak problemler ayırt edilir. Daha sonra bu faktörlerin göstergeleri olan değişkenler saptanır; bu değişkenlerin değerlerinin belirlenmesi için de gereken veriler bilgi sistemleri altyapılarından (veri tabanlarından) alınır. Bu değerler matematiksel model veya algoritmalarda değerlendirilerek risk değerleri hesaplanır. Risk değerleri hesaplandıktan sonra sıra bulunan bu değerin yorumlanmasına gelir, eğer bu değer problem arz etmiyorsa tedarik zinciri elemanları ve dış çevre izlenmeye devam edilir. Eğer problem oluşturacağı düşünülüyorsa bu riskin ortaya çıkmasını önleyici çalışmalar ve riske karşı çözüm önerileri üretilir. Bu önerilerden uygun bulunan çözüm alternatifi uygulanır ve yeni uygulamaların da risk yönetimi sistemine eklenmesiyle risk yönetimi sisteminin düzgün işleyip işlemediği gözden geçirilir. Süreç çevre ve tedarik zinciri elemanlarının takibi ile devam eder.



Şekil 2.6: Çalışmada kullanılan tedarik zinciri risk yönetimi süreci (Ngai ve Wat (2005)'ten esinlenilmiştir.).

Tedarik zinciri risk yönetiminde bir başka konu da riskin ortaya çıkışının önlenmesi veya ortaya çıktıktan sonra etkisinin en aza indirgenmesidir. Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında yazarlar farklı risk önlemleri önermişlerdir. Örneğin Lavastre ve diğerleri (2012) 'nin yaptığı çalışmaya göre, literatürde yazarlar tedarik zinciri riskinin önlenmesi için 21 değişik öneri sunmuşlardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

1. Tedarik riskinin önlenmesi ve üretimin kesilmemesi için iç güvenlik stoğu tutulmalıdır. Ancak güvenlik stoğu tutulması da stok maliyetlerini arttıracağı gibi sermayeyi stoğa bağlamanın belli bir fırsat maliyeti vardır. Bunun yerine dış stok denilen yola başvurulabilir. VMI tarzı tedarik zincir yapısı bu bakımdan tercih edilebilir. Bir tedarikçiyle çalışmak yerine birden çok tedarikçiyle çalışılırsa stok kesilmesi riski azaltılabilir.
2. Delphi tekniği ve senaryo analizi gibi yönetime yardımcı yaklaşımlarla zincirde problem yaratacak olaylar öngörülebilir; bu olaylar ortaya çıktığında zincirin her bir elemanının nasıl davranacağı kararlaştırılabilir.
3. Firmalar organizasyon yapılarında yapacakları değişiklikle de risk yönetimini kolaylaştırırlar. Örneğin tedarik zinciri risk yöneticisinin organizasyon yapısında yer almasıyla kurumsal anlamda risk yönetiminin benimsenmesi daha rahat olur. Risk yöneticisi, tedarik zinciri risk araçlarını kullanarak analiz yapar, alınacak önlemleri organizasyona ve yönetime anlatır.
4. Bilgi paylaşımının tedarik zinciri risk yönetiminde oldukça önemli olduğuna daha önce değinmiştik. Üst düzey bilgi paylaşımıyla tedarik zincirinde görünen ya da görünmeyen tehlikelere ve belirsizliklere karşı hazırlıklı olunur, ayrıca müşteri isteklerine adaptasyon kolaylaşır.
5. Kalite ve performans geliştirme programları ile gecikmeler ve kalitesiz ürünlerden kaynaklanan sorunlar en aza indirgenir.
6. Dağıtımın tek bir elden yapılması ve zincirin her bir elemanının kendi faaliyetlerine odaklanması, müşteriye ürünü zamanında ulaştırma bakımından avantajlıdır.
7. Risk yönetiminin merkez firma ile yapılması, bu firmanın bir lider pozisyonunda risk yönetimi yaklaşımını ve araçlarını diğer firmalara benimsetmesi tedarik zincirinin bütünlüğü açısından önemlidir.

Risk faktörlerine göre bahsedilen çözüm önerileri özet olarak Tang ve Musa (2011) tarafından aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu tabloda risk faktörleri, faktörlerin çözümü için önerilen kantitatif ve kalitatif yaklaşımlar bulunmaktadır.

Çizelge 2.6: Tedarik zinciri risk yönetimi risk elemanları ve risk çözümleri (Tang ve Musa, 2011).

Risk elemanları	**Kalitatif çözüm**	**Kantitatif çözümler**
Tek tedarikçi riski	Birden çok tedarikçiyle çalışmak Alternatif tedarikçilerle anlaşma Esnek tedarik zinciri	
Tedarik kapasitesi	Alternatif tedarikçilerle anlaşma Yan sanayi anlaşmaları Outsourcing	
Tedarikçi seçimi	Outsourcingden kaçınma Alternatif tedarikçilerle anlaşma	Karar ağaçları Tedarikçi riski sıralama Kalite, maliyet, tepki süresi, operasyon kısıtlarına göre çok kriterli karar verme
Üretim kapasitesi riski	Erken uyarı sistemleri	Opsiyon sözleşmesi modeli
Talep dalgalanması	Erteleme stratejisi Lisanslama Dağıtım kanallarının geliştirilmesi Ürün yaşam döngüsünün uzatılması Yalın üretim	Erteleme modeli Simülasyon modelleme Lineer dinamik sistem modeli Ajan temelli modelleme Çok aşamalı stokastik modeller Arz ve talebi dengeleyecek ekonomik modeller
Fazla ve az stok riski	Yalın üretim Stok seviyesini azaltma	Opsiyon sözleşmesi modeli Esnek ekonomik sipariş miktarı modeli
Fiyat maliyet riski	Çok düşük maliyette üretmekten kaçınma Tedarik zinciri temelli karlılığın dikkate alınması	
Tedarik zinciri elemanlarının finansal gücü	Erken ödeme programları Stok fiyatı karşılaştırma	

Daha önce de belirtildiği gibi firmalar tedarik zinciri risk yönetimine, zincir boyunca ortaya çıkacak problem ve belirsizliklerden dolayı ihtiyaç duymaktadırlar. Literatürde tedarik zinciri riskleri her geçen gün artan bir ilgiyle ele alınmıştır, risklerin ne olduğu ve bu risklere karşı yapılacaklar ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur, ancak riskin değerlendirilmesi için önerilen karar destek sistemleri ve kantitatif modeller tedarik zincirinin dinamizmini yansıtamamaktadır (Tang ve Musa, 2011). Bu çalışmada da literatürdeki bu eksikliğe uygun olarak bir tedarik zinciri risk modeli önerilmiştir. Tedarik zincirindeki risk ögelerinin dinamizmini modele yansıtmak temel amaç olarak belirlenmiştir. Bu amaca uygun olacak pek çok modelleme yaklaşımı bulunmaktadır, ancak bir sonraki bölümde de anlatılacak sebeplerden dolayı simülasyon modelleme yaklaşımı tercih edilmiştir.

3. SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMI

3.1. Sistem dinamiği

Sistem dinamiği yaklaşımı ilk kez Forrester'ın (1961) "Industrial Dynamics" adlı kitabında ortaya atılan ve sistemlerin işleyişini anlatmayı amaçlayan bir modelleme yaklaşımıdır. 2.Dünya Savaşı'ndan sonra artan üretim faaliyetleriyle birlikte, üretimde yaşanan problemlerin çözülmesi için matematiksel ve istatistiksel modellerin geliştirilmesiyle uygulanmaya başlanmış, ancak bu modellerin sistemlerin dinamik değişimlerini göz ardı ettiği gerçeği çok geçmeden anlaşılmıştır (Forrester, 1961, Bölüm 1). Teorik ve uygulamalı çalışmalarda bu eksikliğin hissedildiği, 1940'ların sonuna doğru Weiner'in sistemlerin kontrolü ve kendi kendine kontrol çalışmalarından da anlaşılabilir.

Matematiksel ve istatistiksel modellerin sistem davranışını açıklamada eksik kalmasının sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- *Karmaşıklık:* Planlama ve yönetim aşamasında çok sayıda karar verici ve değişken olduğundan bilgi akışı oldukça geniştir. Böylesine karmaşık düzende sadece belli parametreleri inceleyen tekdüze modellerin geçerliliği ve etkinliği azalmıştır.
- *Hızlı değişim:* Sistem içerisindeki güç dengelerinde ve ortaya çıkan durumlarda hızlı değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu bakımdan sorunlara getirilen çözümler kısa sürede geçerliliklerini yitirmektedirler.
- *Yoğun etkileşim:* İletişim ağlarının gelişmesiyle karar merkezleri arasındaki etkileşim artmış, bundan dolayı da sistemlerde ortaya çıkan problemlerin sebepleri derinleşmiştir.
- *Belirsizlik:* Sistemlerdeki karar vericilerin çoğalmasıyla, bir karar vericinin aldığı karar diğer karar vericilerin karar vermesini etkilemiş, bu da kararların alındığı zaman bile sürekli düzeltmeler yapılmasının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Çevresel koşullarda orta ve uzun dönemde görülen belirsizliklerin

artması, klasik optimizasyon yaklaşımları yerine esnek strateji ve modellerin geliştirilmesi ve yeni karar kriterlerinin tanımlanması gerekliliğini doğurmuştur. (Coyle, 1996, Bölüm 1).

Sistemlerin karmaşıklaşması, hızlı değişim ve yeni kavramların gelişmesi ile sistemler arası etkileşimler artmıştır. Bu bakımdan sistemde ortaya çıkan sorunlar ve sistem durumu karşılıklı etkileşim halindedirler. Sürekli yeni kavramları barındıran ve değişen bu sistemlerin incelenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılacak modellerin;

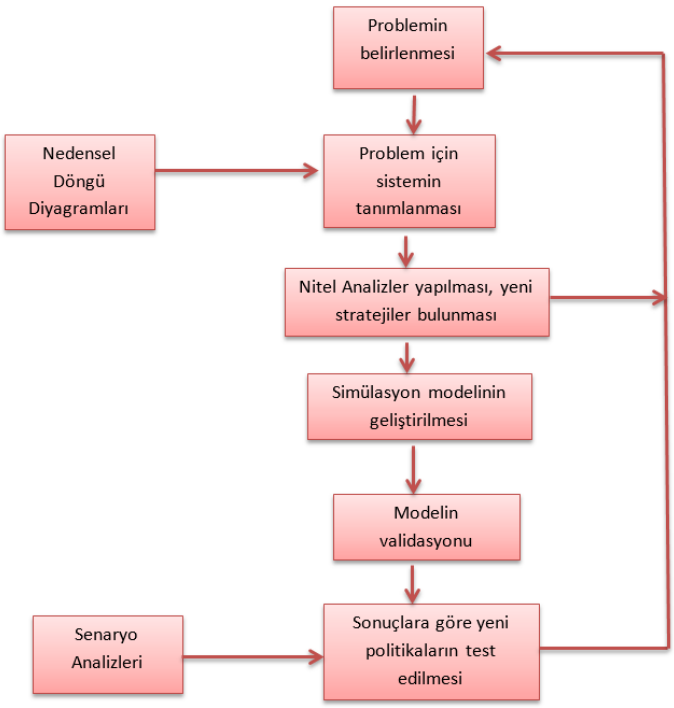
- Sistemi süreçlerin bir bütünü olarak ele alacak,
- Sistemin davranışını ve davranış değişimlerini takip etmesine olanak tanıyacak,
- Sistemde değişen olguları ve bu olguları tetikleyen durumları yansıtacak,
- Sistemin yeniden tasarlanmasında esneklik sağlayacak biçimde oluşturulması gerekmektedir (Erkut, 1995).

Tüm bu açılardan bakıldığında sistem dinamiği; sosyal ve ekonomik yapı oluşturan sistemlerin birbiriyle etkileşim içerisinde bulunan geri bildirim mekanizmaları ile bütünleşik olarak ifade edilmesidir (Forrester, 1961, Bölüm 1). Bu yaklaşımla endüstri sistemlerindeki bilgi, sipariş, materyal, para, personel ve malzeme akışına göre sistemin gelecek yapısı tahmin edilmekte ve sistemin değişen koşullara tepkisi araştırılmaktadır (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 7). Bu bakımdan sistem dinamiği yaklaşımında amaç en iyileme değil, değişimler karşısında sistem davranışını incelemek ve bu davranışları düzenleyecek stratejileri belirleyerek karar almaya yardımcı olmaktır. Sistem dinamiği yaklaşımı sorunlara geniş bir çerçeveden bakar, böylece sistemin performansının takibi, geliştirilmesi veya yeniden düzenlenmesi süreçleri kolaylaşır (Özbayrak ve diğerleri, 2007).

Sistem dinamiği tabanlı modeller, zamanla değişen etkileşimleri yansıtacak dinamik yapıdadır. Sistem dinamiği modeli, incelenen sistemin yapısına bağlı olarak lineer veya nonlineer, stabil ya da stabil olmayan yada başlangıç durumuna geri dönmeyen parametreler içerebilir (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 5). Belli başlangıç durumları verilerek, belli sayıdaki eylem ile sistemin davranışı incelenir. Sistemdeki geri bildirim mekanizması ise bilgi, seçim ve durumdan oluşmaktadır. Bilgi sonuçları olan hareketleri oluşturur, bu hareketleri seçerek sistem yeni bir duruma geçer (Coyle, 1996;

s. 35). Bu özelliğinden dolayı sistem dinamiği yaklaşımı senaryo analizi yapmaya elverişli araçlardan biridir denilebilir (Özbayrak ve diğerleri, 2007).

Sistem dinamiği ile modellemede nasıl bir yöntem izleneceği Forrester (1961) tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.



Şekil 3.1:Sistem dinamiği modelleme süreci (Forrester (1961) sayfa 10'dan esinlenilmiştir.).

Şekilden de görüldüğü üzere, öncelikle sistemde ortaya çıkan problemler belirlenir. Problem tespit edildikten sonra incelenecek sistemin sınırları, alt sistemler ve değişkenler tanımlanır. Sistemin sınırlarının belirlenmesi modelin de kapsamını belirlemesi açısından oldukça önemlidir. Nedensel döngü diyagramı olarak adlandırılan ve sistemdeki değişkenler arası ilişkileri gösteren diyagram ile sistem tanımlaması daha rahat yapılmaktadır. Üçüncü aşamada ortaya konulan sistemin neden sonuç ilişkileri üzerine detaylı analizi yapılmaktadır. Bu aşamada problemlere çözümler üretilebilir. Eğer sorunlara çözüm bulunamazsa dördüncü aşamaya geçilir; bu aşamada zamanla sistem içindeki değişkenliği gösteren düzey (stok) değişkenleri ve düzey değişkenleri arasındaki anlık akışları gösteren akış değişkenleri belirlenir. Nedensel döngü diyagramına uygun olarak düzey ve akış değişkenleri simülasyon modeline yerleştirilir.

Değişkenler arasındaki matematiksel ilişkilerin formülasyonu yapılır. Başlangıç koşulları modele girilir. Son olarak model çalıştırılır; modelin amacına ulaşıp ulaşmadığı, aşırı koşullar için esnek olup olmadığı ve belirsiz parametrelerin değişiminden nasıl etkilendiği araştırılır. Buna model geçerliliği denilmektedir. Modeldeki parametreler değiştirilerek sistemin davranışı gözlemlenir, bir tür duyarlılık analizi yapılarak sistemin davranışı tahmin edilir. Bu davranışlara göre mevcut sistem yeni stratejilerle yeniden düzenlenir, bu düzenlemeler de ileriki aşamalarda yeni problemlere sebep olabilir (Sterman,2000; s. 10).

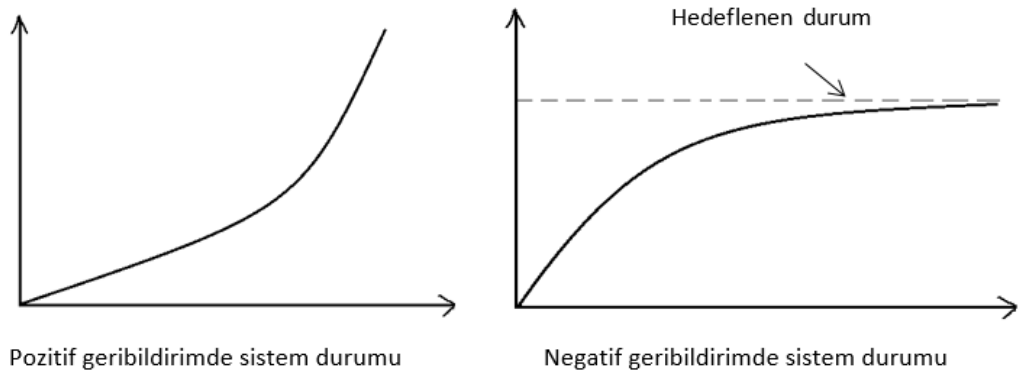
3.2. Sistem dinamiğinde pozitif ve negatif geri bildirim

Gerçek hayatta karşılaşılan problemler, önceden konulan amaçlar ve mevcut durumun arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Bu aradaki farkı kapatmak adına yeni kararlar verilir ve bu kararların sonucunda da yeni problemler oluşur. Sistem dinamiğindeki geri bildirim bakış açısıyla da sistemin amacına ve diğer elemanların kararlarına göre kararlar alınır ve bu karar da diğer sistem elemanlarını etkiler. Bu da sistemin elemanları arasında etkileşimi doğurur (Sterman,2000, s. 21). Bu dinamik davranışları anlamak için iki tür geribildirim arasındaki farka değinmek gerekir.

Pozitif geribildirim kendini güçlendiren sistem olarak adlandırılır. Sistemde bir değişken arttıkça diğer değişken de artar. Bu nedenle pozitif bildirimde değişken kendi büyüme veya küçülmesini güçlendirmek için kendi kendini besler; sistem değişkenleri iyiye gittikçe sistem daha da iyiye gider, kötüleşme olunca da sistem daha kötüye gider (Sterman,2000, s. 10). Bu geri bildirim çeşidine örnek olarak ücret enflasyon ilişkisi verilebilir. Enflasyon arttıkça işçi ücretleri artar, bu da üretim maliyetlerini arttırır. Üretim maliyetleri artarsa ürün fiyatı artar, bu da enflasyonu arttırır (Başkaya,1997; s. 47).

Negatif geribildirim kendini düzelten sistem olarak da adlandırılır. Sistem hedeflenenle gerçekleşen arasındaki uyumsuzluğu fark eder, bunu düzeltmek için çeşitli eylemlerde bulunur ve sistem dengelenir. Bu tür geribildirimde, sistem içindeki bir değişken diğerini arttırsa bile diğer değişken söz konusu değişkenin azalması yönünde bir davranış gösterir. Amaçlara yakınlaşma davranışında olan negatif geribildirimde eğer gecikmeler de olursa sistemde dalgalanmalar görülebilir (Sterman,2000, s. 107-109).

Negatif geribildirime örnek olarak merkezi ısıtma sistemi verilebilir (Başkaya,1997; s. 53).



Şekil 3.2: Pozitif ve negatif geribildirim yapısı.

3.3. Nedensel Döngü Diyagramları

Nedensel döngü diyagramları, sistemin işleyişini ve geribildirim yapısını temsil etmek için kullanılan ve sistem dinamiği ile modellemeye yardımcı olan bir araçtır. Nedensel döngü diyagramları ile

- Dinamiklerin sebeplerini açıklayacak hipotezlerin kurulması kolaylaşır.
- Kavramsal modelin oluşturulmasının en önemli aşaması olarak değişkenler arası neden sonuç ilişkileri tanımlanır.
- Sistem işleyişi sırasında ortaya çıkacak olası tıkanmaların ve gecikmelerin nerede olacağı öngörülür.
- Problemlerin çıkışından sorumlu olan geribildirimlerin etkileşimini ve iletişimini sağlar. Değişkenlerin birbiriyle etkileşimi doğru orantılı (+) ve ters orantılı olacak şekilde (-) gösterilir. Bu değişim okların yönüyle ilişkilidir. Okun son bulduğu değişken bağımlı değişken, diğeri ise bağımsız değişkendir. İşaret ve oklarla bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni nasıl değiştirdiği anlaşılabilir (Sterman,2000; s. 160).

Nedensel döngü diyagramlarında anahtar değişkenler belirlendikten sonra, bir değişkeni dolaylı ve doğrudan etkileyen tüm değişkenler gösterilmelidir. Bundan sonraki aşamada sistemdeki döngüler belirlenip, bunlar isimlendirilmelidir. Ardından nedensel

bağlantılar arasından gecikme oluşacak yerler tespit edilir. Değişkenler mümkün olduğunca kantitatif olarak ifade edilebilecek değişkenler olmalıdır (Morecroft,2007; Bölüm 2).

Nedensel döngü diyagramından sistem dinamiği modeline geçiş için düzey ve akış değişkenleri, sistemin karar vericileri ile sistemdeki bilgi akışının nasıl olacağı belirlenmelidir (Başkaya,1997; sayfa 54).

3.4. Düzey ve Akış Değişkenleri

Düzey değişkenleri, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki gecikmelerden ve akıştan kaynaklanan birikimlerden oluşmaktadır. İç ve dış akış değişkenlerin birikmiş farkından doğan değerdir. Düzey değişkenleri sistem durumunu belirler ve sistemdeki aksiyonların temelidir. Simülasyon için bir tür "hafıza"dırlar. Düzey değişkenleri sistemdeki gecikmelerin kaynağıdır. Bu tür değişkenlere örnek olarak üretim sistemlerindeki stok, karşılanamayan sipariş, iş gören adedi veya firmaların banka hesabı verilebilir (Sterman,2000; s. 192-195).

Akış değişkenleri ise düzeyler arasındaki anlık değişimleri gösterir. Bir düzeydeki birikimi bir diğer düzeye taşırlar. Etkinlikler düzey değişkeni ise akış değişkenleri sistemin etkinlikle geldiği sonuçtur (Başkaya,1997; s. 55). Bu değişkenlere örnek olarak müşteriden gelen siparişler, sevkiyat oranı veya malzeme transfer oranı verilebilir.

Bir değişkenin düzey değişkeni ya da akış değişkeni olup olmadığını anlamanın yolu, sistem statik konuma getirilmesidir. Sistem statik konuma getirildiğinde değişkenin varlığını koruyup koruyamadığına bakılır; eğer değişken sistem içerisindeki anlamını kaybetmiyorsa (değişken kaybolmuyorsa) düzey, kayboluyorsa akış değişkeni olarak nitelendirilir. Düzeyler hem fiziksel olarak var olurlar hem de bilgi ve iletişim ağında görülürler (Başkaya,1997; s. 52-60).

Sistem dinamiği modellerinde bir de yardımcı değişkenler vardır, bunlar da stokların bir fonksiyonu olarak tanımlanır ve bunlar iç değişkenlerden ve sabitlerden etkilenip akış değişkenlerini etkilerler (Sterman,2000; s. 107).

Düzey ve akış değişkenlerinin matematiksel gösterimi de aşağıdaki gibidir:

$$Düzey(t) = Düzey(t0) + \int_{t0}^{t} (Giren - Çıkan)\, dt \qquad \textbf{(3.1)}$$

Burada düzey değişkeni “birim” olarak ölçülendirilirken akış değişkeni “birim/zaman” olarak ölçülendirilir. Bu formülasyonda da görüldüğü gibi giren ve çıkan akış değişkenlerinin değişiminden ve sistemin başlangıç durumundan etkilenirler.

3.5. Sistem dinamiği modelinde karar fonksiyonları ve bilgi akışı

Sistem dinamiği modelinde düzey değişkenlerde biriken bilginin karara dönüşümünün nasıl olacağı karar fonksiyonları ile belirlenir. Kararlar belli eylemler üretirler. Bu eylem kümesinin elemanları da başka bir değişkeni etkiler ve sistem farklı bir duruma girer. Örneğin, sevkiyat miktarını etkileyen kapasite, stok miktarı ve sipariş miktarı değişkenlerinin tümünün bir fonksiyonu karar fonksiyonu olarak değerlendirilebilir.

Sistemdeki bilgi akışı ise malzeme, para, sipariş, işgücü ağlarından birinin akış veya düzey değişkeninden başlar, yine diğer ağdaki karar fonksiyonu-akış değişkeninde son bulur. Diğer ağlardaki akışı adeta zincirleme bir yol izleyerek diğer ağdaki düzeylere ulaştırır. Bu şekilde sistem işleyişi dinamik olarak modellenir; bilgi akışında bir yardımcı değişken diğer yardımcı değişkenleri etkileyerek devam ettiğinden sistemdeki değişkenler arası etkileşim gözlenebilir (Başkaya,1997; sayfa 43).

3.6. Sistem dinamiği yaklaşımının diğer simülasyon modelleme araçları ile karşılaştırılması

Literatürdeki çalışmalarda simülasyon modelleme yaklaşımı pek çok yaklaşımla beraber veya tek başına kullanılmıştır. Sistem dinamiği de kesikli olay simülasyonu, ajan temelli simülasyon gibi bir simülasyon modelleme yaklaşımıdır, ancak bu yaklaşımlardan teknik anlamda farkları vardır.

Sistem dinamiği yaklaşımı ve kesikli olay simülasyonu karşılaştırılırsa; kesikli olay simülasyonu ile oluşturulan model aktivite ve kuyruklardan oluşan bir yapıya sahiptir ve sistem durumu, zaman içinde ayrık noktalarda değişir; bunun yanında stok ve akış değişkenlerinin oluşturduğu sistem dinamiği modelinde ise sistem durumu sürekli değişmektedir. Kesikli olay simülasyonunda varlıklar özellikleriyle beraber ayrı ayrı gösterilir ve simülasyon süresi boyunca değişimleri gözlemlenir. Bunun yanında, sistem dinamiği modelindeki varlıklar, belli bir zaman periyodunun küçük bir kesiminde sürekli miktarlarda temsil edilir ancak belli bir varlık tek başına takip edilemez (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 1). İkisindeki ortak amaç benzerdir; sistemin belli

bir zaman diliminde veya noktasında nasıl davrandığını gözlemlemek ve farklı koşullarda sistem performansını kıyaslamaktır. Aşağıda bazı araştırmacılara göre farklı kriterler bazında sistem dinamiği ve kesikli olay simülasyonunun karşılaştırması verilmiştir.

Çizelge 3.1: Kesikli olay simülasyonu ve sistem dinamiğinin karşılaştırılması (Tako ve Robinson, 2010).

Kriterler	**Kesikli olay simülasyonu**	**Sistem dinamiği**	**Yazar(lar)**
Modellenen problem doğası bakımından	Operasyonel/Taktiksel	Stratejik	Sweetser 1999, Lane 2000
Geri besleme mekanizması olarak	Açık döngü yapısı ve geri besleme öncelikli değil (Statik)	Nedensel ilişkiler ve geri besleme mekanizması (Dinamik)	Coyle 1985, Sweetser 1999, Brailsford ve Hilton, 2001
Sistem temsili bakımından	Analitik bakış açısı	Bütüncül bakış açısı	Baines ve diğerleri 1998, Lane 2000
Karmaşıklık	Karmaşıklık ve detaylara dar bakış açısı	Genel ve soyut olarak, geniş bakış açısıyla	Lane 2000
Veri girişi bakımından	Kesikli proseslere dayalı kantitatif veri	Sistematik olmayan, kalitatif ve kantitatif veri	Sweetser 1999, Brailsford ve Hilton 2001
Rassallık	İstatistiki rassal veriler ve istatistiki dağılımlardan faydalanılır.	Stokastik verilerden ziyade ortalama değerlerden faydalanılır.	Meadows 1980
Geçerlilik	Kapalı kutu yaklaşımı	Beyaz kutu yaklaşımı	Lane 2000
Model sonuçları	Sistem performansının istatistiksel geçerlilikle sergilenmesi	Sistem performansının tüm resminin sergilenmesi	Meadows 1980, Mak 1993

Yukarıdaki tabloya göre, sistem dinamiği ve kesikli olay simülasyonu farklı değerlendirme kriterlerine göre birbirini tamamlamaktadır. Kesikli olay simülasyonu yapı itibariyle rassallığa daha yatkın olmasına rağmen, sistemlerin bütüncül ve dinamik olarak değerlendirilmesinde de sistem dinamiği yaklaşımı öne çıkmaktadır. Sistem

dinamiği yaklaşımıyla sistemin dinamiklik bağımlılıklarının gözlemlenmesi mümkündür, yalnız modelleme yapılmadan önce kavramsal modelin (nedensel ilişkilerin) gösterimi gerekmektedir. Her iki yaklaşımda da model iteratif olarak çalıştırılıp sonuçlar değerlendirilir. Bu bakımdan hangi tür simülasyon yaklaşımının kullanılacağı, analistin perspektifine, model yapısına ve uygulanabilirliğine bağlıdır (Tako ve Robinson, 2010).

Ajan temelli simülasyon (ABS) ve sistem dinamiği yaklaşımlarının karşılaştırmasını yapan Macal (2010)'a göre her iki yaklaşım da sosyal sistemlerin uygulamaları ve nonlineer modelleme için elverişlidir. Sistem dinamiği yaklaşımıyla modelleme yapılırken sistem alt sistemlere ayrılarak sistemin ana bileşenleri arasındaki etkileşimler incelenirken, ajan temelli simülasyonda ise sistemi oluşturan bireysel varlıkların etkileşimi üzerine modelleme yapılır. ABS ile bireysel varlıklar modellenerek ajanlar arası özellik ve davranış farklılıkları gözlemlenebilir. Çevresel adaptasyon ve deneyimlerle öğrenme ABS için temel amaçtır; ancak sistem dinamiği için temel amaç geri beslemelerle sistem durumunu değiştirmektir. Bu bakımdan sistem dinamiği ve ABS farklı perspektife sahiptir ve birbirini tamamlayan yaklaşımlardır.

3.7. Tedarik zinciri risk yönetiminde sistem dinamiği yaklaşımı

3.7.1. Tedarik zinciri risk yönetiminin modellenmesi konusunda yapılan çalışmalar

Literatürdeki çalışmalara bakıldığı zaman, tedarik zinciri risk yönetimi performans ölçütlerinin belirlenmesi ve risk yönetiminin nasıl olması gerektiği konusunda pek çok çalışma olmasına rağmen, tedarik zinciri risk yönetimi modellemesi alanında yapılan çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar genelde tedarik zinciri alt sistemleri olan kapasite planlama, üretim planlama, stok yönetimi, talep yönetimi ve tedarikçi yönetimi üzerinedir. Bu çalışmalar şimdiye kadar tedarik zinciri risk yönetiminin bütünleyici bakış açısıyla incelenemediğini göstermektedir.

Geleneksel tedarik zincirinin alt alanlarında yapılan çalışmalardan Azaron ve diğerlerinin (2008) çalışmasında belirsizlik faktörü olarak talep-arz dengesi, ulaştırma, malzeme eksikliği ve kapasite artırım maliyetlerini ele alınmıştır. Çok amaçlı stokastik modelde ilk aşamada yatırım maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanırken, ikinci aşamada ise işleme, ulaştırma, malzeme eksikliği ve kapasite arttırma maliyetlerinin

minimizasyonu amaçlanır. Yazarlar gelecek risk yönetimi çalışmaları için stok maliyetlerinin ve tedarikçi performansının da dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Sodhi ve Tang (2009) ise kurdukları lineer stokastik model ile belirsiz talep ve nakit akışını dikkate almışlar ve amaç fonksiyonunda finansal riski, talep karşılayamama riskini, az ve fazla stok bulundurma riskini ve fazla borçlanma riskini minimize etmeye çalışmışlardır. Yazarlar farklı senaryolarla karşılaştırma yapmak için belirsizlik yaratan yıllık gelir, yatırımlar gibi parametrelerin de hesaba katılması gerektiğini vurgulamışlardır. Kull ve Talluri (2008) de maliyet, kalite, esneklik, teslimat gecikmesi gibi kriterleri dikkate alarak AHP metoduyla tedarikçi risklerini hesaplamışlardır. Giannakis ve Louis (2011) çalışmalarında tedarik zinciri risk yönetimini talep-arz uyuşmazlığı bakımından incelemiş ve tedarik zinciri elemanları arasında bilgi alışverişini ve koordinasyonu kolaylaştıracak bir ajan temelli model önermişlerdir. Bu modelde sistemde bir bozulma olduğu zaman düzeltme ajanı tarafından düzeltici eylemler için karar alınır ve sistemin diğer elemanları da beklenmedik durumlara karşı uyarılır. Model gerçek zamanlı koordinasyon ve takip sağladığı için bu tez çalışmasına da yol gösterici olmuştur. Ivanov ve diğerleri (2012) de tedarik zinciri kontrolünde kontrol teorisinin etkin takibi ve çevreye uyumu kolaylaştıracağını savunmuşlar; ancak kontrol teorisinin risk algılaması için yeterli olmayacağını, etkin kontrol için dinamik geri bildirim mekanizmalarına da ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

E-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminde de benzer şekilde matematiksel modelleme araçlarından faydalanılmıştır, ancak sistemin dinamizmini de yansıtacak çalışmalar son yıllarda artmıştır. E-ticaret tedarik zincirini arz ve talep bölümü diye ikiye ayırarak inceleyen Nagurney ve diğerleri (2005), çalışmalarında tedarikçi, üretici, dağıtıcı ve perakendeciden oluşan tedarik zincirindeki toplam maliyeti ve zincirdeki elemanların riskini minimize edecek bir matematiksel model ortaya koymuşlardır. Bu model literatürde tedarik zincirini bir bütün ve zincirleme bir fonksiyon ele alan ender çalışmalardan biridir; bu bakımdan bu tez çalışmasındaki sistem dinamiği modeli için de örnek teşkil etmiştir. Wang ve diğerleri (2011) e-ticaret anlaşma sürecini çok ajanlı (multi-agent) modelleme ile ele almışlar; anlaşma protokol (B2B, B2C) süreci içerisinde ortaya çıkacak problemler, bunlara karşı anlaşma kriterleri ile beraber modele dâhil edilmiştir. Bu çalışma dışında Liang ve diğerleri (2012) ve Wang ve diğerleri (2011)

gibi B2C tipi e-ticarette müşteri ve satıcı ajan arasındaki anlaşma süreci zeki ajanlarla gösterilmiş; kurulan modelin performansını değerlendirmek içinse anket yöntemine başvurmuşlardır. Ramanathan (2012) da e-ticaret web sitelerin performansını ödeme prosesi kolaylığı, zamanında teslimat, geri dönüş hızı ve müşteri desteği gibi kriterlere göre değerlendirmiş ve bu kriterlere göre sapmaları minimize edecek bir matematiksel model önermiştir. Canetta ve diğerleri (2010) ise e-ticaretteki en büyük zorluğu talep tahmini olduğunu belirtmiş, talep modelinde bulanık üyelik fonksiyonlarıyla ifade edilen adaptasyon hızı ve sistemdeki adaptör sayısına göre ortalama sipariş miktarı, sipariş sıklığı, sipariş miktarları ve sipariş miktarındaki değişim incelenmiştir.

Çalışmalarda ortak vurgulanan nokta, gelecekte çalışmaların risk yönetimi dinamizmini yansıtacak yapıda ve daha çok parametreyi kapsayacak modellerden oluşması gerekliliğidir (Özbayrak ve diğerleri, 2007). Nagurney ve diğerleri (2005)'nin çalışması hariç diğer çalışmalar tedarik zinciri risk yönetiminin belli alt fonksiyonlarına göre yapılmıştır ve bu bakımdan tedarik zinciri risk yönetiminin asıl amacı olan sürekli kontrol için eksik kalmaktadır. Ancak bu modeller tedarik zincirinin bütününü modellemek için ipuçları içermektedir.

3.7.2. Tedarik zinciri risk yönetiminde sistem dinamiği

Daha önceden de bahsedildiği üzere, tedarik zincirinde ortaya çıkan problemlerin maliyetleri oldukça yüksektir ve tedarik zinciri karmaşık bir sistem olduğundan değişken sayısı fazladır. Bu bakımdan tedarik zincirinin deterministik olarak modellenmesi oldukça zordur. Matematiksel modellerin sistemin işleyişi hakkında yeterince fikir vermemesi de literatürde yakınılan bir konudur (Hanafizadeh ve Sherkat, 2009). En önemlisi de sistemde kritik rol oynayan değişkenlerin birbiriyle etkileşimini göstermek matematiksel modellerle mümkün değildir. Ancak sistem dinamiği yaklaşımıyla da kapalı bir çözüm kümesi bulunmaz, modelin gerçek durumu temsil edip etmediği (modelin geçerliliği) muhakkak sağlanmalıdır; bu da çoğunlukla zor bir iştir. Peki, hangi şartlarda sistem dinamiği modeli kullanılmalıdır?

- Analitik çözüm bulmak hedeflenmiyorsa,
- Matematiksel modelin çözümü zorsa,
- Tedarik zinciri akışı daha görsel bir şekilde temsil edilmek isteniyorsa,
- Değişikliklere yatkın bir model kurulmak isteniyorsa,

- Parametreler arası nedensel ilişkiler, başlangıç koşulları, zaman gecikmeleri gibi sistem gidişatını etkileyen ve sistemde zorluk yaratacak durumların gözlenmesi isteniyorsa,
- Tedarik zincirinde belirsizliklerden kaynaklanan dinamiklerin gösterilmesi hedefleniyorsa,
- Tedarik zinciri risk yönetimi sistemini kurmadan risk yönetiminin işleyişi ve performansı test edilmek isteniyorsa,
- Gerçek tedarik zinciri yapısını bozmadan değişik karar alternatiflerinin sonuçlarına göre stratejik düzeyde karar verilmek isteniyorsa,
- Tedarik zinciri risk yönetiminin zaman ölçekli takibi isteniyorsa sistem dinamiği yaklaşımıyla modelleme tercih edilebilir (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 7).

Sistem dinamiği yaklaşımı deneysel bir metottur ve üst düzey matematiksel formülasyon gerektirmeden tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin performansını etkileyecek neden ve sonuçlar gösterilebilir, bu anlamda what-if analizine uygun bir yapıdadır. Planlanan ve gerçekleşen durum karşılaştırılıp düzeltici önlemler alınabilir. Ayrıca sistem dinamiği modeliyle tedarik zinciri risk yönetimi gibi karmaşık sistemler alt modellere ayrılarak detaylı incelenebilir. Kesin çözümler almaktan çok parametrelerdeki değişimlerin çıktı değişkenlerini nasıl değiştirdiği araştırılıyorsa sistem dinamiği yaklaşımı ile model kurulabilir (Georgiadis ve Michaloudis, 2011).

Tedarik zinciri risk yönetiminin modellenmesinde kesikli olay simülasyonunun tercih edilememesinin sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Tedarik zinciri risk yönetimindeki süreçlerin sürekli izlenmesinin mümkün olmaması
- Risk yönetimi bileşenleri arası bağımlılıkların gözlenememesi
- Tedarik zinciri risk yönetimi sistemi karmaşık olduğundan tüm performans değişkenlerini ayrıntılı olarak gösterebilmek zordur (Lee ve diğerleri, 2002).

Tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin incelenmesinde sistem dinamiği modeli kurularak aşağıdaki değişimlerin takip edilmesi amaçlanmaktadır:

- *Satış ve talep planlama*: Gelen müşteri talebine göre üretim ve dağıtımı aksatmayacak şekilde (gecikmelere mahal vermeyecek ve fazla stokla

çalışmayacak şekilde) bir ürün veya hizmet akışı gereklidir. Bunun için müşteri talebindeki değişimler takip edilmeli ve zincirin tüm elemanları faaliyetlerini bu değişimlere göre sürdürmelidirler.

- *Stok planlama:* Tüm müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için fazla stok bulundurmak veya fazla stokla çalışmak stok maliyetlerini dolayısıyla ürün maliyetini arttıracaktır. Depolama maliyetinden kaçınmak için az stokla çalışıp stok kesilmesine izin vermek de gecikmelere sebebiyet vereceğinden müşteri kaybına sebep olmaktadır. Bu dengenin ayarlanması tedarik zinciri risk yönetimi açısından önemlidir.
- *Üretim planlama:* Belli bir zaman periyodunda müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak ve fazla stokla çalışmadan faaliyetleri sürdürecek üretim miktarı kararı, zincirin tüm elemanlarını etkileyecektir: tedarikçi bu üretim miktarına göre malzeme ve hammadde akışını sağlayacak ve kendi kapasitesini düzenleyecek, dağıtım kanalları da üretilen ürünleri müşterilere ulaştıracaktır.
- *Kalite:* Ürünün fonksiyonlarını gerçekleştirmesi için belli spesifikasyonlarda olması istenmektedir. Bu bakımdan sürekli iyileştirme politikaları çerçevesinde kalite hedefleri tutturulmalı ve hatalı ürün sayısı mümkün olduğunca standart değerlere getirilmelidir.
- *Fiyat-maliyet*: Üretim, taşıma ve pazarlama maliyetlerini karşılayacak, aynı zamanda piyasadaki fiyata da uygun olacak fiyatı belirlemek zincirin finansal devamlılığı açısından kritiktir. Piyasa fiyatının çok üzerinde fiyat belirlemek problemlere işaret eder; çünkü üretim, taşıma vb. maliyet kalemlerinden biri yüksektir. Piyasa fiyatının altında satış da müşterilerin gözündeki firma değeri açısından sorgulanmalıdır (Campuzano ve Mula, 2011,Bölüm 7).

Literatürde direk tedarik zinciri risk yönetimi sistem dinamiği çalışması bulunmamaktadır; yapılan çalışmalar tedarik zincirinin işleyişi ve alt fonksiyonları üzerinedir. Çalışmaların yukarıda sayılan tedarik zinciri risk yönetimi sistemi hedeflerinin birine veya birkaçına odaklandığı gözlenmektedir. Bu çalışmalardan en önemlisi Evans, Naim ve Towill (1998)'in yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada bir lojistik sisteminin dinamik davranışına göre zincirin yeniden tasarlanması için bir sistem dinamiği modeli önerilmiştir. Farklı stok ve üretim şartlarında yaptıkları

deneylerle sistem davranışını takip ederek karar vermeyi kolaylaştıran model bu çalışma için de en önemli kaynaklardan biridir. Ayrıca yine Dejonckheere, Disney, Lambrecht ve Towill (2002), Towill ve Disney (2003), Towill, Zhuo ve Disney (2007) ve Zhuo, Disney ve Towill (2010) tedarik zincirinde zincirin tüm varlığını etkileyen talep değişimlerini araştırmışlardır. Talep değişimleri doğrultusunda farklı şartlar ve farklı tip tedarik zinciri yapıları için (EPOS, VMI) talep düzeltme modeli ve talebi ölçmek için kullanılacak yaklaşımlar önermişler ve bu şekilde doğru talep belirleme ile sistemdeki dalgalanmanın azaltılabileceğini vurgulamışlardır. Tüm bu çalışmalar genelde tüm zinciri kapsamasına rağmen risk fonksiyonunun tek bir alt noktasına odaklanmaktadır.

Özbayrak ve diğerleri (2007) tedarik zincirinin üretim aşamasını sistem dinamiği yaklaşımıyla modellemişler ve kontrol parametrelerini değiştirerek yüksek talep, düşük talep, artan üretim zamanı, güvenilir olmayan üretici ve güvenilir olmayan tedarikçi gibi tedarik zinciri belirsizliklerini senaryo analiziyle yorumlamışlardır. Tesfamariam ve Lindberg (2004) ise üretim aşamasındaki kalite kontrol sürecinin sistem dinamiği ile modellemesini yapmıştır. Georgiadis ve diğerleri (2005) de gıda zincirinde dağıtıcı ve perakendeci elemanları arasındaki ilişkileri kapasite planlama amacıyla incelemiştir. Literatürde bunlar gibi pek çok çalışma tedarik zincirinin tek bir alanına odaklanan ve risk yönetiminin bütüncül bakış açısından uzak çalışmalardır. İstisnai olarak Ovalle ve diğerleri (2002) çalışması tedarik zincirinde hem bilgi, hem materyal hem de finansal akışı göstermesi bakımından literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılır; çünkü bu çalışma pek çok kontrol parametresini dikkate alması bakımından tedarik zinciri işleyişini bütünleyici bakış açısıyla modellemeyi başarmıştır.

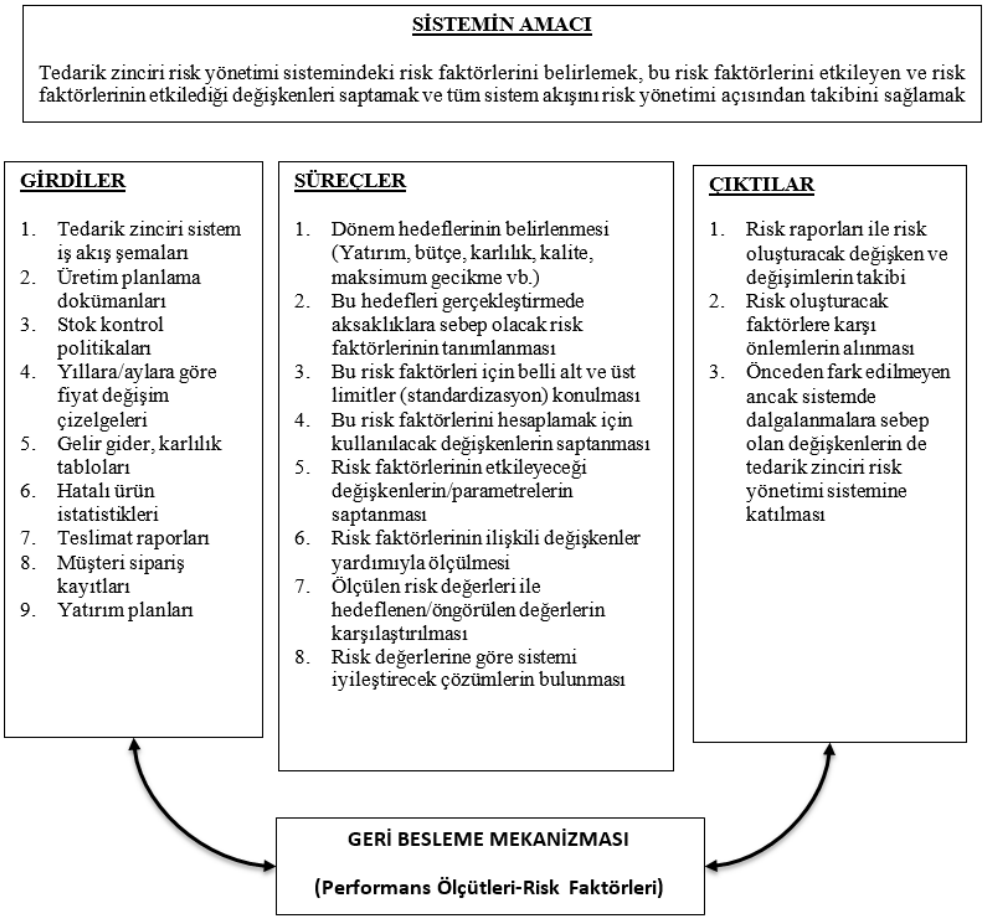
Vlachos ve diğerlerine göre (2007), sistem dinamiği yaklaşımı dinamik endüstriyel yönetim problemleri için uzun dönemli karar vermek amacıyla kullanılmaktadır. Tedarik zinciri modellemesinde oldukça az uygulama alanı vardır, kullanılan alanlar ise tedarik zinciri yeniden düzenlemesi (Towill), bütünleşik gıda tedarik zincirindeki karmaşık lojistik davranışların incelenmesi (Minegishi ve Thiel), otomatik geri bildirim mekanizmalarıyla üretim-dağıtım hattında etkili bilgi paylaşımı (Sanghwa ve Maday) gibi tersine lojistik ve üretim faaliyetlerinin incelenmesi ağırlıklıdır.

Günümüzde yüksek kalite, düşük fiyatla ve geciktirmeden ürün teslimatı yapmak çeviklik ve çevredeki değişimlere anında tepki gerektirir. Bu da ancak tedarik zinciri

oyuncuları arasındaki etkileşimin gözlemlenip analiz edilmesiyle mümkündür (Hanafizadeh ve Sherkat, 2009). Esneklik, dinamizm, belirsizlik, çok amaçlılık, dağınık bileşenlerin olması gibi özellikler içeren tedarik zinciri risk yönetiminin diğer modelleme türlerinden çok sistem dinamiği yaklaşımıyla incelenmesini gerekli kılmaktadır. Sodhi ve Tang (2009)'ın da vurguladığı gibi, tedarik zincirinde belirsizlikler, koordinasyon bozuklukları, kapasite yetersizlikleri ve talep dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır; kurulacak model de bu dinamikleri yansıtacak ve tedarik zincirinin tüm elemanlarını kapsayacak nitelikte olmalıdır.

4. GELİŞTİRİLEN MODEL

Tedarik zinciri risk yönetimi yukarıda da bahsedildiği üzere son yıllarda gelişen bir kavramdır ve yapılan çalışmalar sadece belli başlı risk faktörlerine odaklanmıştır. Tezde amaçlanan ise tüm zincir boyunca ortaya çıkabilecek olası riskleri incelemektir; ancak tüm sistemde ortaya çıkabilecek tüm riskleri modellemek mümkün değildir. Bu bakımdan oluşturulacak sistem dinamiği modeli için en önemli nokta, sistem dinamiği ile incelenecek sistemin sistem sınırlarını ortaya koymaktır. Sistem sınırlarını ortaya koymak için sistem süreçlerini, girdi ve çıktısını yansıtan sistem diyagramı Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1: Tedarik zinciri risk yönetiminin sistem diyagramı.

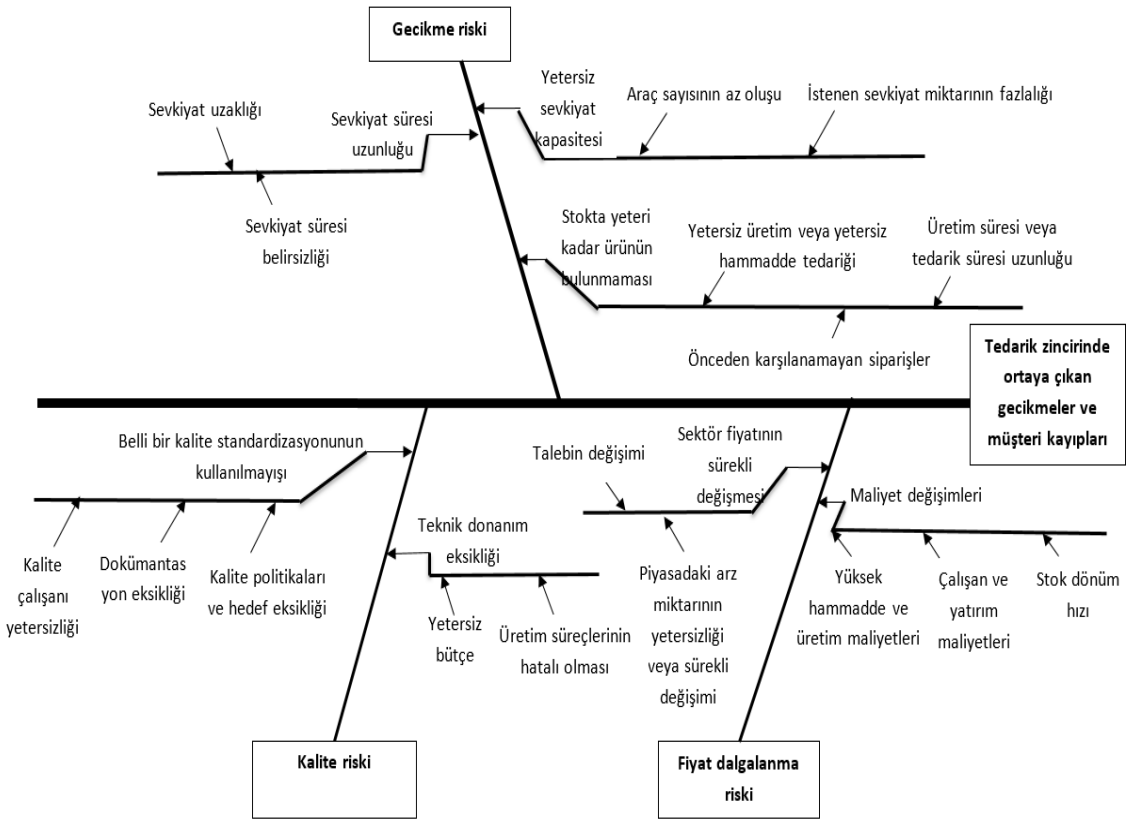
Bu tezde önerilen model ile amaçlanan, tedarik zinciri yönetimindeki risk faktörlerini belirlemek, bu risk faktörlerinin nasıl oluştuğunu açıklamak ve risk faktörlerinin sistemde diğer hangi değişkenleri etkilediğini saptamaktır. Tedarik zinciri risk yönetimi ile ilgili değişkenlerin değerleri zincir elemanlarından toplanacak verilere bağlıdır. Bunun için uygun kaynaklar tedarik zinciri iş akış şemaları, üretim planlama ve hammadde sipariş çizelgeleri, stok takip çizelgeleri, yıllara ve aylara göre fiyat değişim çizelgeleri, gelir-gider tabloları, ay sonları/ yıl sonlarında açıklanan kar rakamları, hatalı ürün istatistikleri, ürün teslimat raporları, müşteri sipariş kayıtları ve yatırım planları olabilir.

Tedarik zinciri risk yönetimi süreçleri literatürde de bahsedilen süreçlerle benzerlik göstermektedir: Yılbaşında veya belirli dönemlerin başında yatırım, kalite iyileştirme, servis iyileştirme, kar arttırma gibi hedefler konulur. Bu hedefleri gerçekleştirmeyi aksatacak ve zincirdeki faaliyetlerin istenen şekilde gerçekleştirilmemesine sebebiyet verecek değişkenler ve risk faktörleri belirlenir. Ardından bu risk faktörlerini ölçmek için belli bir sınır (alt ve üst limit) konur; ya da kalite vb. sertifikasyon istenen bölümlerde ulusal veya uluslararası standartlara uygun şekilde belli bir alt ve üst limit belirlenir. Risk faktörlerini ölçmek için değişkenler saptanır ve bu değişkenlerin değerleri takip edilir. Ölçülen değişkenler ve risk faktörleri değerleri ile önceden belirlenen standartlar karşılaştırılır; aradaki farkların sebepleri irdelenir ve önleyici çalışmalar yapılır. Bu çalışmalar risk faktörlerinin çıktı raporlarından yapılabilir.

Önceki çalışmalarda ele alınan risk faktörleri ve önerilen değişkenlerden (Akanle ve Zhang (2008), Sodhi ve Tang (2009), Germain ve diğerleri (2007), Hanafizadeh ve Sherkat (2009)) yola çıkılarak geleneksel tedarik zinciri için risk faktörleri teslimat gecikmesi riski, kalite riski ve fiyat dalgalanma riski olarak belirlenmiştir. E-ticaret tipi çalışan firmalar için de bu risk faktörlerine ek olarak internetten gelen siparişleri değerlendirme açısından bilgi gecikmesi riski literatürde taranan çalışmalardan biri olan (Ramanathan, 2012)'nin çalışması dikkate alınarak modelde değerlendirmeye alınmıştır.

Tezde incelenen fiyat dalgalanma, kalite ve geç teslimat riskleri yukarda belirtilen değişkenlere bağlı olarak zincirleme bir yapı göstererek değişmektedir. Bu nedenle fiyat dalgalanma, gecikme ve kalite risklerinin olası sebepleri Şekil 4.2' deki neden sonuç diyagramında verilmektedir. Bu diyagramdan da görüldüğü üzere, tedarik zinciri risk

yönetimine duyulan ihtiyaç, tedarik zincirinden kaynaklanan aksaklıklar ve problemlerden kaynaklanmaktadır. Daha önceden de bahsedildiği üzere literatürde ele alınan 3 ana risk faktörü modele dâhil edilmiştir: Gecikme (geç teslimat), fiyat dalgalanma ve kalite riski. Diyagramda da görüldüğü üzere gecikme riskinin 3 ana sebebi bulunmaktadır: Yetersiz sevkiyat kapasitesi, stokta istenen ürünün bulunmayışı ve sevkiyat süresi uzunluğu. Öte yandan kalite riskini ortaya çıkaran sebepler de belli bir standardizasyon yöntemi veya sisteminin kullanılmayışı ve teknik donanım eksikliği olarak sıralanabilir. Fiyat dalgalanma riskinin sebepleri de firma içi maliyetlerin değişimi veya sektördeki fiyat trendinin değişmesi olabilir. Modelde ele alınması gereken bu nedenleri temsil edecek değişkenleri belirlemek ve modelin akışını bu nedenlere uygun olarak kurmaktır.



Şekil 4.2: Tedarik zincirinde ortaya çılan problemlerin neden-sonuç ilişkisi.

Bu risk faktörlerinin ölçümü için literatür çalışmalarından derlenen ve tedarik zincirini etkileyen aşağıdaki değişkenler dikkate alınmıştır:

Çizelge 4.1: Risk takibi için incelenecek süreçler ve bu süreçlerin incelenmesi için gereken veriler.

Takip edilecek süreçler	İlgili veriler
Stok takibi açısından	Hammadde ve ürün stoklarındaki stok değişimi Stok kontrol zamanları
Talep tahmini ve talep karşılama açısından	Satış gücü bilgileri Tedarik ve teslimat süreleri Üretim kapasitesi geliştirme çalışmaları Geç teslimat, bilgi gecikmesi, kalite ve fiyat dalgalanması değişimlerinin potansiyel talebe etkileri Hedeflenen gecikme süresi
Fiyat takibi ve karşılaştırması açısından	Aylara göre Fiyat bilgileri Maliyet bilgileri Kar bilgileri Stok devir hızı verileri
Üretim kontrol ve planlama için	Üretim iş emirleri Sevkiyat ve üretim kapasiteleri Üretim kapasite yetersizlik oranları Stok devir hızı verileri Tedarik ve teslimat süreleri Üretim süresi
Yatırım kararı	İşletmenin dönem başlarında karar verdiği bütçe ve bütçe ayrım oranları Tahmini yatırım dönemleri, analiz periyotları
Müşteri memnuniyeti	Teslim süreleri, geç yapılan sevkiyatlar, karşılanamayan siparişler Sipariş işleme süreleri
Kalite kontrol	Üretim sonrası ve sevkiyat sonrası hatalı çıkan ürün veya hammadde miktarı Kalite geliştirme çalışmaları ve Hedeflenen kalite seviyesi,

Bu faktörlerden kalite riskini ölçmek için hatalı ürün oranına, kalite iyileştirme için çalışan kişi sayısına, kalite geliştirme için ayrılacak bütçeye ve kalite yatırım zamanına bakılır. Hatalı ürün oranı ve kalite geliştirme için çalışan kişi sayısı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır; kalite çalışanı sayısı arttıkça hatalı ürün oranı azalır. Hatalı ürün oranı belli zaman içinde kalitesizlik algısını oluşturur ve uygulanan kalite standartlarıyla kalitesizlik algısı karşılaştırılınca kalite riski belirlenmiş olur.

Gecikme ya da geç teslimat riski de geciken sipariş miktarı ve sevk edilen sipariş miktarı oranına bağlı olarak değişmektedir. Bu oran ile hedeflenen gecikme oranı karşılaştırıldığında gecikme sapma oranı belirlenir. Gecikme sapma oranı arttıkça da gecikme riski artar.

Fiyat dalgalanma riski, sabit ve değişken maliyetlerin toplamı ve toplam satışları oranlayarak elde edilen toplam birim maliyet ile stok değişim hızına bağlı olarak belirlenir. Minimum belirlenecek fiyat, değişken maliyetleri karşılayacak şekilde belirlenmelidir. Öte yandan maliyetin ve stok devir hızının fiyata etkisi de hesaba katılmalıdır. Son olarak firmanın kar payı da dikkate alınarak firma beklenen fiyatı belirlenir. Sektör fiyatı ile beklenen fiyat arasındaki oran da fiyat dalgalanma riskini vermektedir.

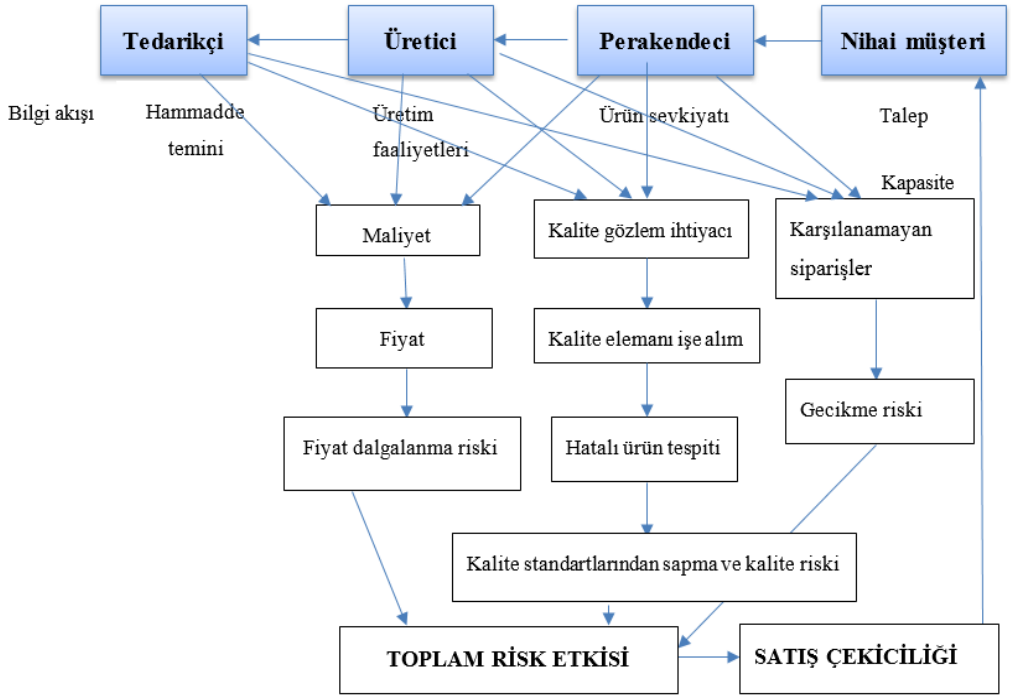
Önceki bölümlerde de detayıyla anlatılan tedarik zinciri risk yönetimi geleneksel ve e-ticaret tedarik zincirleri için kavramsal model ortak ve farklı taraflarıyla ayrı ayrı ele alınacaktır.

4.1. Geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi için önerilen model

Daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere, geleneksel tedarik zincirinde 4 aşama bulunmaktadır: Son müşteri, perakendeci, üretici ve tedarikçi. **Bu zincirde varsayılan**, kalite, gecikme ve fiyat dalgalanma riskinden oluşan toplam risk skoru, satış çekiciliğini ve dolayısıyla gerçek talep miktarını etkilemektedir. Aşağıda geleneksel tedarik zinciri modelinin diğer varsayımları verilmektedir:

- Tedarikçi ve perakendecinin bir üretim faaliyetinde bulunmadığı, tedarikçinin hammadde transferi yaptığı ve perakendecinin de üreticiden aldığı bitmiş ürünü son müşteriye sattığıdır.
- Tedarikçi, üretici ve perakendeci arasında yapılan anlaşmaya göre tedarikçi üreticinin, üretici de perakendecinin taleplerinin belli bir kısmını karşılamalıdır.
- Üretici, tedarikçi ve perakendeci aralarındaki anlaşma dışında da satış yapabilirler.
- Tedarikçi, üretici ve perakendeci, karşılayamadığı veya üretemediği ürün miktarı kadar kendi tedarikçisine sipariş verir.

- Üreticinin perakendeciye yaptığı sevkiyatlar bitmiş stoğu üzerinden olmaktadır, tedarikçi de toplam sevkiyatı üzerinden belli bir oranı üreticiye gönderir.
- Kalite riski hesaplanırken, kalite çalışmalarından sadece kalite elemanı işe alım oranı dikkate alınmıştır. Diğer kalite geliştirme çalışmaları dikkate alınmamıştır.
- Maliyet hesabında, çalışan maliyeti, elde bulundurma maliyeti alınan hammadde maliyeti, bakım maliyeti ve sabit maliyetler dikkate alınmıştır. Diğer maliyet kalemleri düşünülmemiştir.
- Perakendeci aşamasında bozulan ve kaybolan ürünler dikkate alınıyorken, diğer aşamalarda bu olay dikkate alınmamıştır. Üretici aşamasında hatasız ürünler depodan ayıklanmaktadır, diğer aşamalarda depodan ayıklanmamıştır.
- Maliyetin fiyat esnekliği, otomotiv sektörüne göre belirlenmiştir. Ayrıca toplam sevkiyat satış olarak nitelendirilmektedir.
- Üretici talepleri karşılamak için kapasite arttırma çalışmaları yapmaktadır, ancak zincirin diğer elemanları bunu yapmamaktadır.



Şekil 4.3: Geleneksel tedarik zinciri modeli.

Geliştirilen modelde birbirini etkileyen değişkenler ve en kritik döngüler, benzer faaliyetler gösteren tedarikçi ve perakendeci için aşağıdaki gibidir:

- Perakendeci veya tedarikçi stoğu ile planlanan stok düzeyi arasındaki fark kadar tedarikçinin tedarikçisine veya perakendecinin tedarikçisine (üreticiye) verilen sipariş belirlenir. Bu sipariş, taşıma kapasitesi ve sipariş verilen yerin stoğuna bağlı olarak hepsi ya da belli bir miktarı yine tedarikçinin ya da perakendecinin stoğuna gönderilir. Bu ilişkiler stokla ilgili bir döngü oluşturur.
- Tedarikçi ve perakendeci gecikme riski, karşılanamayan siparişlerin tedarikçi ve perakendecinin toplam yaptığı sevkiyat miktarına oranı ile bulunmaktadır. Gecikme riski toplam risk etkisini etkilemektedir; toplam risk etkisi de satış çekiciliğini belirlemektedir. Satış çekiciliği de gerçek talebi belirler ve bu da müşteri siparişlerine eşittir. Müşteri siparişleri ve toplam yapılan sevkiyattan zamanla yaşanan birikim ve azalmalar ile karşılanamayan siparişler belirlenir, bu ilişkiler döngü oluşturur.
- Tedarikçi veya perakendeci giderleri, sabit maliyet ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Toplam maliyetlerin toplam satışlara bölünmesiyle elde edilen birim maliyetler de fiyatı belirler, fiyat da satışlarla çarpılınca ciro (tedarikçi veya perakendeci geliri) elde edilir; gelir ve giderlerin zamanla değişimiyle kasadaki miktar değişmektedir. Bu ilişkiler de döngü oluşturur.
- Tedarikçi veya perakendecinin birim maliyetleri ile saptanan "belirlenen fiyat" ın zamanla değişiminden elde edilen tedarikçi/perakendeci beklenen fiyatı ile tedarikçi/perakendeci sektör fiyatı arasındaki farkın sektör fiyatına oranı ile fiyat riski belirlenmektedir; fiyat riski satış çekiciliğini etkilemekte ve müşteri siparişleri de dolaylı olarak etkilenmektedir. Bu da karşılanamayan siparişler ve toplam sevkiyata etki etmektedir. Toplam maliyetlerin toplam sevkiyata bölümüyle elde edilen fiyat ile müşteri siparişleri yukarıda açıklanan bu ilişkilerden dolayı döngü içindedir.
- Kasadaki miktar kadar para ile belirlenen yüzde çarpılarak kalite kontrol geliştirme hizmetleri bütçesi belirlenir. Bu bütçeye göre kalite kontrol elemanı işe alınmaktadır ve kalite kontrol elemanı ne kadar çoksa o kadar az hatalı ürün müşteriye gönderilmektedir. Hatalı ürün oranının zamanla değişimi de kalitesizlik göstergesidir ve hedeflenen kalite düzeyi (kalite standardizasyonlarına göre en fazla % kaç hatalı ürün çıkarılmalıdır) ile gerçekleşen bu kalitesizlik yüzdesinin farkı ile hesaplanan kalite riskini

belirlemektedir; bu da satış çekiciliğini, dolayısıyla müşteri siparişlerini ve toplam sevkiyatı etkiler. Toplam sevkiyatı kullanılarak hesaplanan gecikme riski de yine aynı ilişkileri takip edince müşteri siparişlerini azaltır, bu da kasadaki miktarı etkiler ve dolaylı olarak kalite geliştirme bütçesini etkiler. Bu ilişkiler de bir döngü oluşturur.

Üretici için de yukarıdaki döngülere benzer ilişkiler çıkarılabilir. Ancak tedarik zincirinin üretici kısmında dikkat edilecek konu, üretici firmanın üretim faaliyetlerini gerçekleştirdiğidir. Buna bağlı olarak döngüler de kısmen değişmektedir.

- Müşteri siparişleri ile saptanan başlangıç üretim miktarını kullanarak belirlenen tedarikçiden beklenen hammadde miktarı bulunmaktadır. Üreticinin hammadde stoğu ile beklenen hammadde arasındaki farkla tedarikçiden transfer edilecek hammadde miktarı hesaplanır. Başlangıç üretim miktarı ile transfer edilen hammadde miktarının zamanla azalıp birikmesiyle üretici hammadde stoğu değişir. Bu ilişkiler hammadde stoğu ile ilgili bir döngü oluşturur.
- Tedarikçi ve perakendecide rastlanan döngülere benzer olarak, toplam sevkiyatın içinde karşılanamayan siparişlerin oranından hesaplanan gecikme riski, satış çekiciliğini belirlemektedir. Satış çekiciliğine de göre müşteri siparişleri gelmektedir. Üretici karşılanamayan siparişleri de zamanla gelen müşteri siparişlerinden ve toplam sevkiyatlardan dolayı değişmektedir. Bu ilişkiler de döngü oluşturur.
- Müşteri siparişleri ile belirlenen üretim emri sayısı ile kararlaştırılan üretim oranı hesaplanır. Üretim oranı ile de üretime sipariş edilen miktar değişir. Bu da hatalı ürün oranı ile çarpılmasıyla hatalı ve hatasız ürünlerin hesaplanmasını sağlar. Bu da üreticinin bitmiş ürün stoğunun değişmesine neden olur. Bitmiş ürün stoğu değiştikçe de üretim emri sayısı değişir. Böylece üretim ile ilgili bir döngü oluşmuş olur.
- Üretici bitmiş ürün stoğu da fiyatı etkilemektedir. Bitmiş ürün stoğu ile üretici değişken maliyetler değişmekte ve dolayısıyla üretici minimum fiyat, üretici gösterge fiyat ve üretici beklenen fiyat değişmektedir. Bu nedenle fiyat riski değişmekte, bu da müşteri siparişlerine ve dolaylı olarak bitmiş stoğa etkisini göstermektedir. Stok- fiyat döngüsü ile nitelendirilen bu döngü, üretici sisteminin tümünde rastlanacak diğer döngülerin içinde bulunmaktadır.

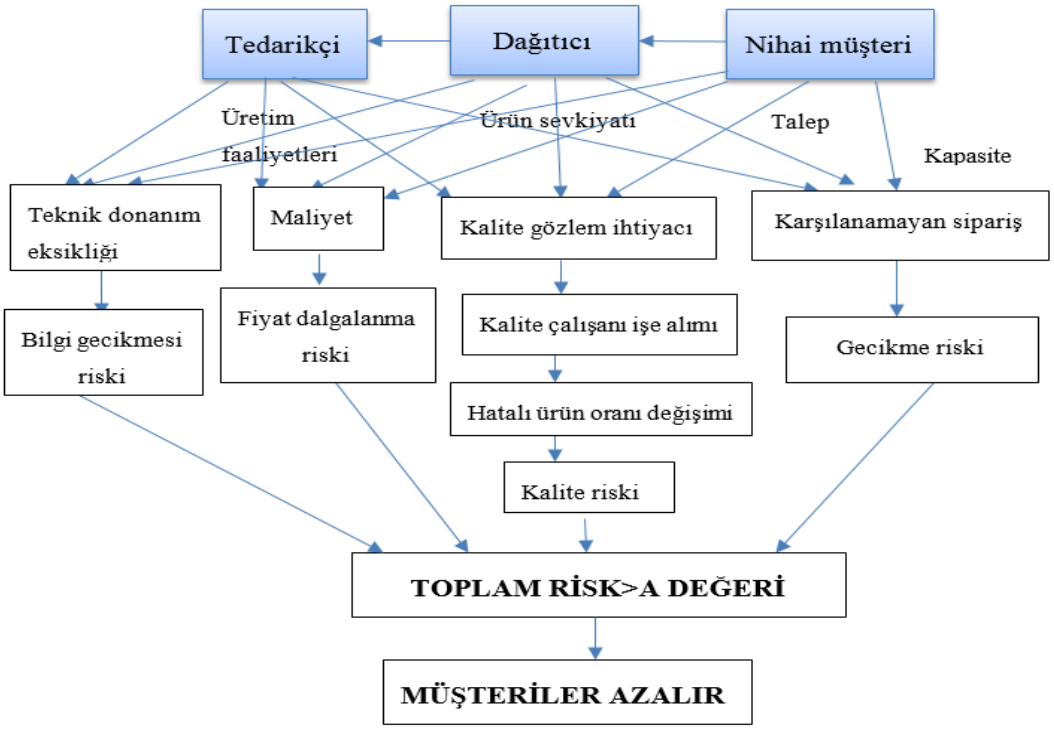
- Tedarikçi- perakendeci kısmında anlatılan giderlere benzer olarak, üretici giderleri sabit maliyet ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Toplam maliyetlerin toplam satışlara bölünmesiyle elde edilen birim maliyetler de fiyatı belirler, fiyat da satışlarla çarpılınca ciro (üretici geliri) elde edilir; gelir ve giderlerin zamanla değişimiyle kasadaki miktar değişmektedir. Bu ilişkiler de döngü oluşturur.
- Kasadan ayrılan belli miktardaki bütçe ile üretim kapasitesi arttırma çalışmaları yapılmaktadır, bu da üretim miktarını ve dolayısıyla bitmiş ürün stoğunu ve üreticiden yapılacak toplam sevkiyatı etkiler. Bitmiş ürün stoğundaki miktar da sırasıyla üretici birim değişken maliyetini, üretici minimum fiyatını ve üretici fiyatını etkiler. Üretici fiyatı ile üretici toplam sevkiyatı çarpılarak elde edilen üretici geliri ve üretici giderleri zamanla artıp azalır ve bu birikim kasadaki miktarı etkiler. Burada 2 tür döngü çıkmaktadır: Birincisi üretici birim maliyetlerle hesaplanan üretici beklenen fiyatı ve hedeflenen sektör fiyatı sapmasından bulunan üretici fiyat riski ile toplam üretici riski etkilenir; bu da satış çekiciliğine yansır. Satış çekiciliğinin değişimi ile gelen perakendeci siparişleri değişir, böylece üretim miktarı ve üretim kapasitesi yatırımları farklılaşır. İkinci döngü de gecikme riski üzerinden olmaktadır. Üretim kapasitesinden etkilenen üretici bitmiş ürün stoğu ile üretici toplam sevkiyatları değişir ve böylece gecikme riski etkilenir. Gecikme riskinin etkilenmesi toplam riski de etkiler ve böylece perakendeci siparişleri, dolayısıyla da üretici toplam sevkiyatı değişir. Bu da fiyatlar üzerine etkide bulunur, fiyat riski değişir.
- Kasadaki miktarın değişiminin bir diğer yansıması da kalite geliştirme faaliyetlerine olacaktır. Kasadaki miktardan kalite geliştirme için belli bir bütçe ayrılmaktadır, böylece daha çok kalite elemanı alınır. Bu nedenle hatalı ürün oranı azalır ve dolayısıyla da kalite riski azalır. Kalite riskinin değişimi, daha çok perakendeci siparişini beraberinde getirir; böylece hem üretim kapasitesi miktarı değişmelidir hem de üretim oranının değişiminden dolayı kalite geliştirme personeli sayısı artmalıdır. Böylece kalite riski yine değişir, perakendeci siparişleri değişir ve bu da toplam sevkiyatı etkiler. Toplam sevkiyatın değişimi üretici fiyatının değişimini ve kasadaki miktarı etkiler. Bu da üretici faaliyetlerinde görülebilecek başka bir döngüdür denebilir.

Tüm geleneksel tedarik zinciri sistemine bakılacak olunursa, tedarikçi fiyatındaki değişim üretici fiyatını, bu da perakendeci fiyatını etkilemektedir. Bunun yanında tedarikçi gönderilen toplam sevkiyatı üretici hammadde stoğunu ve dolayısıyla başlangıç üretimini etkiler. Benzer şekilde, üretici bitmiş ürün stoğu da perakendeci gelen siparişlerini ve perakendeci toplam sevkiyatını etkiler. Perakendeci toplam sevkiyatının etkilenmesi de perakendecinin stoğu için üreticiye sipariş verilen miktarı değiştirir. Böylece dolaylı olarak üretici siparişleri etkilenecek, tedarikçiden gönderilen toplam sevkiyat da değişecektir. Tüm sistemdeki değişkenler yukarıda anlatılan döngülerden etkilenecek ve kritik öneme sahip değişkenler de bu doğrultuda değişecektir.

4.2. E-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi için önerilen model

E-ticaret tipi tedarik zinciri risk yönetimi performansına daha önceden de bahsedildiği üzere, geleneksel tedarik zincirinde görülen risklerin yan sıra internetten siparişi ve alımı kolaylaştıran sunucunun kapasitesi ve çalışması da etki etmektedir. Bu nedenle yukarıda neden-sonuç diyagramı verilen müşteri kayıpları ve gecikme probleminin nedenlerine sunucu (server) bilgi gecikmesi riski de eklenmelidir. Bilgi gecikmesi riskinin sebepleri, yetersiz kapasitede sunucuların kullanımı veya sunucu bozulmaları olabilir. Yetersiz kapasitede sunucu kullanımının sebepleri de sunucu geliştirme için yeterli bütçenin bulunmayışı ve artan müşteri talepleri gösterilebilir. Sunucu bozulmalarının sebepleri daha çok teknolojiktir; birim zamanda gelen müşteri siparişlerine cevap veremeyen sunucu yeni sipariş almakta zorlanır. Aniden artan sipariş miktarı da bozulmalara sebep gösterilebilir. Bu nedenle e-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminin kavramsal modelinde bilgi gecikmesi riski de hesaplanarak, bilgi gecikmesi riskinin müşteri sipariş miktarına etkisi de araştırılmıştır.

E-ticaret tedarik zinciri iki aşamadan oluşmaktadır: Tedarikçi gelenekselden farklı olarak üretim yapmakta ve dağıtıcıya ürettiği ürünü pazarlamaktadır. Bu nedenle e-ticaret zincirindeki tedarikçi, geleneksel yapıda anlatılan **"üretici"** modeline oldukça benzemektedir. Bu yapıda düşünülecek olunursa, tedarikçi için geleneksel yapıdaki üretici akışı; dağıtıcı içinse üretilen ürünün nihai üreticiye ulaştırılması, dolayısıyla geleneksel yapıdaki **perakendeci** yapısı dikkate alınmıştır. Aşağıda e- ticaret tedarik zinciri modeli için varsayımlar aşağıdaki gibidir:



Şekil 4.4: E-ticaret tedarik zinciri modeli.

- Tedarikçi için geleneksel yapıdaki üretici yapısı düşünülmüştür. Bu bakımdan üretici için geçerli olan tüm varsayımlar burada da geçerlidir.
- Burada belirtilecek bir başka nokta, üretim miktarı oldukça artmıştır ve tedarikçi dağıtıcının isteklerinin belli bir yüzdesini karşılamalıdır.
- Dağıtıcı müşterilerinin karşılayamadığı siparişleri kadar tedarikçiye sipariş vermektedir. Dağıtıcı, tedarikçisiyle stok üzerinden belli bir oranda anlaşmalıdır.
- Ayrıca hem dağıtıcı hem de tedarikçinin başka müşterileri de olacaktır; bu müşteriler, potansiyel müşteri ve gerçek müşteriler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Potansiyel müşteriler tedarikçi ve dağıtıcının risk durumlarına bağlı olarak gerçek müşteriye dönüşürler; ayrıca tedarikçi veya dağıtıcı toplam riski belli bir riskin üzerinde ise gerçek müşteriler sistemden çıkarlar, tedarikçi veya dağıtıcı müşteri kaybeder. Müşteri kaybetme ve kazanma sınırı 0,35 olarak belirlenmiştir.
- Geleneksel yapıdaki kalite ve fiyat-maliyet belirleme stratejisiyle e-ticaretteki yapı aynıdır. Ayrıca toplam sevkiyat satış olarak nitelendirilmektedir.

- Bilgi gecikmesi sunucu kapasitesine bağlıdır varsayımı altında, gelen ortalama siparişler doğrultusunda sunucu geliştirme çalışmaları yapılır. Bu da belli bir bütçe ile mümkündür. Sunucu bakım maliyeti de toplam maliyetlere eklenmiştir.

E-ticaret tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi (üretimi yapan kısım) için oluşan döngüler ve değişkenlerin birbiriyle ilişkisi aşağıdaki gibidir:

- Geleneksel yapıdaki üretici gibi davranış gösteren e-ticaret sistemindeki tedarikçi yapısında, dağıtıcının siparişleri ile saptanan başlangıç üretim miktarını kullanarak belirlenen tedarikçiden beklenen hammadde miktarı bulunmaktadır. Tedarikçinin hammadde stoğu ile beklenen hammadde arasındaki farkla tedarikçinin tedarikçisinden transfer edilecek hammadde miktarı hesaplanır. Tedarikçi başlangıç üretim miktarı ile transfer edilen hammadde miktarının zamanla azalıp artmasıyla tedarikçi hammadde stoğu değişir. Bu ilişkiler hammadde stoğu ile ilgili döngüyü oluşturur.
- Geleneksel yapıdaki tedarikçi ve perakendecide rastlanan döngülere benzer olarak, toplam sevkiyatın içinde karşılanamayan siparişlerin oranından hesaplanan gecikme riski, potansiyel dağıtıcılar üzerine etki etmektedir. Potansiyel dağıtıcılar üzerindeki bu etkiye göre dağıtıcı siparişleri gelmektedir. Tedarikçi karşılanamayan siparişleri de zamanla gelen dağıtıcı siparişlerinden ve toplam sevkiyatlardan dolayı değişmektedir. Bu da gecikme riskini değiştirmektedir. Bu ilişkiler gecikme riski ile ilgili döngü oluşturur.
- Dağıtıcı siparişleri ile belirlenen üretim emri sayısı ile kararlaştırılan üretim oranı hesaplanır. Üretim oranı ile de üretime sipariş edilen miktar değişir. Bunun da hatalı ürün oranı ile çarpılmasıyla hatalı ve hatasız ürünlerin hesaplanması sağlanır. Bu da tedarikçinin bitmiş ürün stoğunun değişmesine neden olur. Bitmiş ürün stoğu değiştikçe de üretim emri sayısı değişir. Böylece tedarikçi üretimi ile ilgili bir döngü oluşmuş olur.
- E-ticarette tedarikçi bitmiş ürün stoğu da tedarikçi fiyatını etkilemektedir. Bitmiş ürün stoğu ile tedarikçi değişken maliyetler değişmekte ve dolayısıyla tedarikçi minimum fiyat, tedarikçi gösterge fiyat ve tedarikçi beklenen fiyat değişmektedir. Bu nedenle fiyat riski değişmekte, bu da potansiyel müşterilere ve dolaylı olarak bitmiş stoğa etkisini göstermektedir. Stok- fiyat döngüsü diye

nitelendirilen bu döngü, tedarikçi sisteminin tümünde rastlanacak diğer döngülerin içinde de bulunmaktadır.

- Daha önce de belirtildiği üzere, tedarikçi giderleri sabit maliyet ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Toplam maliyetlerin toplam satışlara bölünmesiyle elde edilen birim maliyetler de fiyatı belirler, fiyat da satışlarla çarpılınca ciro (tedarikçi geliri) elde edilir; gelir ve giderlerin zamanla değişimiyle kasadaki miktar değişmektedir. Bu ilişkiler de döngü oluşturur.
- Kasadan ayrılan belli miktar bütçe ile üretim kapasitesi arttırma çalışmaları yapılmaktadır, bu da üretim miktarını ve dolayısıyla bitmiş ürün stoğunu ve tedarikçiden yapılacak toplam sevkiyatı etkiler. Bitmiş ürün stoğundaki miktar da sırasıyla tedarikçi birim değişken maliyetini, tedarikçi minimum fiyatını ve tedarikçi fiyatını etkiler. Tedarikçi fiyatı ile tedarikçi toplam sevkiyatı çarpılarak elde edilen tedarikçi geliri ve üretici giderleri zamanla artıp azalır ve bu birikim kasadaki miktarı etkiler. Burada 2 tür döngü çıkmaktadır: Birincisi tedarikçi birim maliyetlerle hesaplanan tedarikçi beklenen fiyatı ve hedeflenen sektör fiyatı sapmasından bulunan tedarikçi fiyat riski ile toplam tedarikçi riski etkilenir; bu da potansiyel perakendecilere ve mevcut perakendecilere yansır. Bu değişim ile gelen perakendeci siparişleri değişir, böylece üretim miktarı ve üretim kapasitesi yatırımları farklılaşır. İkinci döngü de gecikme riski üzerinden olmaktadır. Üretim kapasitesinden etkilenen tedarikçi bitmiş ürün stoğu ile tedarikçi toplam sevkiyatları değişir ve böylece gecikme riski etkilenir. Gecikme riskinin etkilenmesi toplam riski de etkiler ve böylece perakendeci siparişleri, dolayısıyla da tedarikçi toplam sevkiyatı değişir. Bu da fiyatlar üzerine etkide bulunur, fiyat riski değişir.
- Tedarikçi kasasındaki miktarın değişiminin bir diğer yansıması da tedarikçi kalite geliştirme faaliyetlerine olacaktır. Kasadaki miktardan kalite geliştirme için belli bir bütçe ayrılmaktadır, böylece daha çok kalite elemanı alınır. Bu nedenle hatalı ürün oranı azalır ve dolayısıyla da kalite riski azalır. Kalite riskinin değişimi, daha çok dağıtıcı siparişinin değişimini beraberinde getirir; böylece hem üretim kapasitesi miktarı değişmelidir hem de üretim oranının değişiminden dolayı kalite geliştirme personeli sayısı artmalıdır. Bu nedenle kalite riski yine değişir, potansiyel dağıtıcı ve hâlihazırdaki dağıtıcı sayısı

değişir; dağıtıcı siparişleri değişir ve bu da toplam sevkiyatı etkiler. Toplam sevkiyatın değişimi tedarikçi fiyatının değişimini ve kasadaki miktarı etkiler. Bu da tedarikçi faaliyetlerinde görülebilecek başka bir döngüdür.

- Tedarikçi kasasındaki değişim, kalite geliştirme faaliyetlerinin yanı sıra sunucu (server) kapasite geliştirme çalışmalarını da etkilemektedir. Kasadan ayrılan belli miktar bütçe ile gelen müşteri siparişlerinin de ortalaması gözetilerek sunucu kapasitesi yatırımı yapılır, artan sunucu kapasitesi de belli bir maliyet oluşturur. Bu maliyet nedeniyle fiyatlar artar, gelir miktarı değişir. Zamanla gelir gider değişimleri kasadaki miktarı da değiştirir ve sunucu geliştirme çalışmaları etkilenir.
- Sunucu kapasitesinde yapılan iyileştirmeler fiyatı ve bilgi gecikmesi riskini etkilediğinden dolayı potansiyel dağıtıcı sayısı ve gerçekte anlaşılan dağıtıcı sayısı değişir, bu da toplam sevkiyatı değiştireceğinden dolaylı olarak gecikme riski de etkilenir.

E-ticaret tedarik zinciri yönetiminde dağıtıcı (ürünün pazarlamasını yapan ve geleneksel yapıdaki perakendeci davranışına benzer bir davranış gösteren tedarik zinciri aşaması) için oluşan döngüler ve değişkenlerin birbiriyle ilişkisi aşağıdaki gibidir:

- Dağıtıcı stoğu ile planlanan stok düzeyi arasındaki fark kadar dağıtıcının tedarikçisine (tedarikçiye) verilen sipariş belirlenir. Bu sipariş, taşıma kapasitesi ve sipariş verilen tedarikçinin stoğuna bağlı olarak hepsi ya da belli bir miktarı dağıtıcının stoğuna gönderilir. Bu ilişkiler stokla ilgili bir döngü oluşturur.
- Dağıtıcı gecikme riski, karşılanamayan siparişlerin dağıtıcının toplam yaptığı sevkiyat miktarına oranı ile bulunmaktadır. Gecikme riski toplam risk etkisini etkilemektedir; toplam risk etkisi de potansiyel müşterilerin üzerine belli bir etki bırakmaktadır. Potansiyel müşteriler üzerindeki bu etki de gerçek talebi belirler ve bu da müşteri siparişlerine eşittir. Müşteri siparişleri ve toplam yapılan sevkiyattan zamanla yaşanan birikim ve azalmalar ile karşılanamayan siparişler belirlenir, bu ilişkiler döngü oluşturur.
- Dağıtıcı giderleri, sabit maliyet ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Toplam maliyetlerin toplam satışlara bölünmesiyle elde edilen birim maliyetler de fiyatı belirler, fiyat da satışlarla çarpılınca ciro (tedarikçi veya perakendeci geliri) elde

edilir; gelir ve giderlerin zamanla değişimiyle kasadaki miktar değişmektedir. Bu ilişkiler de döngü oluşturur.

- Dağıtıcının birim maliyetleri ile saptanan "belirlenen fiyat"ın zamanla değişiminden elde edilen dağıtıcı beklenen fiyatı ile dağıtıcı sektör fiyatı arasındaki farkın sektör fiyatına oranı ile fiyat riski belirlenmektedir; fiyat riski, toplam riskin potansiyel müşteriler üzerine etkisini etkilemekte ve müşteri siparişleri de bundan dolaylı olarak etkilenmektedir. Bu da karşılanamayan siparişler ve toplam sevkiyata etki etmektedir. Toplam maliyetlerin toplam sevkiyata bölümüyle elde edilen fiyat ile müşteri siparişleri yukarıda açıklanan bu ilişkilerden dolayı döngü içindedir.
- Kasadaki miktar kadar para ile belirlenen yüzde çarpılarak kalite kontrol geliştirme hizmetleri bütçesi belirlenir. Bu bütçeye göre kalite kontrol elemanı işe alınmaktadır ve kalite kontrol elemanı ne kadar çoksa o kadar daha az hatalı ürün müşteriye gönderilmektedir. Hatalı ürün oranının zamanla değişimi de kalitesizlik göstergesidir ve hedeflenen kalite düzeyi (kalite standardizasyonlarına göre en fazla % kaç hatalı ürün çıkarılmalıdır) ile gerçekleşen bu kalitesizlik yüzdesinin farkı ile hesaplanan kalite riskini belirlemektedir; bu da riskin potansiyel müşteriler üzerindeki etkisini, dolayısıyla müşteri siparişlerini ve toplam sevkiyatı etkiler. Toplam sevkiyatı kullanılarak hesaplanan gecikme riski de yine aynı ilişkileri takip edince müşteri siparişlerini azaltır, bu da kasadaki miktarı etkiler ve dolaylı olarak kalite geliştirme bütçesini etkiler. Bu ilişkiler de bir döngü oluşturur.
- Dağıtıcı kasasındaki değişim, kalite geliştirme faaliyetlerinin yanı sıra sunucu kapasite geliştirme çalışmalarını da etkilemektedir. Kasadan ayrılan belli miktar bütçe ile gelen müşteri siparişlerinin de ortalaması gözetilerek sunucu kapasitesi yatırımı yapılır, artan sunucu kapasitesi de belli bir maliyet oluşturur. Bu maliyet nedeniyle fiyatlar artar, gelir miktarı değişir. Zamanla gelir gider değişimleri kasadaki miktarı da değiştirir ve sunucu geliştirme çalışmaları etkilenir.
- Sunucu kapasitesinde yapılan iyileştirmeler fiyatı ve bilgi gecikmesi riskini etkilediğinden dolayı potansiyel müşteri ve gerçek müşteri miktarı değişir, bu da toplam sevkiyatı değiştireceğinden dolaylı olarak gecikme riski de etkilenir.

Tüm e-ticaret sistemi düşünüldüğü zaman, tedarikçi fiyatındaki değişim dağıtıcı fiyatındaki değişimi de etkilemektedir. Bu bakımdan tedarikçi fiyatındaki değişim, tedarikçi riskini ve dolayısıyla da dağıtıcı riskine etki etmektedir. Bunun yanında tedarikçi bitmiş ürün stoğu da dağıtıcının stoğunu ve dolayısıyla dağıtıcının toplam sevkiyatlarını etkilemektedir. Dağıtıcının da stoğunun ve sevkiyatının değişimini fiyata ve dolaylı olarak da dağıtıcının riskine yansımaktadır.

E-ticaret ve geleneksel yapıdaki tedarik zinciri arasındaki en önemli fark, geleneksel yapıda tedarik zinciri elemanları birbirlerindeki değişimlerden doğrudan etkilenmesi ve zincirin elemanlarının değişiminden sadece beraber iş yaptığı zincir ortaklarının etkilendiği durumdur; bunun yanında e-ticaret sisteminde potansiyel müşteri ve potansiyel dağıtıcı da tedarikçi ve dağıtıcının riskinden etkilenir. Belli bir değerin üzerine çıkan risk, sisteme girmeye aday tedarikçi ve dağıtıcı sayısı azalır.

5. SİMÜLASYON MODELİ

Nedensel döngü diyagramlarındaki değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak hazırlanan sistem dinamiği modelini çalıştırmak amacıyla POWERSIM 5 paket programı kullanılmıştır. Uzun dönemli planlama yapılacağı varsayılarak program çalıştırma süresi 70 yıl olarak belirlenmiştir. Program geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi modeli için yaklaşık 0,004 gün, e-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi modeli içinse 0,0625 zaman aralığında çalıştırılmıştır. Bu zaman aralıkları belirlenirken 3. dereceden gecikme yaşanan değişkenler dikkate alınmıştır.

Geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi sistemi için ayrı ayrı oluşturulan sistem dinamiği modelleri şu şekilde anlatılabilir.

5.1. Geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin takibi için oluşturulan sistem dinamiği modeli

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi çekme sistemi düşünülerek modellenmiştir. Bu bakımdan tedarik zincirinin son halkasından alınan müşteri siparişleri sistemi ciddi şekilde etkilemektedir.

Sisteme müşteri siparişleri perakendecinin satış çabalarıyla yaptığı satışlar olarak kabul edilmiştir. Yapılan bu satışlar, önceki dönemlerde yaşanan problemlerden etkilenmektedir, bu nedenle müşteriden gelen sipariş miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Perakendeci\ müşteri\ siparişleri = (Satış\ ekibindeki\ personel\ sayısı.satış\ etkililiği).perakendeci\ satış\ çekiciliği \quad \textbf{(5.1)}$$

Satış ekibinin yaptığı satışlara ve stok kontrol zamanına göre planlanan stok seviyesi belirlenir. Buna göre planlanan stok aşağıdaki gibi hazırlanır:

$$Perakendeci\ planlanan\ stok\ seviyesi = Perakendeci\ ortalama\ talep.Stok\ kontrol\ zamanı \quad \textbf{(5.2)}$$

$$Perakendeci\ stok\ seviyesi = \int (\text{Üreticiden gelen siparişler} - Perakendeci\ toplam\ sevkiyat\ miktarı).dt \quad \textbf{(5.3)}$$

Planlanan stok ve gerçekleşen stok arasındaki fark perakendecinin tedarikçisine (üreticiye) verilen siparişi belirlemektedir. Perakendecinin üreticiye verdiği sipariş miktarı da aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Üreticiye verilen sipariş miktarı} = \frac{(MAX(Perakendeci\ stok\ seviyesi - Planlanan\ stok\ seviyesi), 0\ adet)}{Sipariş\ verme\ periyodu} \quad \textbf{(5.4)}$$

Yukarıdaki bu formülasyona göre perakendeci stoğundaki miktar ve talebe göre planladığı miktar arasındaki fark kadar üreticiye sipariş verecektir; bu fark negatif bir değer ise hiç sipariş vermeyecektir, çünkü mevcut stoğu planladığı stoğundan fazladır. Sipariş verme periyoduna bağlı olarak haftalık zaman diliminde verilen sipariş belirlenir. Üreticiden yapılan sevkiyat ile stok seviyesi artar ve bu stoktan sevkiyat yapılır. Perakendecinin yaptığı toplam sevkiyat miktarı da aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Perakendeci\ toplam\ sevkiyat\ miktarı = \left(\frac{Perakendeci\ karşılanamayan\ siparişler}{Perakendeci\ hedeflenen\ gecikme\ süresi}\right) + DELAYINF(\text{Müşteri siparişleri}; 6\ hafta; 1) \quad \textbf{(5.5)}$$

$$Perakendeci\ karşılanamayan\ siparişler = \int (Perakendeci\ \text{müşteri siparişleri} - Perakendeci\ toplam\ sevkiyat\ miktarı).dt \quad \textbf{(5.6)}$$

Toplam sevkiyat miktarı, gelen müşteri siparişlerinin belli bir zamanda gecikmeli olarak karşılanması ve karşılanamayan siparişlerin de hedeflenen gecikme süresini aşmadan karşılanmasını amaçlayarak belirlenir. Müşteri siparişlerinin karşılanmasındaki gecikme, müşteri siparişinin alınması, gerekli yazışmaların yapılması ve sevkiyat hazırlıkları süreçlerini kapsadığından dolayı oluşmaktadır. Bu nedenle müşteri sipariş ettiği anda sevkiyat gerçekleşememektedir.

Perakendeci toplam sevkiyatının içindeki karşılanamayan siparişlerin oranı gösterilen gecikme oranını vermektedir. Bu gecikme oranının hedeflenen gecikmeden sapması da gecikme sapması olarak nitelendirilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Perakendeci\ gecikme\ sapması = \frac{Hedeflenen\ gecikme\ süresi - perakendeci\ gecikme\ süresi}{Hedeflenen\ gecikme\ süresi} \quad \textbf{(5.7)}$$

Bu bulunan gecikme sapması ile perakendecinin gecikmesi arasında bir ilişki bulunmaktadır, bu ilişki doğrusal regresyon kullanılarak tablo değeri şeklinde hesaplanır. Bunun anlamı, hedeften sapılan her değer için gecikme riski artmaktadır, bu değer de müşteri anketlerinde sorulan gecikme yüzdesiyle ilişkilendirilir. Müşterinin verdiği bu gecikme yüzdesi de risk olarak değerlendirilir. Gecikme riski, toplam risk değerini hesaplarken kullanılır.

$$Perakendeci\ gecikme\ riski = a.perakendeci\ gecikme\ sapması + b \quad \textbf{(5.8)}$$

Perakendeci yaptığı her sevkiyat başına belli bir kalite düzeyini tutturmak zorundadır. Bu nedenle işletmeye kalite kontrol elemanı alınır. Bu elemanların alım sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Alınabilecek\ kalite\ elemanı\ sayısı = \frac{Perakendeci\ kalite\ bütçesi}{(Perakendeci\ kalite\ elemanı\ işe\ alım\ maliyeti + Kalite\ elemanı\ ücreti)} \quad \textbf{(5.9)}$$

Bu denkleme göre, perakendeci gelir-gider hareketlerinden etkilenip zamanla değişen kasadan ayrılan belli bir kalite bütçesinden kalite personeli işe alım maliyeti (kalite personeli eğitim giderleri vb.), personel ücreti maliyeti toplamı ve personelin firmaya mal olacak toplam maliyeti belirlenerek, firmanın kaç tane eleman almaya gücü yeteceği hesaplanır. Öte yandan gereken kalite kontrol elemanı sayısı da yapılan sevkiyat sayısının bir kalite elemanının yapabileceği maksimum kontrol sayısına bölünerek hesaplanır. Gereken kalite kontrol elemanı ile alınabilecek kontrol elemanının en küçüğü kadar eleman istihdam edilir, böylece gereken kalite kontrol elemanı ile alınabilecek kontrol elemanının arasındaki fark azaltılarak kalite elemanının sayısını arttırılması, dolayısıyla da gönderilen hatalı ürün sayısının küçültülmesi amaçlanır. Bu hesaplamalar için modelde kullanılan denklemler aşağıdaki gibidir:

$$Gereken\ kalite\ elemanı\ sayısı = \frac{Perakendeci\ ortalama\ sevkiyat\ miktarı}{Perakendeci\ kalite\ çalışanı\ başına\ günlük\ ürün\ sayısı} \quad \textbf{(5.10)}$$

$$İstihdam\ edilecek\ kalite\ elemanı\ sayısı = \frac{MIN(Alınabilecek\ kalite\ elemanı\ sayısı; (alınabilecek\ kalite\ elemanı\ sayısı - gereken\ kalite\ elemanı\ sayısı))}{Kalite\ elemanına\ yatırım\ süresi} \quad \textbf{(5.11)}$$

$$Perakendeci\ mevcut\ kalite\ elemanı\ sayısı = \int Perakendeci\ istihdam\ edilecek\ kalite\ elemanı\ sayısı.\, dt$$

(5.12)

$$Perakendeci\ kalite\ çalışan\ oranı = \frac{Mevcut\ kalite\ elemanı\ sayısı}{Gereken\ kalite\ elemanı\ sayısı}$$

(5.13)

$$Perakendeci\ kalitesizlik\ göstergesi(t) = \int Perakendeci\ kalitesindeki\ net\ değişim.\, dt$$

(5.14)

$$Perakendeci\ kalitesindeki\ net\ değişim = \frac{(Perakendeci\ hatalı\ ürün\ oranı - Perakendeci\ kalitesizlik\ göstergesi)}{Perakendeci\ kalite\ algı\ değişim\ süresi}$$

(5.15)

$$Perakendeci\ kalite\ riski = MAX[\frac{(kalite\ standardı\ hata\ oranı\ -\ kalitesizlik\ göstergesi)}{perakendeci\ kalite\ standardı\ hata\ oranı}]; 0)$$

(5.16)

Öte yandan perakendecinin bu faaliyetlerini sürdürürken, yaptığı sevkiyat, ürün alımları, kalite geliştirme çalışmaları veya stokta ürün barındırmadan vb. dolayı çeşitli gelir ve giderleri olmaktadır. Bu gelir ve giderlerin zamanla değişiminden kasasındaki miktar değişmektedir. Perakendecinin geliri, perakendecinin satış fiyatı ile yaptığı toplam sevkiyatın çarpımı olarak hesaplanır. Perakendecinin giderleri ise, satış elemanı sayısı, kalite çalışanlarının sayısı, eldeki stok sayısı ve üretici satış fiyatına bağlıdır. Bu durumda perakendeci giderleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$Perakendeci\ giderler = Perakendeci\ kalite\ geliştirme\ faaliyeti\ giderleri + malzeme\ satın\ alma\ harcamaları + çalışan\ eleman\ maliyetleri + elde\ bulundurma\ maliyetleri$$

(5.17)

Perakendeci birim maliyeti ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Perakendeci\ birim\ maliyet = \frac{Ortalama\ toplam\ giderler}{Ortalama\ sevkiyat\ miktarı}$$

(5.18)

Perakendeci birim maliyeti de maliyetin fiyata etkisinde önemlidir:

$$Maliyetin\ fiyata\ etkisi$$
$$= 1 + (maliyetin\ fiyat\ esnekliği. \left\{\left(\frac{perakendeci\ birim\ maliyet}{perakendeci\ beklenen\ fiyat}\right) - 1\right\})$$

(5.19)

Öte yandan stok devir hızının da fiyata etkisi gözlenmektedir.

$$Stok\ devir\ hızının\ fiyata\ etkisi =$$
$$\left(\frac{perakendeci\ stoğu}{perakendeci\ toplam\ sevkiyat\ miktarı.referans\ dönüşüm\ değeri}\right)^{stok\ devir\ hızının\ fiyat\ esnekliği}$$

(5.20)

Perakendeci fiyatı, stok devir hızı ve maliyetin etkisi de dikkate alınarak hesaplanır.

$$Perakendeci\ fiyatı =$$
$$Perakendeci\ beklenen\ fiyat. stok\ devir\ hızı\ etkisi. maliyetin\ fiyata\ etkisi \quad \textbf{(5.21)}$$

Perakendeci beklenen fiyatı da perakendeci birim maliyetine belli bir kar payı da katılarak bulunur. Birim maliyetlerdeki değişimin zamanla azalması ve artmasıyla ölçülür:

$$Perakendeci\ beklenen\ fiyattaki\ değişim$$
$$= \frac{(Perakendeci\ birim\ maliyet. karpayı) - perakendeci\ beklenen\ fiyatı(t-1)}{perakendeci\ fiyat\ değişim\ süresi}$$

(5.22)

$$Perakendeci\ beklenen\ fiyat(t) =$$
$$\int Perakendeci\ beklenen\ fiyattaki\ değişim. dt \quad \textbf{(5.23)}$$

Perakendeci beklenen fiyat ile perakendeci sektör fiyatı ile de perakendeci fiyat riski hesaplanır:

$$Perakendeci\ fiyat\ riski$$
$$= 1 - \left[\frac{MAX((Perakendeci\ sektör\ fiyatı - Perakendeci\ beklenen\ fiyat); 0)}{Perakendeci\ beklenen\ fiyat}\right]$$

(5.24)

Daha önceden de belirtildiği üzere fiyat, gecikme ve kalite riskleri de perakendeci toplam riskini hesaplamada kullanılır. Kalite, gecikme ve fiyat riskinin tümünün belli bir önem derecesi vardır ve toplam riske bu ağırlıklarla etki ettirilmiştir. Bu toplam risk etkisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Toplam\ risk\ etkisi = (0{,}3.kalite\ riski) + (0{,}4.gecikme\ riski) + (0{,}3.fiyat\ riski)$$ **(5.25)**

Risk etkisi, her geçen zaman periyodunda değişir ve perakendeci toplam risk etkisi zamanla birikerek veya azalarak farklılık gösterir.

$$Perakendeci\ risk\ etkisi(t) = \int \frac{(Toplam\ risk\ etkisi - Perakendeci\ risk\ etkisi)}{zaman} dt$$ **(5.26)**

Perakendeci risk etkisi de satış çekiciliğini belirler ve satış çekiciliği değişkeni de perakendeci risk etkisine bağlı bir fonksiyon olarak bir tablo değişkeni gibi gösterilir:

$$Perakendeci\ satış\ çekiciliği =$$
$$GRAPH('perakendeci\ risk\ etkisi'; 0; 1; \{95; 88; 85; 80; 75; 73; 70; 68; 65; 64; 63; 60\}; \%)$$

(5.27)

Üretici aşamasında ise sadece ürün sevkiyatı değil üretim faaliyetleri de yapılmaktadır. Üretici kendi satışları yanında anlaştığı perakendecinin satışlarının da belli bir yüzdesini karşılamak zorundadır.

$$Üretici\ potansiyel\ talep = (Perakendeci\ sipariş\ miktarı.sipariş\ karşılama\ yüzdesi) +$$
$$Satış\ elemanlarının\ çabasıyla\ yapılan\ satışlar$$ **(5.28)**

$$Üretici\ gerçek\ talep = Üretici\ siparişleri\ =$$
$$Üretici\ potansiyel\ talep\ .\ üretici\ satış\ çekiciliği$$ **(5.29)**

Üretici üretim emirleri de üreticinin karşılanamayan siparişlerinin beklenen değerine, üreticinin karşılayamadığı siparişlerin sayısına, istenen ve mevcut bitmiş ürün stok miktarına ve üretici siparişlerine bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanır.

$$\text{Üretim emirleri sayısı} = MAX(\Big(\text{üretici siparişleri} + \Big(MIN(\text{üretici karşılanamayan sipariş beklenen değeri} - \text{üretici karşılanamayan sipariş sayısı}; 0\ adet) + \frac{MAX\big((\text{istenen stok düzeyi} - \text{bitmiş stok düzeyi}; 0\ adet)\big)}{\text{sipariş işleme zamanı}}\Big);\ 0\ \frac{adet}{hafta}\Big) \quad \textbf{(5.30)}$$

Üretim emirleri sayısı ile üretim kapasitesinin karşılaştırılması ile üretim oranı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Üretim oranı} = MIN(ortalama\ \text{üretim emri sayısı}; \text{üretim kapasitesi sayısı}) \quad \textbf{(5.31)}$$

Üretim oranı ve hammadde deposunun son durumuna göre tedarikçiye sipariş verilir, bu bakımdan tedarikçiye verilen sipariş sayısı şu şekilde olur:

$$\text{Tedarikçiye verilen sipariş miktarı} = MAX((-\frac{\text{Tedarikçiden beklenen siparişlerhammadde stok miktarı}}{\text{tedarik süresi}}; 0\ birim/hafta) \quad \textbf{(5.32)}$$

Belli oranda hatalı ürün çıktığından dolayı hatalı ürünler elenerek üretilen sağlam ürünler depoya gönderilir.

$$\text{Bitmiş stok sayısı}(t) = \int[(1 - \text{üretici hatalı ürün oranı}).\text{üretim oranı}]\ dt - \text{toplam sevkiyat}.dt \quad \textbf{(5.33)}$$

Üreticinin gelen siparişleri karşılaması için ayrıca kapasite arttırma çalışmaları yaptığı varsayılmıştır. Bu kapsamda, üretici kasasından ayırdığı belli bir miktar bütçeyle karşılayamadığı siparişleri ve ortalama müşteri siparişlerini de dikkate alarak kapasitesini arttırmayı hedefler.

$$\text{Kapasite ihtiyacı} = \left(\frac{\text{Üretici karşılanamayan siparişler}}{\text{hedeflenen gecikme süresi}}\right) + \text{üreticiye gelen ortalama müşteri siparişleri} \quad \textbf{(5.34)}$$

$$\text{Kapasite kesintisi} = Max\left(\text{Kapasite ihtiyacı} - \text{Üretim kapasitesi}; 0\ \frac{birim}{hafta}\right) \quad \textbf{(5.35)}$$

$$\text{Kapasite değişimi} = \frac{(\text{Kurulabilecek kapasite} - \text{Kapasite kesintisi})}{\text{Yatırım süresi}} \quad \textbf{(5.36)}$$

Fiyat riski ve gecikme riski ile üretici toplam riski, perakendeci kısmında anlatılan risk hesaplama yaklaşımına göre hesaplanır. Burada üretici kalite çalışmalarına öncelik verdiği için kalite riski katsayısı, diğer risk elemanlarına göre daha yüksektir. Bu toplam risk, üretici potansiyel talebini azaltıcı yönde etki etmektedir.

Geleneksel modelde tedarikçi faaliyetleri de perakendeci gibi ürün ve hammadde alım satımı olduğu için perakendeciyle benzer akışa sahiptir. Bu aşamadaki en önemli fark, kavramsal modeli kurarken anlatılan tedarikçi üreticinin, üreticinin de perakendeci siparişlerinin belli bir yüzdesini karşılama zorunluluğudur. Bu varsayımdan dolayı tedarikçi siparişleri aşağıdaki gibidir:

$$Tedarikçi\ potansiyel\ talep = (Üretici\ sipariş\ miktarı.sipariş\ karşılama\ yüzdesi) + Satış\ elemanlarının\ çabasıyla\ yapılan\ satışlar \quad \textbf{(5.37)}$$

Bunun dışında diğer akışlar perakendeci sistem dinamiği akışlarıyla benzer özelliktedir.

5.2. E-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin takibi için oluşturulan sistem dinamiği modeli

E ticaret tedarik zinciri modelinde daha önceden de bahsedildiği üzere geleneksel yapıya benzeyen aşama ve döngüler vardır. E-ticaret modeli 2 aşama içermektedir ve tedarikçi aşaması geleneksel modeldeki üretici aşamasıyla, dağıtıcı aşaması da geleneksel yapıda bahsedilen tedarikçi ve perakendeci yapısıyla örtüşmektedir. Modelde, geleneksel yapıyla aynı akışa sahip döngüler aşağıdaki gibidir:

- Fiyat belirleme döngüsü, maliyet ve beklenen fiyatın hesabı
- Kalite geliştirme faaliyetleri
- Gecikme riski, karşılanamayan siparişler
- Tedarikçi için üretim emirleri sayısı, stok döngüleri,
- Dağıtıcı için sevkiyat döngüleri, transfer ilişkileri

Pek çok benzer özellik olmasına rağmen, müşteri siparişleri alım şekli ve sipariş ilişkileri geleneksel yapıdan oldukça farklıdır. Bunun en önemli sebebi firmaların e-ticaret sayesinde dünyaya açılmalarıdır. Önlerine çıkan veya çıkacak büyük potansiyel talepleri değerlendirmeleri için daha çok üretim yapmayı ve büyümeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle e-ticaret modelinde müşteri siparişleri potansiyel müşteriler ve gerçek müşteriler olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

$$Potansiyel\ müşteri\ oranı = \frac{Riskin\ müşterilere\ etkisi.Potansiyel\ müşteri\ sayısı}{Sipariş\ verme\ periyodu} \quad \textbf{(5.38)}$$

Eğer toplam risk belli bir riskin altındaysa potansiyel müşteriler her an müşteriye dönüşebilir; toplam risk belli bir değerin üzerindeyse de mevcut müşteriler azalır, potansiyel müşteri grubuna dâhil olur.

$$Müşteriler(t) = \int \frac{(Potansiyel\ müşteriler - Memnun\ olmayan\ müşteriler)}{Analiz\ periyodu}.dt \quad \textbf{(5.39)}$$

$$Potansiyel\ müşteriler(t) = \int \frac{(Memnun\ olmayan\ müşteriler - Potansiyel\ müşteri\ oranı)}{Analiz\ periyodu}.dt \quad \textbf{(5.40)}$$

Müşteri siparişleri de müşteri başına ortalama satın alma miktarıyla çarpılarak hesaplanır.

E-ticaret modelinin geleneksel yapıdan ikinci farklılığı, geç cevap verme durumunun oluşmasıdır. Belli bir yanıt verme kapasitesiyle çalışan sunucular, gelen talepleri sisteme zamanında işlemesi için geliştirilmelidir. Bu nedenle kasadan belli bir bütçe, sunucu geliştirme faaliyetleri için ayrılmaktadır. Bu miktar sunucu satın alma maliyetiyle bölünürse alınabilecek sunucu sayısı bulunur. Öte yandan ihtiyaç duyulan sunucu sayısı, gelen ortalama talep miktarına göre aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$İhtiyaç\ duyulan\ sunucu\ sayısı = MAX\left\{\left(\frac{Ortalama\ talep\ miktarı}{Sunucu\ sabit\ yanıt\ kapasitesi} - Sunucu\ kapasitesi\right); 0\ sunucu\right\} \quad \textbf{(5.41)}$$

Bu miktar sunucu için ayrılan bütçeyle kıyaslanarak ne kadar sunucu alınabileceği hesaplanır:

$$Alınacak\ sunucu\ sayısı = MIN(İhtiyaç\ duyulan\ sunucu\ sayısı; alınabilecek\ sunucu\ sayısı) \quad \textbf{(5.42)}$$

Bu şekilde sunucu kapasitesi arttırılabilir. Ancak buradaki diğer önemli nokta, sunucu bakım maliyetlerinin de hesaba katılması gerekliliğidir. Bakım onarım maliyetleri giderler olarak değerlendirilerek beklenen fiyata yansıtılır.

6. MODELİN GEÇERLİLİĞİ, ANALİZ VE SONUÇLAR

Model geçerliliği, gerçekte temsil edilmesi gereken sistemin ne kadarını "mental model" ile temsil edebildiğimizi gösterir (Sterman,2000,Bölüm 20). Modelin geçerliliği ile sonuçların güvenilir olup olmadığı, modelin hangi şartlarda çalıştığı ve kabul edilebilir bir yapı sergileyip sergilemediği irdelenir. Kurulan simülasyon modelinin aşağıdaki şartları taşıyıp taşımadığı araştırılır:

- Varsayımların uygunluğu ve modelin sınırı
- Sonuçların duyarlılığı
- Model diğer şartlara karşı esnekliği

Bu bakımdan bu çalışmada önerilen geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk modeli için geçerlilik yapılırken ilk aşamada Sterman (2000) tarafından ortaya konulan "modelin yapısal olarak testi kriterleri " dikkate alınacak olunursa aşağıdaki noktalar önem kazanmaktadır:

- *Model sınırı:* Önemli değişkenlerin ve kavramların problem içinde ifade edilip edilmediğine bakılır. Bu çalışmada ele alınan problem kapsamında risk elemanları incelenmiştir ve bu amaçla stoktan kaynaklanan teslimat gecikmeleri, talep dengesizlikleri, fiyat değişimleri ve kalite tutarsızlıkları modele dâhil edilmiştir. Model sınırı olarak tedarik zinciri ve elemanlarının birbiri arasındaki hammadde alışverişi ve katma değer katarak sevk ettikleri ürünlerin akışı ön plana alınmış, tedarikçi-üretici-perakendeci ilişkileri ile tedarikçi-dağıtıcı ilişkileri incelenmiştir. Tedarikçi, üretici ve perakendeci öncelikle kendi içinde ilişkilendirilip, sonrasında aralarındaki geçişler değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, e-ticaret modelindeki tedarikçinin ve dağıtıcının kendi içindeki akışları ve birbiri arasındaki ilişkiler verilmiştir. Bu açıdan bakılırsa her bir tedarik zinciri elemanı birer sistemdir, ancak tedarik zinciri risk yönetimi adı altında değerlendirildiğinde bu elemanlar bütünün bir parçasıdır. Dış çevredeki değişimler olarak da sektörel fiyat değişimleri ve kalite standartları dikkate alınmıştır. Bu çıkarımlar önceki bölümde verilen sistem diyagramı ile de yapılabilir.

- *Yapısal Doğrulama*: Modelin yapısının gerçek sistemin tanımlayıcı bilgileriyle doğru orantılı olmasıdır. Bu aşamada "modelin içinde sergilenen davranışlar sistem davranışıyla paralel mi?" bu araştırılır. Tez kapsamında ele alınan modelde gerçekte tüm firmaların karşısına çıkabilecek ana risk elemanları dikkate alınmıştır. Gerçek sistemde de rastlanan stok denklemleri, "istenen stok düzeyi", "sevk edilen malzeme miktarı"; kalite riskini belirlemede kullanılan "hatalı ürün oranı" gibi kavramlar sadece büyük ölçekli firmalar tarafından değil, küçük ölçekli firmalarca da kullanılan kavramlardır. Bu kavramlara model içinde sıkça yer verilmiştir. Bunun yanında, "satış çekiciliği" değişkenini gerçek hayatta doğrudan ölçülemez ancak modelde de ele alındığı gibi, belli risk parametrelerinin artması ve azalmasıyla değişen bir nümerik değişken olarak belirlenebilir. Model, gerçek hayattaki malzeme, müşteri, nakit ve insan gücü akışına ters düşmemektedir.
- *Birim tutarlılığı*: Matematiksel modelde yer alan değişkenlerin gerçek hayatta karşılığı olmayacak parametrelerden arındırılmış olmalıdır. Modelin genel geçer olması ve denklemlerin tutarlı olması için değişkenlerin birimsel olarak da doğru olması gerekir. Mesela talebin ölçüldüğü yerde "adet" anlamına gelecek birim kullanılmalıdır. Bunun gibi "müşteri sayısı" adıyla tanımlanan değişkenin de birimi "kişi sayısı" anlamına gelecek şekilde verilmelidir. Önerilen modelde bu gibi noktalara da dikkat edilmiştir.
- *Parametre tutarlılığı*: Parametreler tanımlayıcı ve nümerik bilgilerle uyumlu olmalıdır. Örneğin, risk skorunu belirlerken kullanılan katsayılar, firmaların ilgili risk faktörlerine verdiği önceliklerle uyumlu olmalıdır. Böylece daha gerçekçi modeller kurulabilir. Tezde önerilen modelde, hem geleneksel hem de e-ticaret için parametreler ve değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiler önceki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.
- *Uç (ekstrem) durumlar*: Ekstrem değerlerde sistemin davranışı tutarlı olup olmadığına da bakılmalıdır. Sistem bu durumlarla karşılaştığında tepkisi nasıl olmaktadır, bu tepkiler sistemin diğer değişkenlerini nasıl değiştirmektedir ve etkilemektedir gibi noktalar da araştırılmalıdır. Bu kısım bir tür duyarlılık analizi olarak da değerlendirilir. Bu bölümle ilgili çalışma ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak verilecektir.

Bunun yanında modelin "öğrenme" yetisi ölçülmek isteniyorsa aşağıdaki noktalar önem kazanmaktadır:

- *Modelin beklentileri karşılaması*: Modelde amaçlanan ve ölçülmek istenen değişkenlerin gerçekte ölçülüp ölçülmediği belirlenmelidir. Bu çalışmada ele alınan modelde, risk parametrelerinin tüm tedarik zincirini nasıl etkilediği belirlenmek istenmektedir. Bu nedenle, toplam risk puanı müşteri siparişlerinin azalmasına etki ettirilip, diğer değişkenlerin de bu değişimden nasıl etkilendiği araştırılmıştır.
- *Modelde beklenmedik değişimlerin meydana gelmesi:* Modelde çeşitli parametrelerin ani değişimiyle diğer değişken ve parametrelerin değişimi de incelenmelidir. Bu inceleme PULSE ve STEP fonksiyonlarıyla yapılabilir. İleriki bölümlerde yapılan deneylerde bu kısım detaylarıyla anlatılacaktır.
- *Politika değişimine tepki:* Bazı stratejilerin değişimiyle model nasıl etkileniyor, bu araştırılır. Deneysel çalışmalar kısmında detaylarıyla anlatılacaktır.
- *Modeli farklı başlangıç koşullarıyla çalıştırdığında ortaya çıkan değişim: "*Model farklı şartlar için çalıştırıldığında sonuçlar nasıl değişmektedir?" sorusunun cevabı modelleyiciye önerdiği modelin farklı sektörler için de geçerli olup olabileceğinin işaretini verir. Ayrıca model sonuçları farklı zaman aralığı seçimlerine karşı da duyarlı olmamalıdır. Bu kısım da deneysel çalışma kısmında detaylı olarak anlatılacaktır.

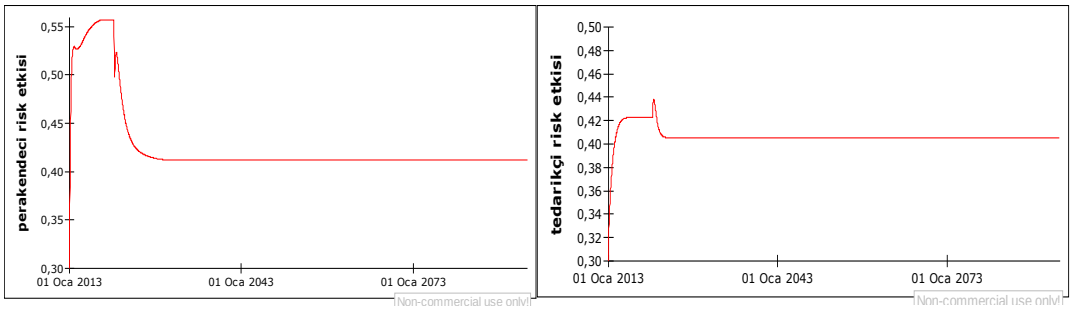
Tüm bu testler, modelin limitlerini belirlemek, modelin anormal değişimler karşısında nasıl davrandığını saptamak ve modelin daha iyi bir şekilde geliştirilmesi için fırsatlar yaratmak anlamında oldukça önemlidir. Bundan sonraki kısımda yapılan deneysel çalışmalarla modelin nasıl davrandığı araştırılmıştır ve yukarıdaki geçerlilik ilkeleriyle örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Bundan sonraki kısımlarda literatürden çıkarım yapılarak bulunan hipotezler ve bu hipotezlerin desteklenip desteklenmediği araştırılmıştır.

6.1. Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sistemi Modeli için Yapılan Deneysel Çalışmalar, Hipotezler ve Sonuçlar

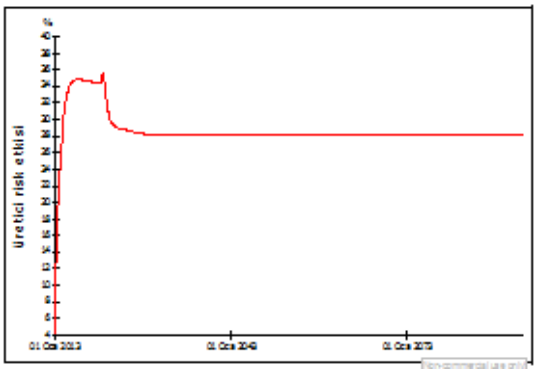
Daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere, ele alınan geleneksel tedarik zinciri çekme sistemi olarak düşünülmüş ve bu sisteme göre modelleme yapılmıştır.

Dolayısıyla yapılan deneysel çalışmalardaki yorumlamalar buna göre değerlendirilmelidir.

a. *Perakendeci müşteri siparişleri artarsa tedarikçinin de talepleri artar (Srinivasan ve diğerleri, 2011):* Perakendeci müşteri siparişleri STEP fonksiyonu ile 100 birim/hafta artarsa, gelen bu siparişleri karşılamak için perakendecinin haftalık sevkiyat miktarını arttırması gerekir. Aralarındaki anlaşma gereği, perakendeci üreticiden ürün sevkiyatı yapmalıdır. Perakendeciden gelen bu siparişler üretici sipariş havuzunda birikir. Üretici bu siparişleri karşılamak için üretim kapasitesini arttırır. Üreticinin sevk ettiği ürün miktarı artar, buna bağlı olarak ürün başına düşen maliyetler azalır ve üretici fiyat riski azalır. Üreticinin fiyatının azalması perakendeciyi de etkileyecek ve perakendecinin de fiyatları azalacaktır. Perakendecinin bu azalmaya bağlı olarak fiyat riski de azalacak, bu da perakendecinin toplam riskine etki edecektir. Aynı zamanda toplam sevkiyat arttığı ve karşılanamayan siparişlerin de buna bağlı olarak arttığı gözlenir; bu da gecikme riskini ilerleyen aşamalarda arttırır. Benzer şekilde tedarikçinin de üreticinin siparişleri arttığından dolayı siparişleri artacak, üreticinin isteklerini karşılamak istediğinden stokları bir miktar artacaktır. Bu nedenle kalite kontrol çalışmaları bir miktar aksayacak ve tedarikçi kalite riski artacaktır. Bunun yanında tedarikçinin artan sevkiyatıyla beraber birim maliyetleri azalır ve fiyatı azalır. Buradan riskin talep üzerine etkisini görebiliriz.

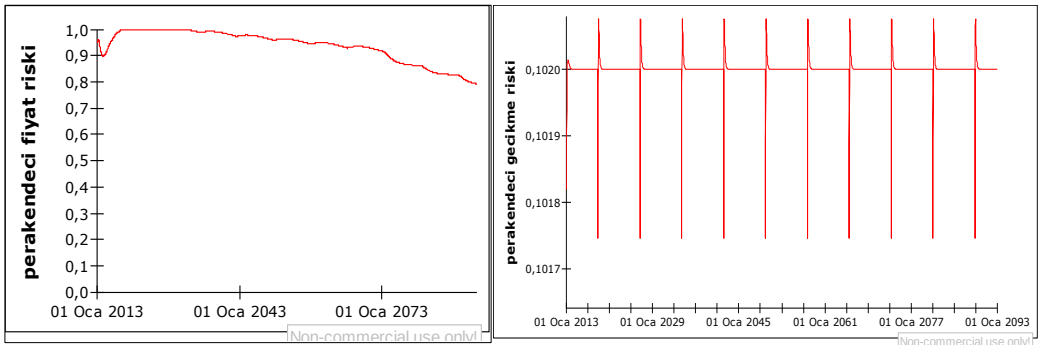


Şekil 6.1: Perakendeci müşteri sayısının artmasının perakendeci ve tedarikçi riski üzerine etkisi.

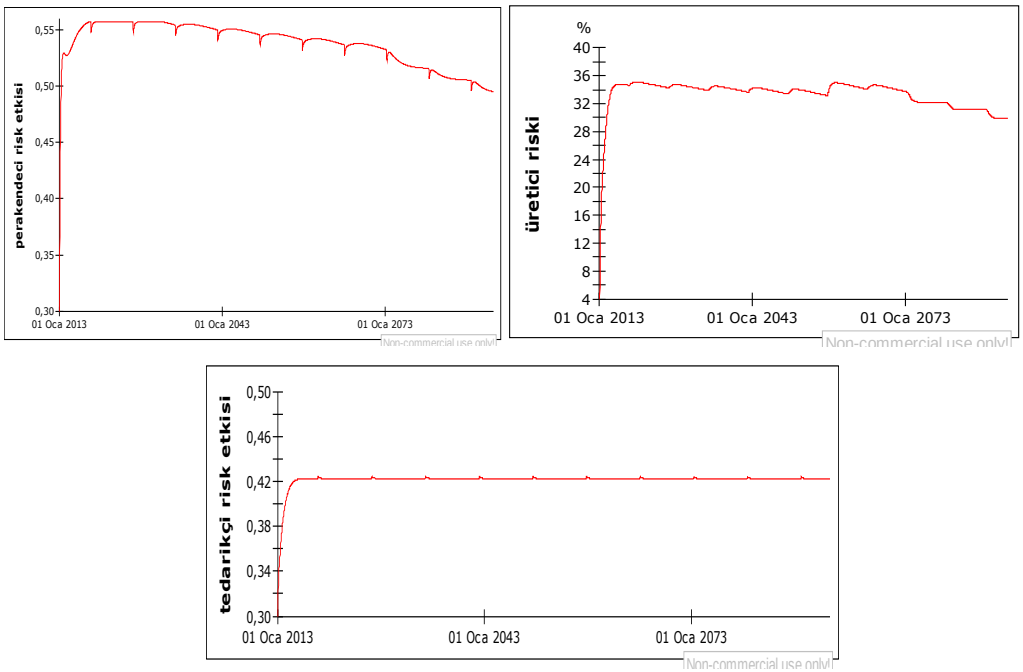


Şekil 6.2: Perakendeci müşteri sayısının artmasının üretici riski üzerine etkisi.

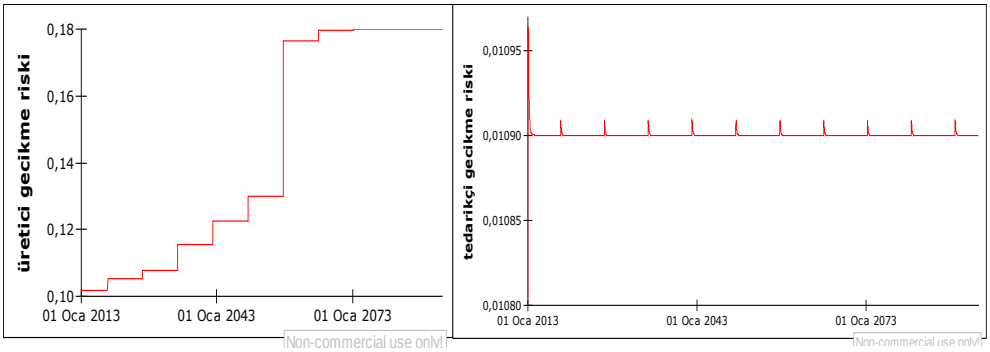
b. *Perakendeci potansiyel talebi artarsa tedarikçi riski artar (Dejonckheere ve diğerleri, 2003):* Perakendeci potansiyel talebi PULSE fonksiyonu ile her 400 haftada bir 50 birim artsın. Perakendeci potansiyel talebi artarsa, doğal olarak perakendeci stoğunu arttırmak isteyecektir, bununla beraber karşılanamayan siparişler bir miktar artacaktır. Perakendeci potansiyel talepteki artışa önlem olarak stoğunu bir miktar arttırır, bu da gecikme riskini bir miktar dengeler. Perakendeci değişen maliyetleri kalite elemanını işe aldıkça ve elde bulundurma maliyetleri arttıkça artar, ancak satışlar ve sevkiyat miktarı bu değişimden daha çok arttığından dolayı fiyat riski azalır. Üretici de benzer şekilde perakendecinin taleplerini karşılamak için üretim kapasitesini arttırır ancak bu kapasite artırımı tüm siparişleri karşılamaya yetmez, karşılanamayan siparişleri arttığından dolayı gecikme riski artar. Sevkiyatı arttığı için birim başına düşen maliyeti artar ve fiyatı azalır. Tedarikçi de bu değişime ayak uydurmak için stoklarını biraz arttırır, ancak bu yeterli olamadığından tedarikçi gecikme sapması artar, fiyatları da sevkiyat edilen miktar arttığından azalır.



Şekil 6.3: Perakendeci potansiyel talep artışının perakendeci fiyat riski ve gecikme riski üzerine etkisi.

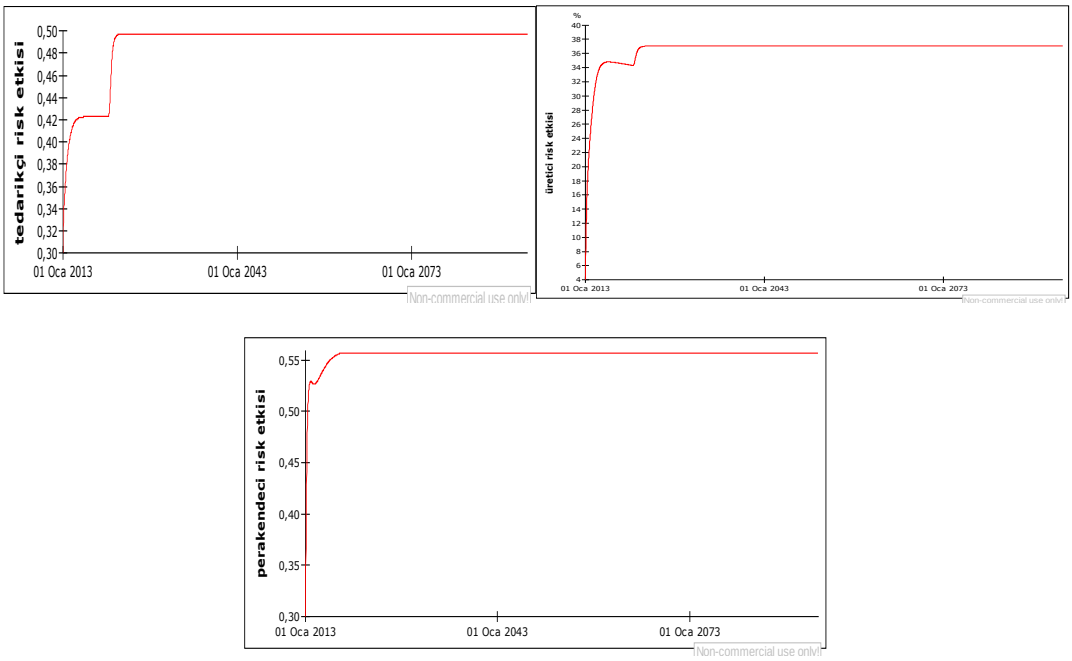


Şekil 6.4: Perakendeci potansiyel talep artışının perakendeci, üretici ve tedarikçi riskine etkisi

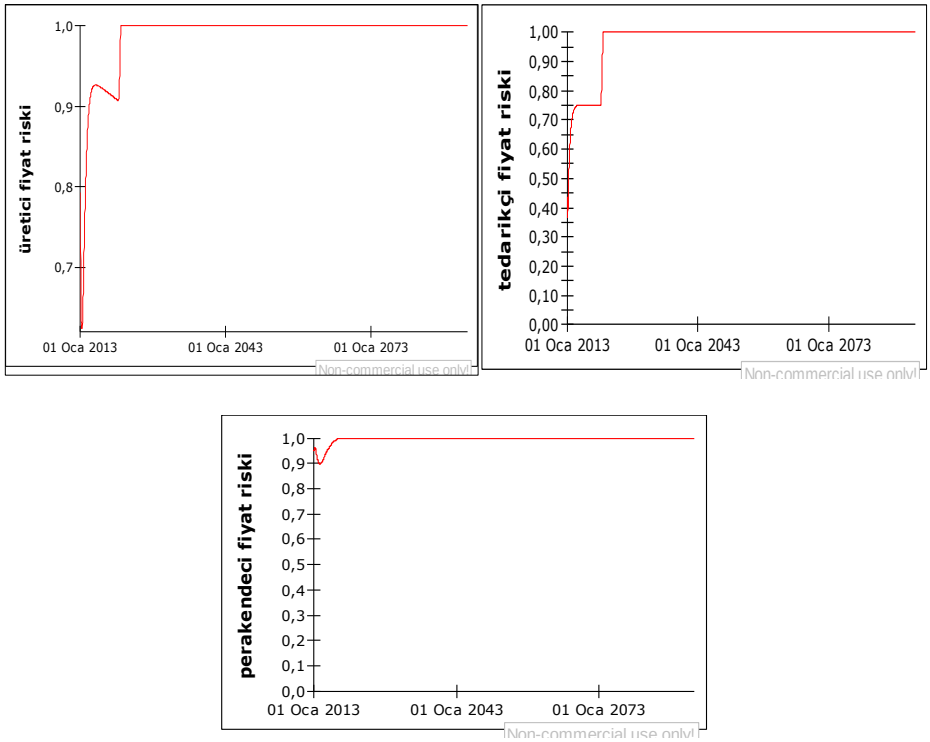


Şekil 6.5: Perakendeci potansiyel talep artışının üretici ve tedarikçi gecikme riskine etkisi.

c. *Tedarikçi stok kontrol süresi artarsa perakendeci fiyat riski artar (Disney ve Towill,2003):* Tedarikçi stok kontrol süresi STEP fonksiyonu ile 2 hafta arttırılsın. Bu sanılanın aksine sadece tedarikçinin malzeme alımını arttırır. Tedarikçinin malzeme alımı ise planlanan stok arttığından artar, elde bulundurma maliyetleri artar ve fiyatlar artar. Bu durum, üretici fiyatlarının da artmasına sebep olur. Bu nedenle perakendeci fiyatları da artar. Perakendeci riski arttığından müşteri sayısı azalır. Bu örnekten de stok-fiyat ilişkisi görülebilir.

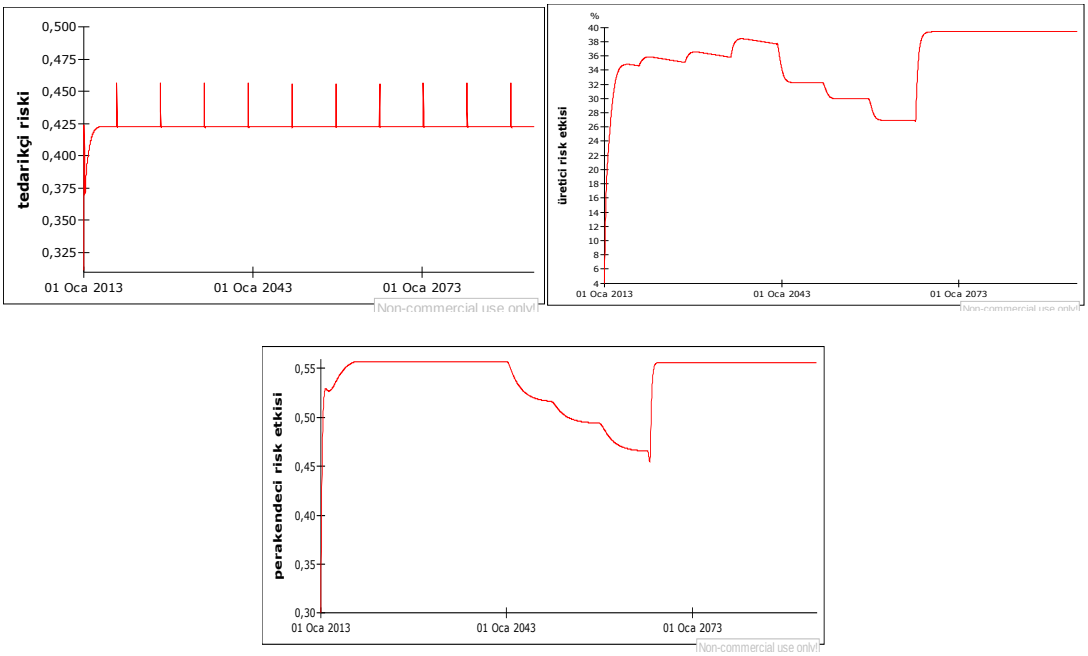


Şekil 6.6: Tedarikçi planlanan stok artışının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi.

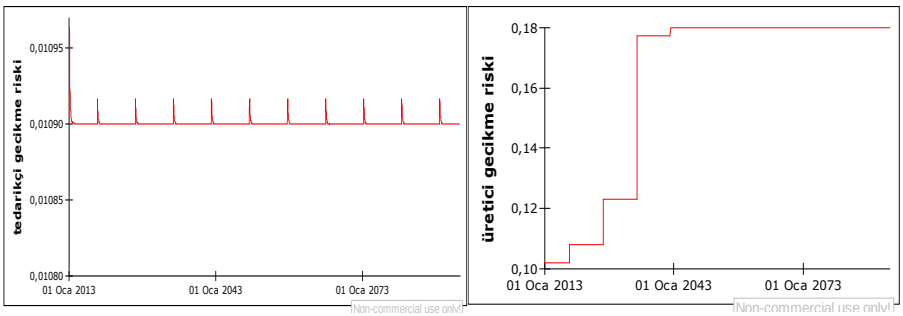


Şekil 6.7: Tedarikçi planlanan stok artışının üretici, tedarikçi ve perakendeci fiyat riskine etkisi.

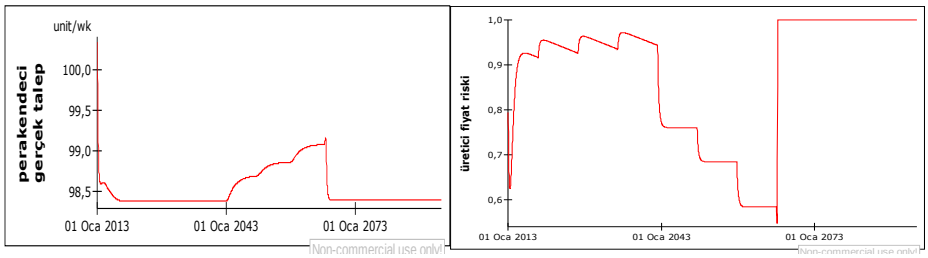
d. *Üreticiye gelen siparişler artarsa (üretici yeni müşteriler ile anlaşırsa) nihai müşteri sayısı azalır (Lalwani ve diğerleri, 2006):* Üreticinin siparişleri yeni perakendecilerle anlaştığı için 400 haftada bir 30 birim artsın. Üretim oranı artar, tedarikçi bunu karşılamak için taşıma kapasitesi kadar hammadde sevk eder ancak yeterli olmaz, üretici karşılanamayan siparişleri artar. Gecikme riski artar. Üretici kapasite geliştirme (arttırma) çalışmaları yapar. Tüm bu maliyetler üretici fiyatının artmasına sebep olur. Üretici riski artar. Perakendecinin de fiyatı üretici fiyatı arttığından artar. Bu durum müşterilerin azalmasına neden olur. Tedarikçi de üreticinin ihtiyaçlarını karşılamaya çalışacağından gecikme riski artar ve bu durum tedarikçi riskini de arttırır. Bu sonuç da literatürdeki talep değişimi sonuçlarını desteklemektedir.



Şekil 6.8: Üretici sipariş artışının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi.

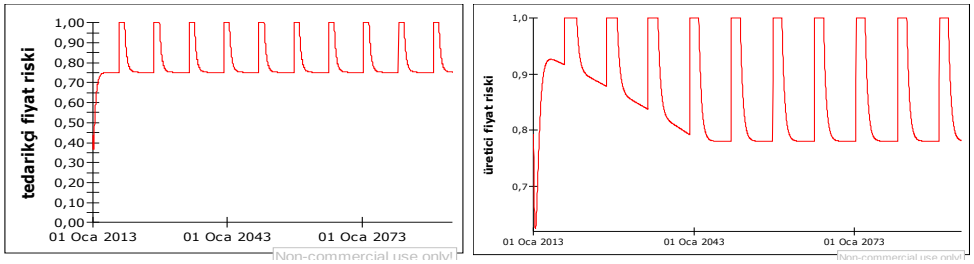


Şekil 6.9: Üretici sipariş artışının tedarikçi ve üretici gecikme riskine etkisi.

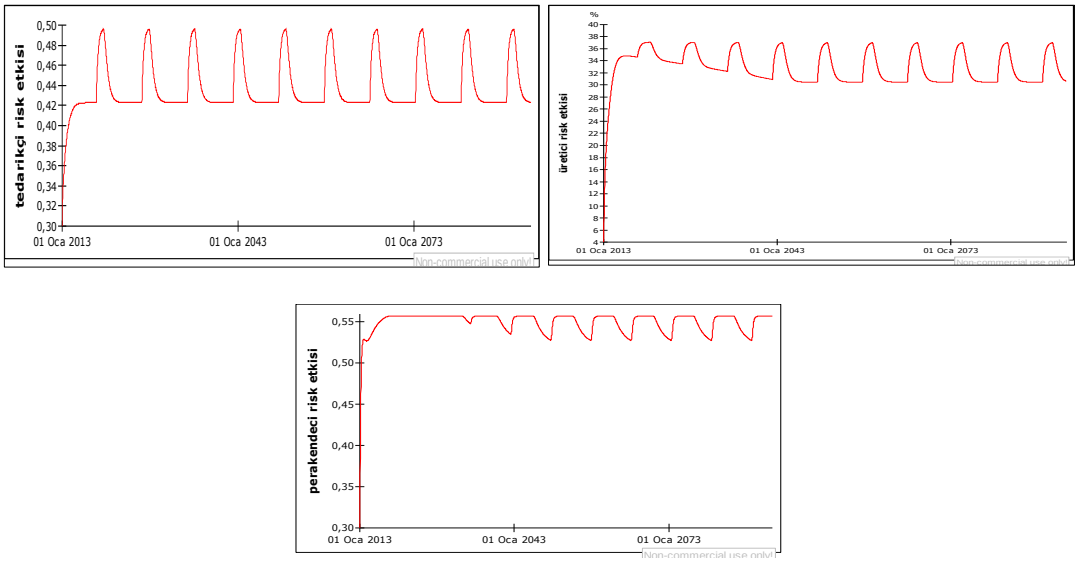


Şekil 6.10: Üretici sipariş artışının üretici fiyat riskine ve perakendeci gerçek talebine etkisi.

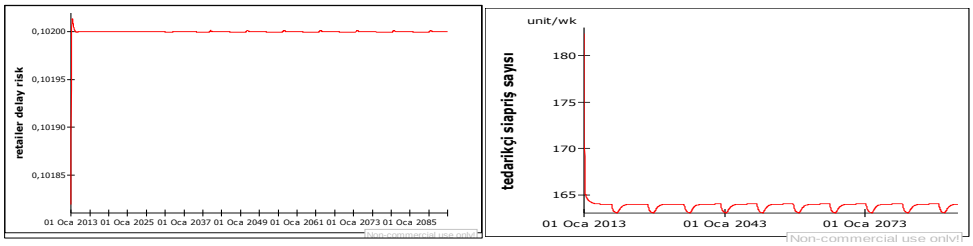
e. *Tedarikçi fiyat arttırma politikası uygularsa perakendeci fiyat riski artar (Dejonckheere ve diğerleri, 2002) : PULSE* fonksiyonu ile tedarikçi fiyatı 400 haftada bir aniden yükselsin. Doğal olarak üretici ve perakendeci fiyatı artacak, tedarikçi daha az sipariş alacak ve üretici de daha az satın alma isteğinde bulunacaktır. Perakendeci de benzer şekilde stoklarını azaltır, maliyetlerin düşmesi beklenirken üretici fiyatını arttırdığından dolayı perakendeci fiyatı da artar. Bu sonuç literatürü destekler.



Şekil 6.11: Tedarikçi fiyat artırımının tedarikçi ve üretici fiyat riskine etkisi.

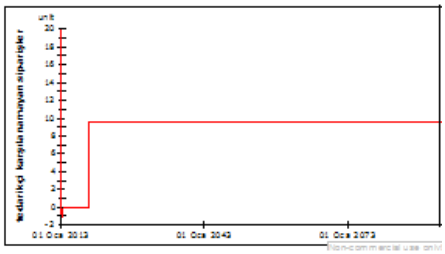


Şekil 6.12: Tedarikçi fiyat artırımının tedarikçi, üretici ve perakendeci riskine etkisi.

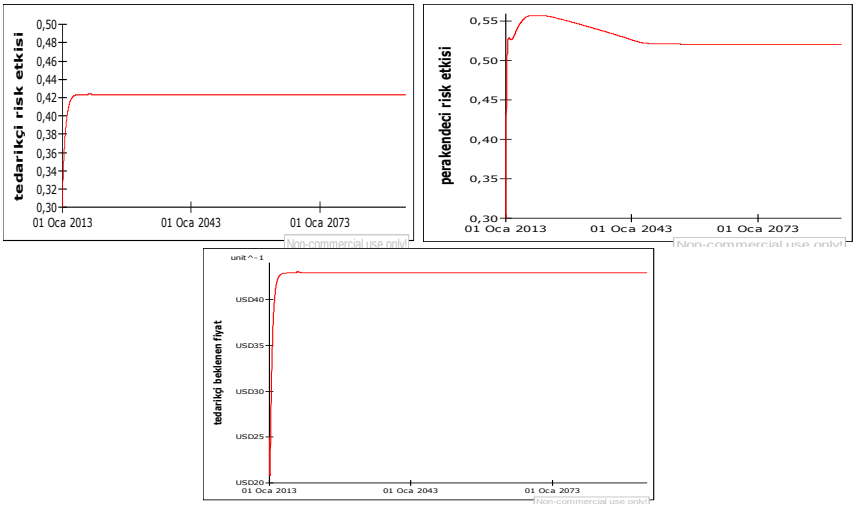


Şekil 6.13: Tedarikçi fiyat artırımının perakendeci gecikme riskine ve tedarikçi siparişine etkisi.

f. *Tedarikçi toplam sevkiyatı sevkiyat kapasitesinin azalması sebebiyle azalırsa perakendeci riski artar (Disney ve Towill, 2007):* Tedarikçi toplam sevkiyatı aniden 80 birim azalsın. Bu değişim sadece tedarikçinin gecikme ve fiyat riskini bir miktar arttırır ve toplam risk çok az da olsa artar. Ancak bu değişim o kadar küçüktür ki tüm zincire etkisi oldukça azdır. Perakendeci toplam risk etkisi neredeyse değişmemiştir. Bunun sebebi, toplam sevkiyat azalış miktarının zincire etkisinin çok az oluşudur. Tedarikçi yaptığı sevkiyatlarla bu değişimden etkilenmeyi en aza indirmiştir. Bu sonuç literatürü desteklememektedir.

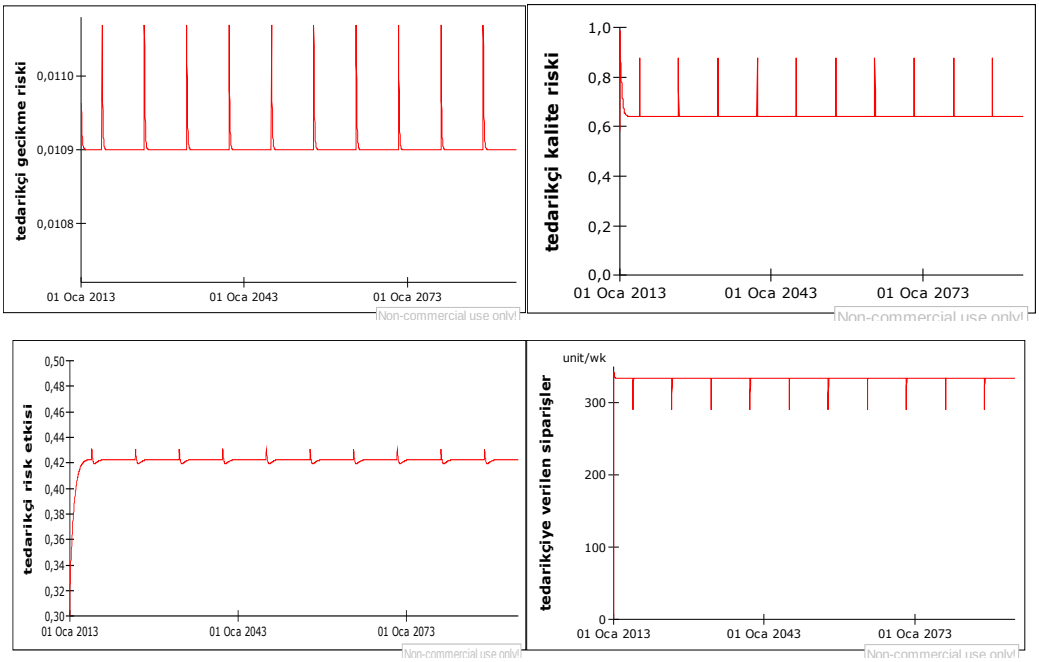


Şekil 6.14: Tedarikçi sevkiyatı azalmasının karşılanamayan siparişlere etkisi.

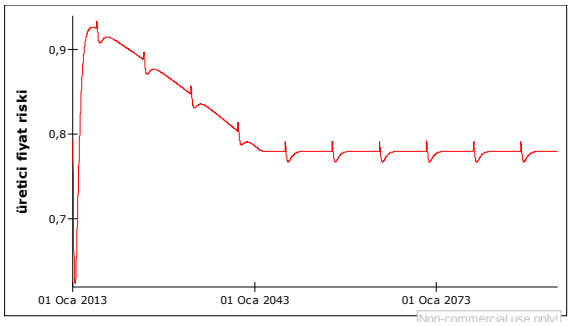


Şekil 6.15: Tedarikçi sevkiyatı azalmasının tedarikçi, perakendeci riskine ve tedarikçi beklenen fiyatına etkisi.

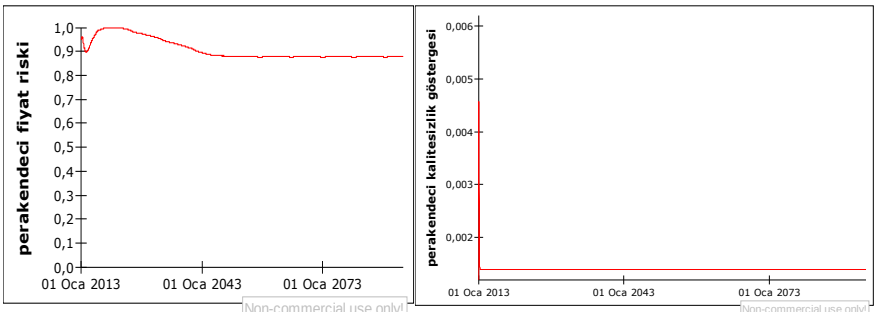
g. *Tedarikçi gerçek talep artarsa perakendeci fiyat riski artar (Disney ve diğerleri, 2006):* Tedarikçi gerçek talebinin PULSE fonksiyonu ile arttırıldığını düşünelim. Tedarikçinin gecikme riski artar. Gecikme riski ile baş edebilmek için stok miktarını arttırır. Elde bulundurma maliyeti artacağından tedarikçi fiyat riski de artar. Sevkiyat artar ve kalite riski de beraberinde artar. Üretici buna bağlı olarak tedarikçiye siparişini azaltır. Perakendeci ise zincirde bu değişimden en az etkilenen aşamadır. Örneğin perakendecinin fiyat riski üreticiye nazaran oldukça az etkilenir. Bu sonuç, perakendeci az da olsa etkilendiği için literatürü desteklemektedir.



Şekil 6.16: Tedarikçi gerçek talep artışının tedarikçi gecikme, tedarikçi kalite riskine, tedarikçi riskine ve tedarikçi verilen siparişlere etkisi.



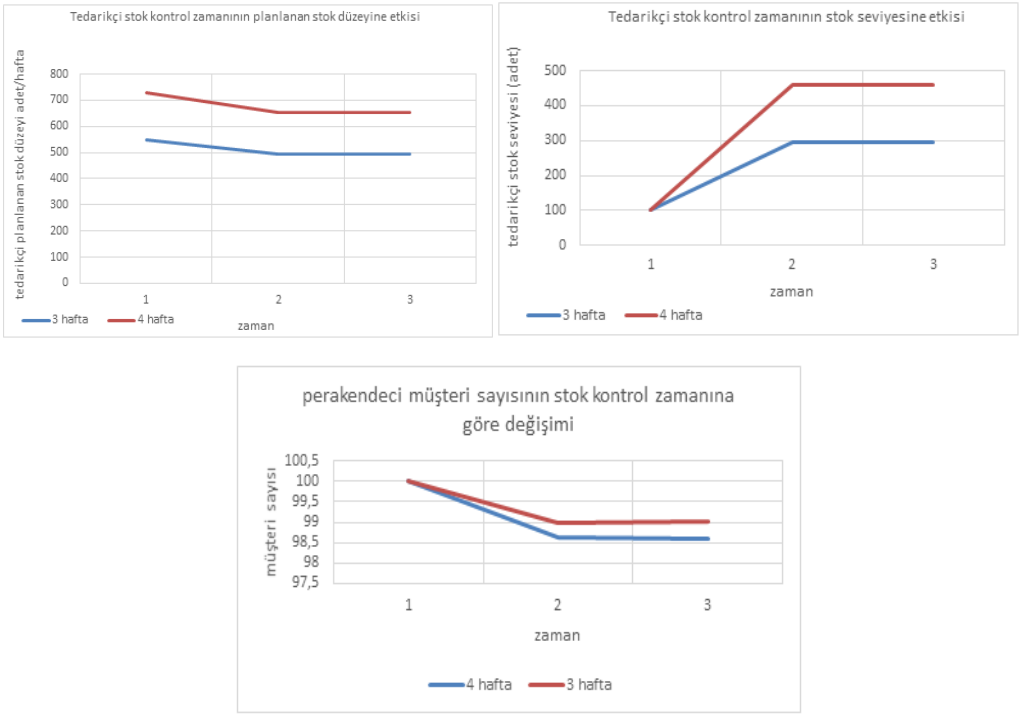
Şekil 6.17: Tedarikçi gerçek talep artışının üretici fiyat riskine etkisi.



Şekil 6.18: Tedarikçi gerçek talep artışının perakendeci fiyat riskine ve perakendeci kalitesizliği üzerine etkisi.

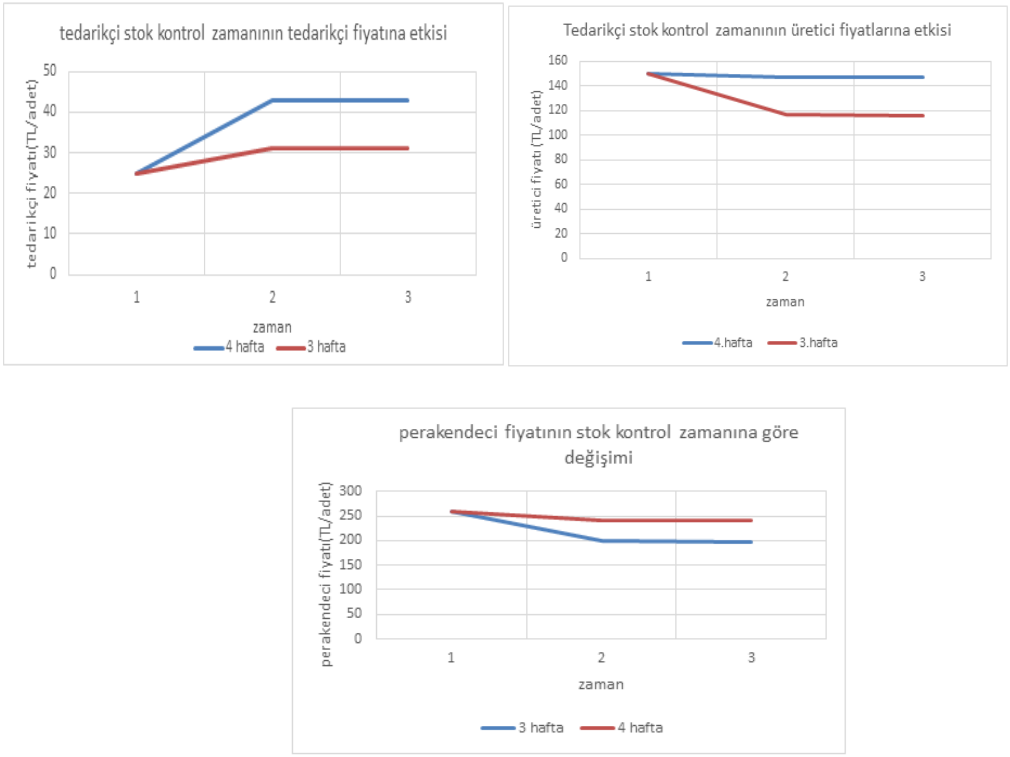
6.2. Geleneksel modelde yapılan değişimler:

a. Tedarikçi stok kontrol zamanı 4 hafta yerine 3 hafta olsaydı (Disney ve Towill, 2003)



Şekil 6.19: Tedarikçi stok kontrol zamanının planlanan stok düzeyine tedarikçi stok düzeyine ve perakendeci müşteri sayısına etkisi.

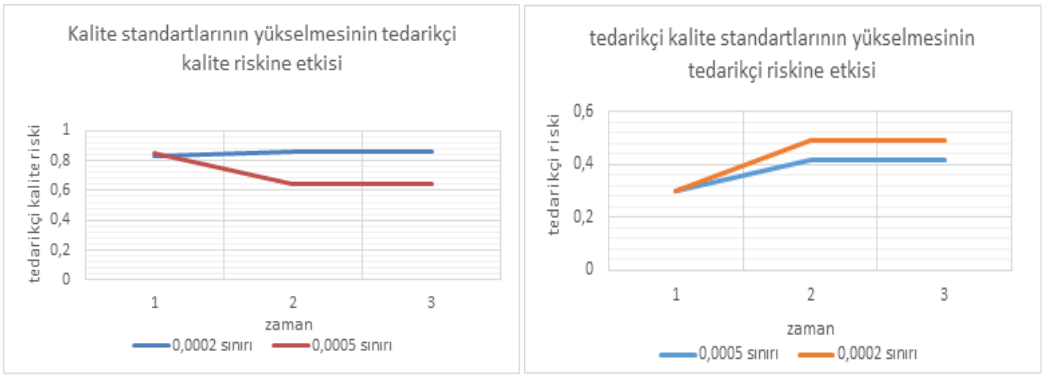
Tedarikçi stok kontrol zamanı azalırsa, daha az zamanda sürekli stok sevkiyatı yapılacağından planlanan stok düzeyi ve stok seviyesi azalacaktır. Elde bulundurma maliyetleri azalacağından perakendeci, üretici ve tedarikçi fiyatları düşer ve toplam risk azalır. Bu da müşteri sayısını bir miktar arttıracaktır.



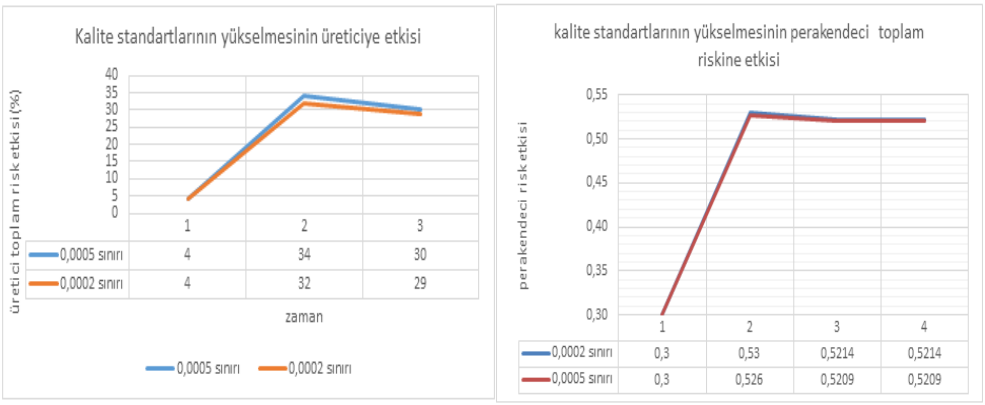
Şekil 6.20: Tedarikçi stok kontrol zamanının tedarikçi, üretici ve perakendeci beklenen fiyatına etkisi.

b. Tedarikçi kalite standartları 0,0005 yerine 0,0002 olursa-Tedarikçi kalite standardı yükselirse (Childerhouse ve diğerleri, 2002)

Eğer tedarikçinin kalite standartları yükselirse, üretilen ürünlerin daha büyük bir kısmı "hatalı ürün" olarak nitelendirilecektir. Bu nedenle kalite riski artacak, bu da tedarikçi toplam riskini arttıracaktır. Ayrıca perakendeciye gelen ürünlerin de daha büyük bir çoğunluğu hatalı ürün olarak kabul edilecek ve aynı etki perakendeci toplam riskinde de görülecektir.



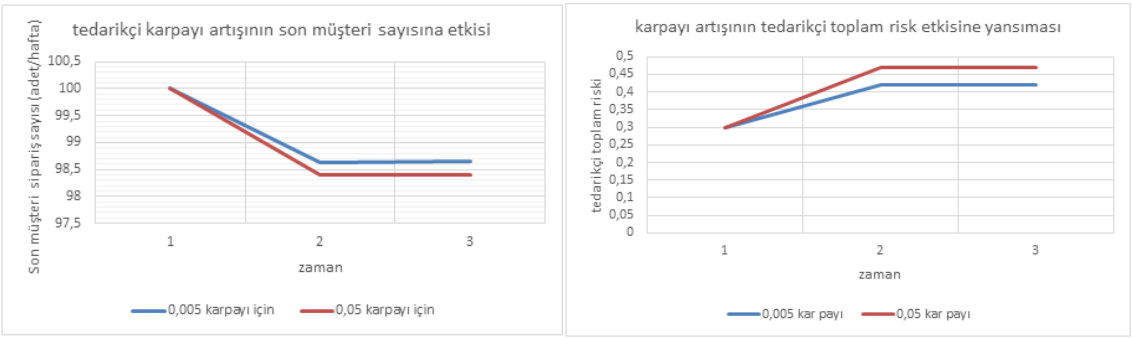
Şekil 6.21: Tedarikçi kalite standartlarının tedarikçi kalite riskine ve tedarikçi riskine etkisi.



Şekil 6.22: Tedarikçi kalite standartlarının üretici riskine ve perakendeci riskine etkisi.

c. Tedarikçi kar payı artışı 0,005 yerine 0,05 olursa (Geary ve diğerleri, 2006)

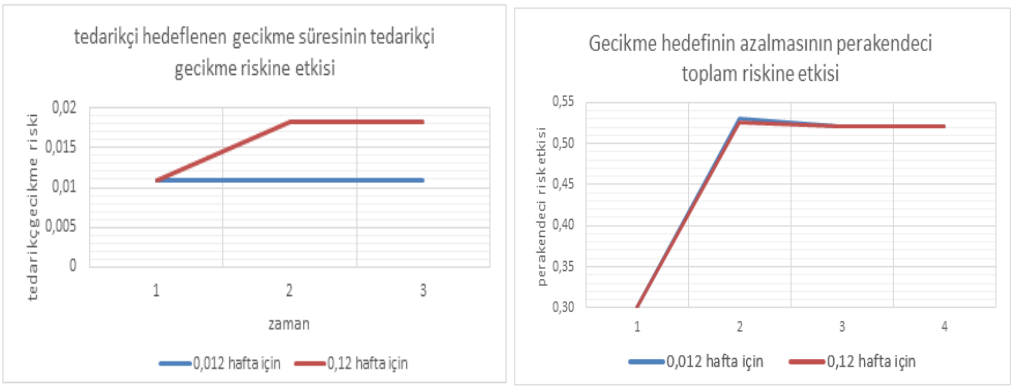
Tedarikçinin kar payını arttırması, tedarikçi fiyatını arttıracak, buna bağlı olarak da üretici ve perakendeci fiyatları artacaktır. Fiyatların artışı fiyat riskini arttıracaktır. Bunun anlamı, firmaların beklenen fiyatının faaliyet gösterdiği sektörün fiyatından yukarı çıkma olasılığının artmasıdır. Bu da perakendeci toplam riskini arttıracak ve nihai müşteriler sistemde azalacaktır.



Şekil 6.23: Tedarikçi kar payı artışının tedarikçi riskine ve müşteri sayısına etkisi.

d. Tedarikçi hedeflenen gecikme 0,12 hafta yerine 0,012 hafta olursa (Childerhouse ve diğerleri, 2002)

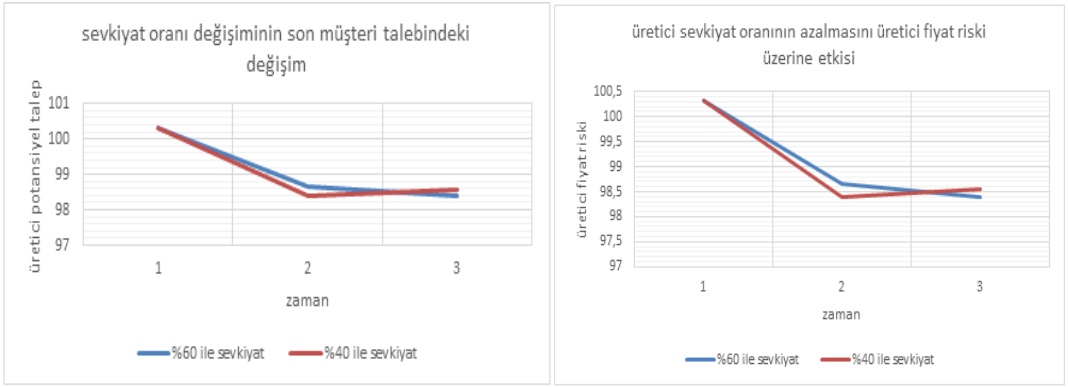
Tedarikçi gecikme hedefi süresi kısaltılırsa, tedarikçi sevk edeceği ürünlerin belli bir miktarını sevk edemeyecek ve karşılanamayan siparişlerin sayısı artacaktır. Bu da gecikme riskini arttıracaktır. Bu durumda üreticinin de siparişlerinin belli bir bölümü karşılanmayacak ve perakendeciye yeterli ürün sevk edemeyecektir. Perakendeci de zincirleme olarak bundan etkilenir ve perakendeci toplam riski de az da olsa artar.



Şekil 6.24: Tedarikçi hedeflenen gecikmesinin tedarikçi gecikme riskine ve perakendeci riskine etkisi.

e. Üretici karar verilen sevkiyat oranı 0,6 yerine 0,4 olsaydı (Dejonckheere ve diğerleri, 2004).

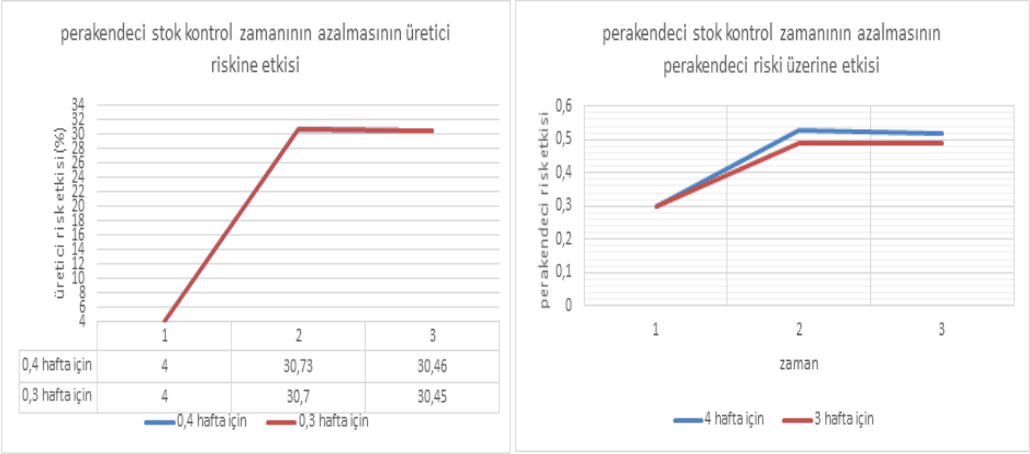
Üreticiden sevkiyat oranı azalırsa üretici buna göre üretim yapacak ve üretimi azalacaktır. Bu durumda maliyetleri de azalacak ve fiyat riski azalacaktır. Sevkiyatın azalmasıyla son müşterinin isteklerinin tamamı karşılanamayacak ve perakendeci riski artacaktır. Bu da müşterilerin çekilmesine sebep olacaktır.



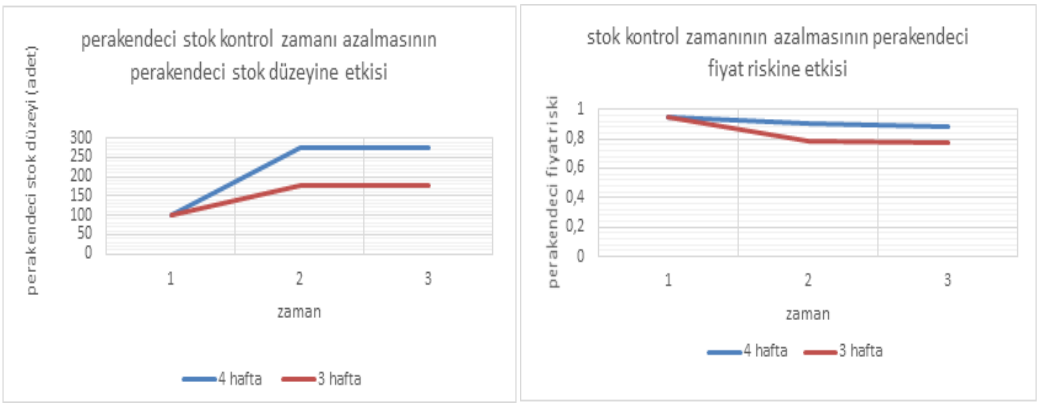
Şekil 6.25: Üretici sevkiyat oranının üretici fiyat riskine ve potansiyel talebine etkisi.

f. Perakendeci stok kontrol zamanı 4 hafta yerine 3 hafta olursa (Childerhouse ve diğerleri, 2002)

Perakendecinin stok kontrol zamanının azalması, öncelikle perakendecinin stoklarını ve maliyetlerini azaltacaktır. Bu nedenle perakendeci fiyat riski azalacaktır. Bu durum çok az bir değişim bile olsa üreticiye yansır. Üretici de bu nedenle daha sık sevkiyat yapacak ve birim başına düşen maliyetleri azalacaktır. Bu da üretici fiyat riskini azaltacak ve üretici toplam riski azalacaktır.



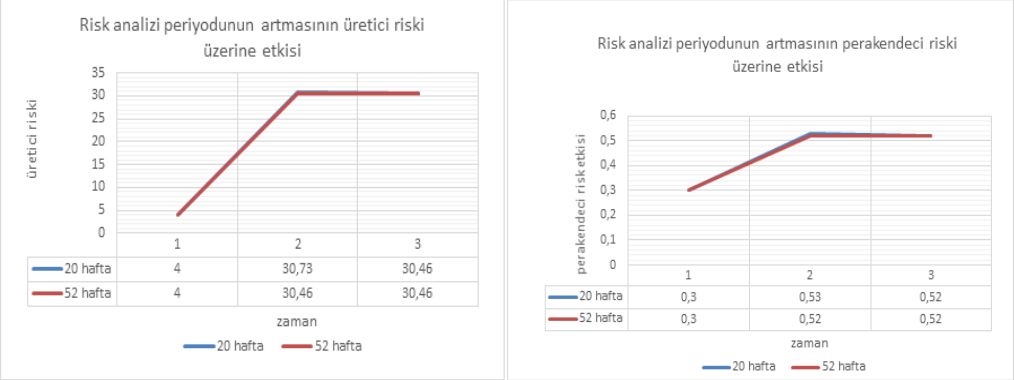
Şekil 6.26: Perakendeci stok kontrol zamanının üretici ve perakendeci riskine etkisi.



Şekil 6.27: Perakendeci stok kontrol zamanının perakendeci stok düzeyine ve fiyat riskine etkisi.

g. ***Üretici risk analizi periyodunun 20 hafta yerine 52 hafta olması***

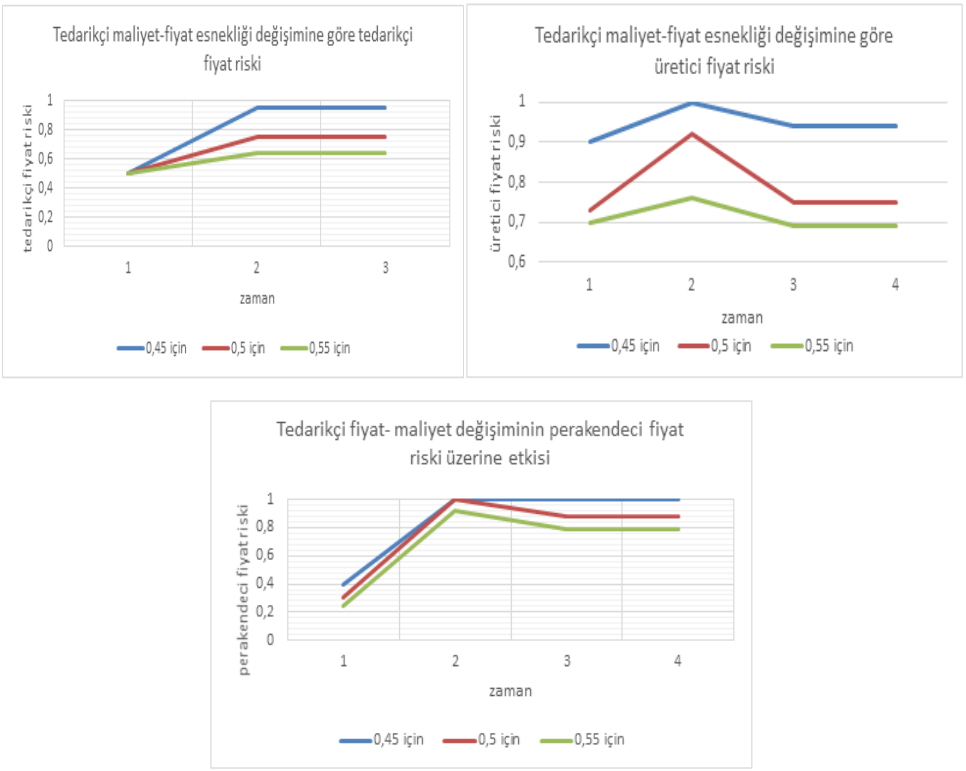
Önerilen sistem dinamiği modelinin zaman periyodundaki değişim toplam riski skorunu hesabında etkili olan bir parametredir. Dolayısıyla da tahminlerin zaman periyodundan bağımsız olması önerilen model açısından düşünülemez. Risk periyodu uzatılırsa, belli bir süre boyunca 20 hafta için de 52 hafta için de farklı risk değerleri bulunur. Ancak periyot sonunda üretici ve perakendeci riski üzerinde büyük bir değişim olmamaktadır.



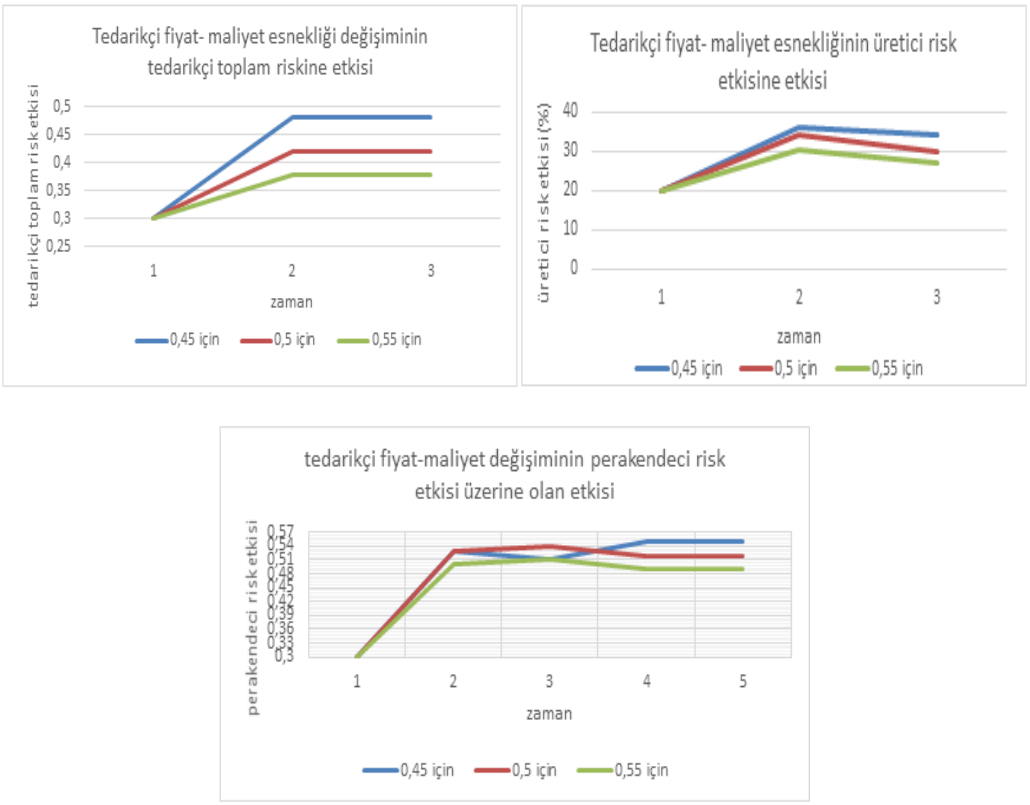
Şekil 6.28: Üretici risk analizi periyodunun üretici ve perakendeci riskine etkisi.

h. Tedarikçi maliyetin fiyat esnekliği değişimi (Geary ve diğerleri, 2006)

Maliyetin fiyat esnekliği artarsa (λ=0.45) her bir birim maliyet değişimlerine karşı fiyat değişimi daha büyük olur. Bu nedenle fiyat riski artar ve bu da hem üreticinin fiyatının artmasına hem de perakendecinin fiyat riskinin artmasına, dolayısıyla da toplam riskin yükselmesine neden olur. Maliyetin fiyat esnekliği azalırsa yukarıda anlatılan etkinin tam tersinin olması beklenir.



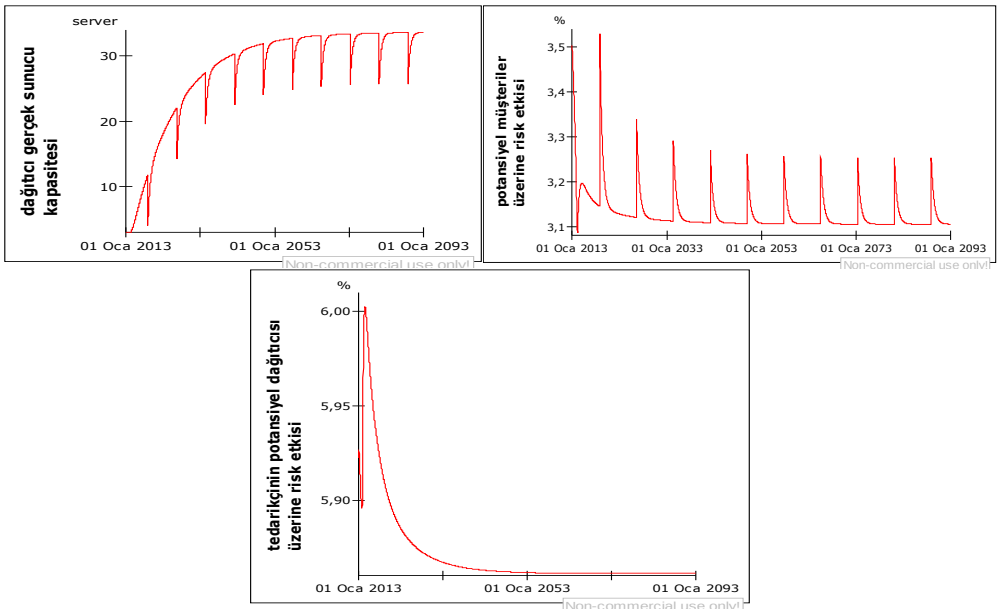
Şekil 6.29: Tedarikçi fiyat esnekliği değişiminin tedarikçi, üretici ve perakendeci fiyat riskine etkisi.



Şekil 6.30: Tedarikçi fiyat esnekliği değişiminin üretici ve perakendeci riskine etkisi.

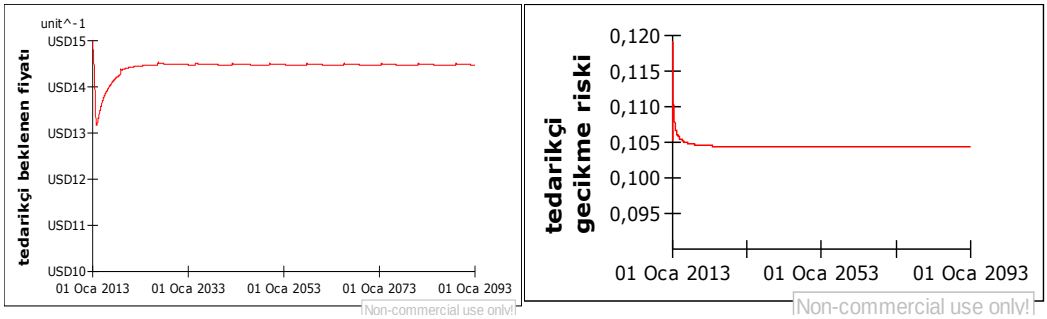
6.3. E-Ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sistemi Modeli için Yapılan Deneysel Çalışmalar, Hipotezler ve Sonuçlar

a. *Dağıtıcı sunucu kapasitesi azalırsa potansiyel müşteri sayısı azalır (Childerhouse ve diğerleri, 2002):* Farz edelim ki firma politika gereği sunucu kapasitesini eskisi kadar geliştirmek istemesin, bütçeden eskisi kadar sunucu geliştirme için pay ayırmasın ve her 400 haftada bir 5 tane sunucuyu ıskartaya çıkarsın. İlk etapta kapasite gelişimi eskisi kadar olmadığı için bilgi gecikmesi riski artar. Azalan sunucu geliştirme maliyetine rağmen dağıtıcı riskten korunmak için stok tutmaya başlayacaktır, bu nedenle elde bulundurma maliyetleri artacak ve fiyatları artacaktır. Artan fiyat riski nedeniyle potansiyel müşteri oranı bir miktar azalır. Tedarikçi ise bu küçük değişimden fazla etkilenmez, dağıtıcının istediği kadar sevkiyat yapar. Bu sonuçlar literatürde yapılan çalışmaları desteklememektedir.

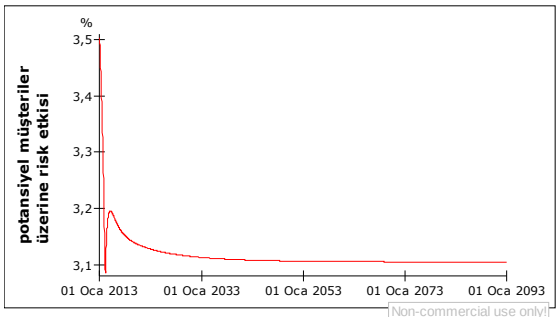


Şekil 6.31: Sunucu geliştirme oranının azalmasının sunucu kapasitesine, potansiyel müşteriler ve potansiyel dağıtıcılar üzerine etkisi.

b. *Tedarikçinin kendi hammadde stoğu için verdiği sipariş artarsa potansiyel müşteri sayısı azalır (Dejonckheere ve diğerleri, 2004):* Doğal olarak tedarikçinin stoğu artacaktır, üretim buna bağlı olarak bir miktar artar ve sevkiyat artar. Gecikme riski az da olsa azalır. Bitmiş stoğun artması beraberinde maliyetleri de getirir. Tedarikçinin beklenen fiyatı artar ve fiyat riski artar; bu da potansiyel dağıtıcı oranında azalmaya neden olur. Dağıtıcının fiyatı da artar, dağıtıcının potansiyel müşterileri azalır.

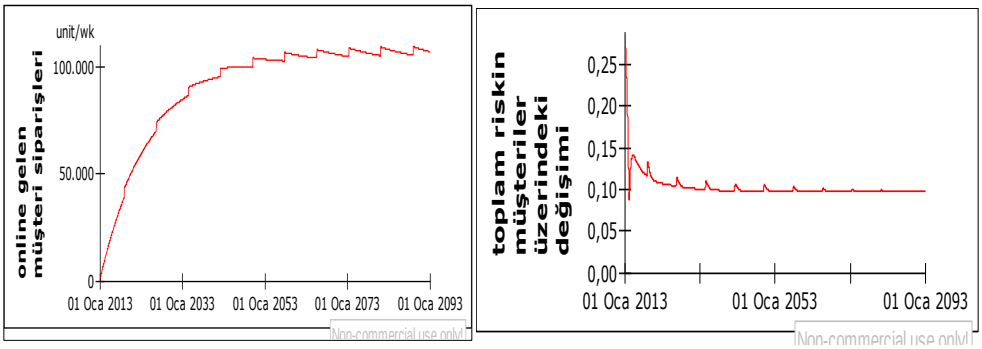


Şekil 6.32: Hammadde stoğu artışının tedarikçi beklenen fiyatına ve tedarikçi gecikme riskine etkisi.

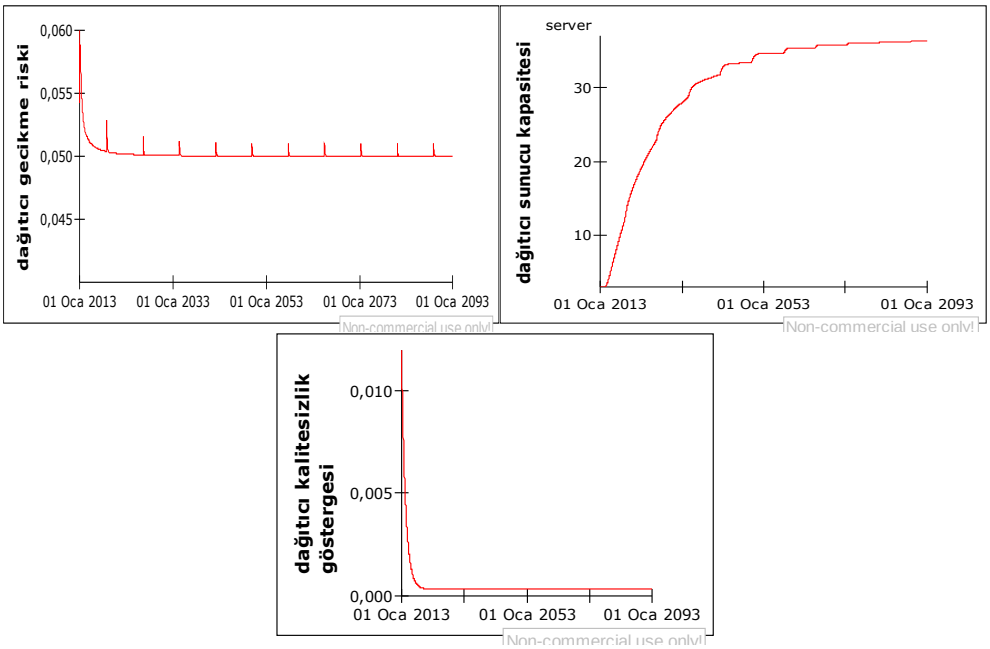


Şekil 6.33: Hammadde stoğu artışının potansiyel müşteriler üzerine etkisi.

c. *Dağıtıcı firmanın potansiyel müşteri oranında artış olursa tedarikçi potansiyel müşteri oranı da artar (Dejonckheere ve diğerleri, 2004):* Diyelim ki dağıtıcının sattığı ürünler için talep belli dönemlerde artsın. Bu durumu göstermek için potansiyel müşterilerin oranı PULSE fonksiyonu ile 400 haftada bir artsın. Artık dağıtıcı daha çok sipariş almaya başlar ve bu siparişleri karşılamak için de tedarikçisinden daha çok sevkiyat yapmasını isteyecektir. Bu arada karşılanamayan siparişleri de artacaktır. Hem stoğu arttığından hem de siparişlere cevap vermek için sunucu kapasitesini arttırdığından fiyatını da arttırır. Satışları arttığından birim maliyetler azalır, fiyat riski azalır. Buna rağmen bilgi gecikme riski artar. Kalite elemanı sayısı yeterli olduğundan kalite riskinde büyük bir değişim olmaz. Toplam risk az da olsa artar. Tedarikçi anlaşması gereği stoğundaki miktar kadar sevkiyat yaptığından tedarikçide bir değişim olamayacaktır. E-ticaret tedarik zincirinin doğası gereği bağımlılık azaldığından bu hipotez doğru değildir.

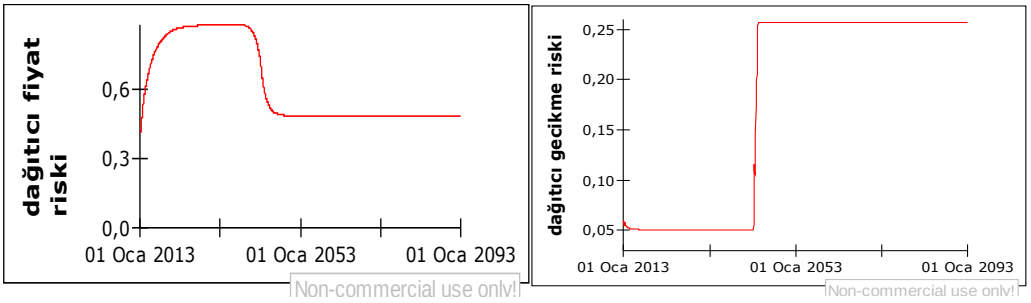


Şekil 6.34:Potansiyel müşteri oranını artışının müşteri siparişlerine etkisi.

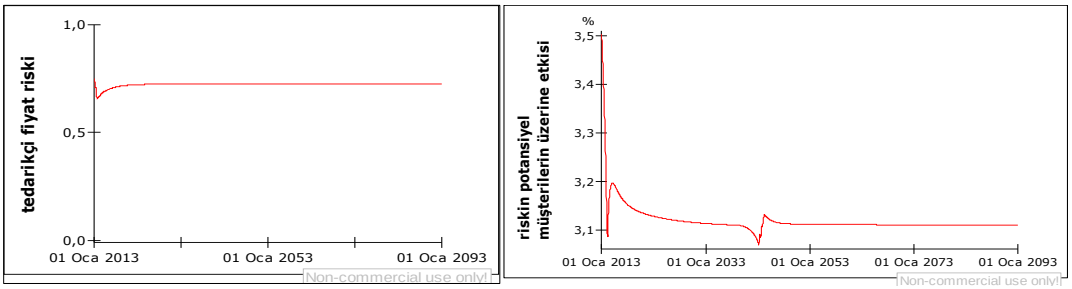


Şekil 6.35:Potansiyel müşteri oranını artışının dağıtıcı gecikme riskine dağıtıcı sunucu kapasitesine ve dağıtıcı kalitesizliği üzerine etkisi.

c.1. Eğer tedarikçi anlaşmasını stoğu kadar sevkiyat üzerine değil de toplam sevkiyatı üzerinden yapsaydı dağıtıcının durumu ne olurdu?(Disney ve Towill, 2003): Bu durumda tedarikçiden daha az malzeme geleceği için dağıtıcının karşılanamayan siparişleri artacaktır. Buna paralel olarak da gecikme riski artacaktır. Dağıtıcının potansiyel müşterilerinin oranı azalır. Sürekli ve az sevkiyatı tercih edeceği için stok dönüm hızı bir miktar artar. Stok miktarı azaldığından maliyetleri azalır. İlk etapta artan fiyat, belli bir zaman sonra dengeye ulaşır. Uzun dönemde ise bu bir avantajdır, müşteri sayısı artar. Tedarikçi yine bu değişimden çok az etkilenir. Bu sonuçlar e-ticaret tedarik zinciri elemanlarının birbirinden ne kadar bağımsız çalıştığını gösterir.

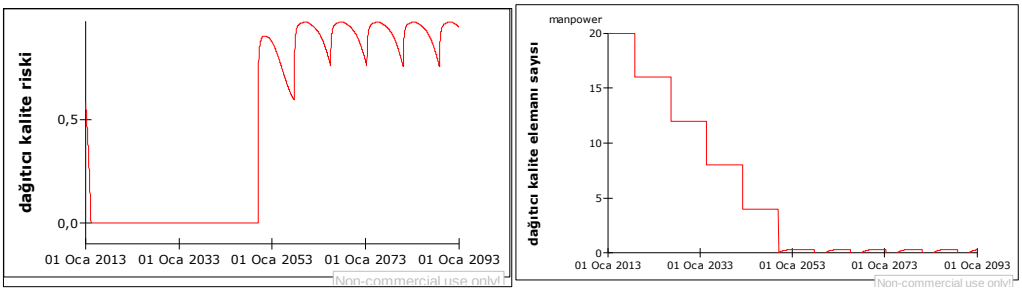


Şekil 6.36: Potansiyel müşteri oranını artışının dağıtıcı fiyat riskine ve dağıtıcı gecikme riskine etkisi.

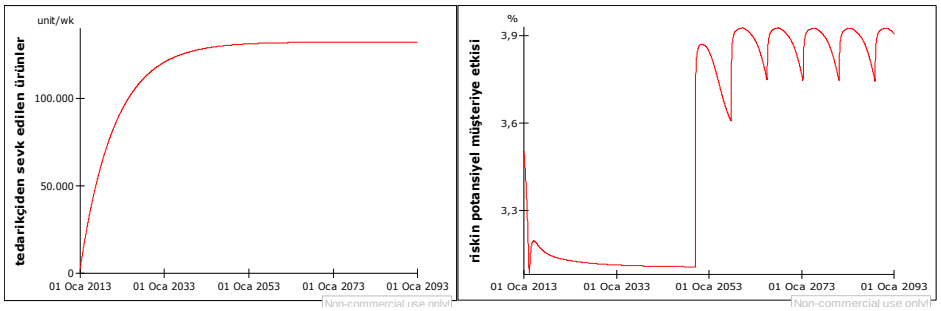


Şekil 6.37: Potansiyel müşteri oranını artışının tedarikçi fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi.

d. *Dağıtıcı kalite elemanı azalırsa tedarikçi riski değişmez (Childerhouse ve diğerleri,2002):* Dağıtıcı kalite faaliyetlerini sürdürmek amacıyla yeterli kalite elemanı bulamayacağından dağıtıcı kalitesi bozulur. Dağıtıcı ancak elinde kalite elemanı kalmayınca kalite elemanı işe alır. Kalite riski artar, toplam risk artacağından potansiyel müşterilerin sayısı azalır. Bu durum yine tedarikçiyi etkilemez, tedarikçi kendi dağıtıcısının isteği kadar üretim yapıp sevk eder. Distribütör, hatayı telafi etmek için tedarikçiden az da olsa sevkiyatını arttırmasını isteyebilir. Bu nedenle tedarikçinin o dönemde daha çok üretim yapması gerekebilir. Ancak bu uzun dönemde tedarikçiye risk teşkil etmez.

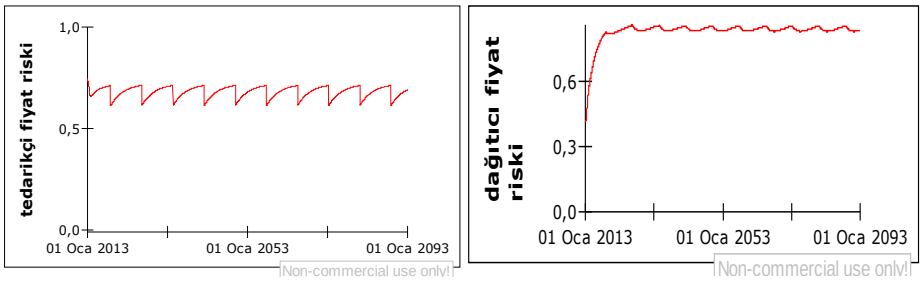


Şekil 6.38: Kalite elemanı alım oranının azalışının dağıtıcı kalite elemanı sayısına ve dağıtıcı kalite riskine etkisi.

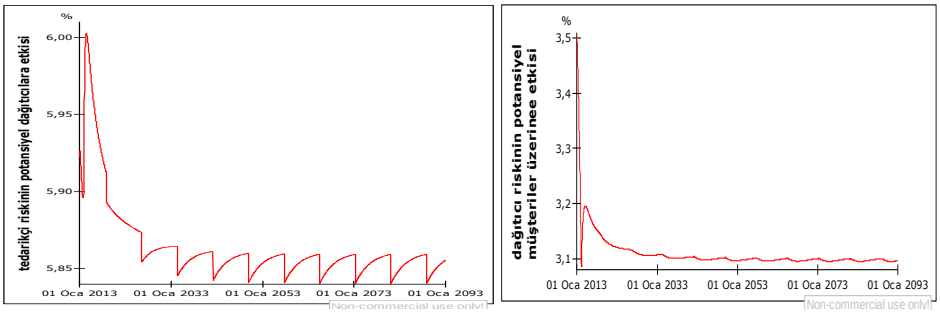


Şekil 6.39: Kalite elemanı alım oranının azalışının tedarikçiden sevk edilen ürünler üzerine ve potansiyel müşteri sayısına etkisi.

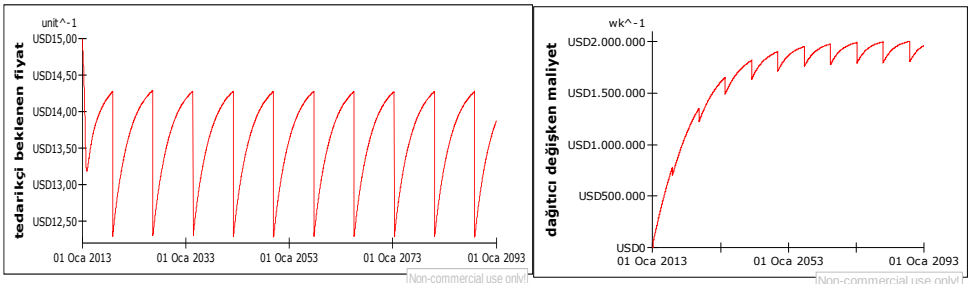
e. *Tedarikçinin beklenen fiyatı azalırsa dağıtıcının müşterileri artar (Geary ve diğerleri, 2006):* Farz edelim ki sektörde beklenmedik bir gelişme yaşandı ve tedarikçi beklenen fiyatı azaldı. Fiyat değişimi maliyetlere bağlı olduğu için belli bir süre sonra maliyetler değişmeden fiyat aynı kalır. Fiyattaki bu ani değişim nedeniyle suni olarak sistemde dağıtıcının daha çok ürün almasını tetikler. Dağıtıcının fiyatı da tedarikçiye bağlı olarak azalmıştır, bu nedenle risk azalır ve potansiyel müşterilerin geliş oranı artar. Ancak bu fiyat değişimleri dağıtıcı sevkiyat oranını azaltacağından dağıtıcı stoğunda az da olsa azalma olur. Potansiyel müşteri geliş oranı artmasına rağmen beklenen müşteri sayısı artışı olmamıştır. Buna dağıtıcı fiyatındaki istikrarsızlığa sebep olmaktadır.



Şekil 6.40: Tedarikçi fiyat değişim oranının tedarikçi fiyat riskine ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi.

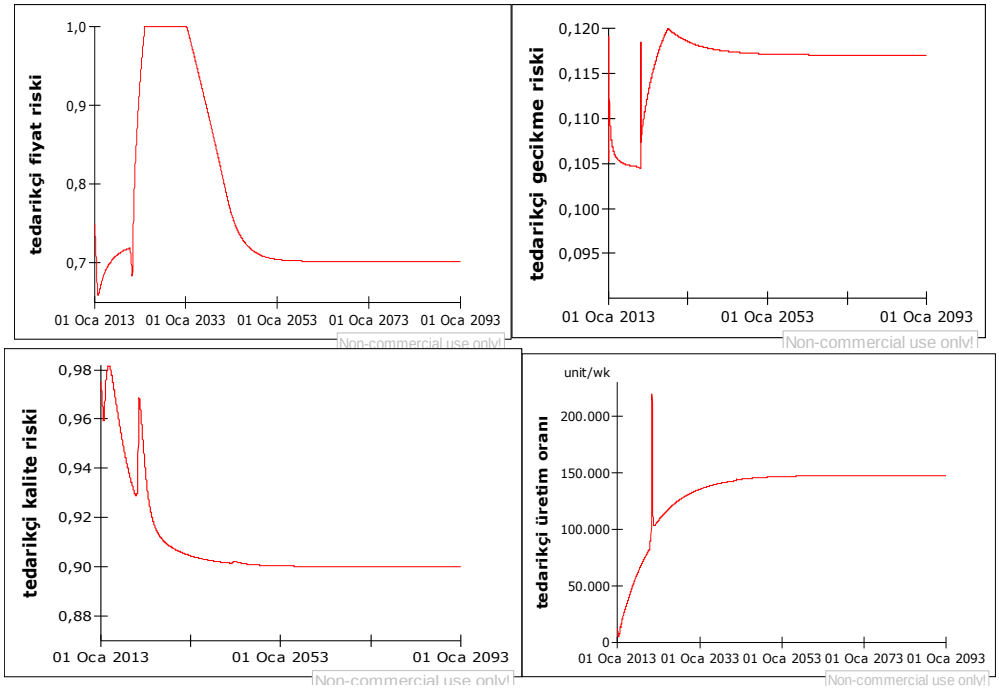


Şekil 6.41: Tedarikçi fiyat değişim oranının potansiyel dağıtıcı sayısına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi.

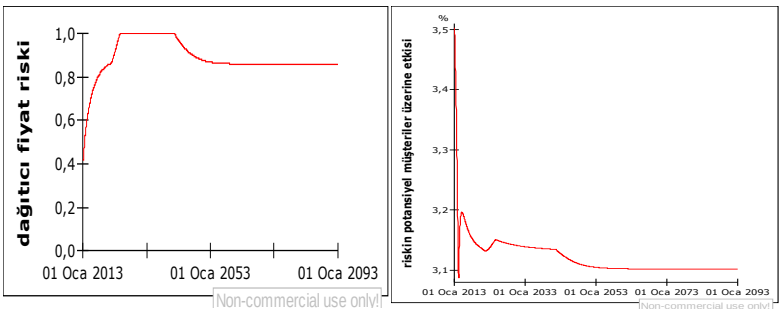


Şekil 6.42: Tedarikçi fiyat değişim oranının tedarikçi beklenen fiyatına ve dağıtıcı değişken maliyetine etkisi.

f. *Tedarikçiye gelen siparişler artarsa dağıtıcının müşteri sayısı azalır (Disney ve Towill,2003):* Tedarikçi yeni pazara girsin ve aniden siparişleri artsın. Bu durumda gelen siparişleri artar. Tedarikçinin karşılanamayan siparişleri artar ve gecikme riski artar. Bunu engellemek için tedarikçi üretim kapasitesini arttırmak zorundadır. Üretim kapasitesi için yatırım yapmaya başlar. Bu nedenle birim maliyetler artar. Üretimin artmasıyla kendi tedarikçisine daha fazla sipariş vermeye başlar. Yeni pazara girmesinden dolayı daha fazla sevkiyat gerçekleşir. Tedarikçinin fiyatlarını artırması, dağıtıcının fiyatının da artmasına sebep olur. Bu da dağıtıcının müşterilerini azaltır. Bu sonuç literatürü desteklemektedir.

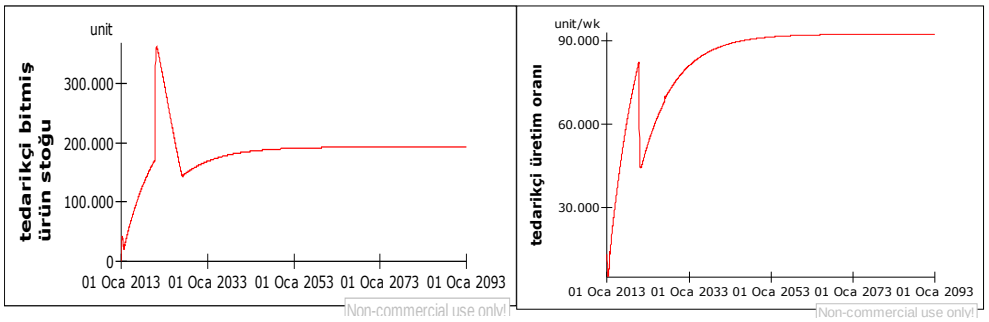


Şekil 6.43: Tedarikçi siparişleri artışının tedarikçi fiyat riskine, tedarikçi gecikme riskine, tedarikçi kalite riskine ve tedarikçi üretim oranına etkisi.

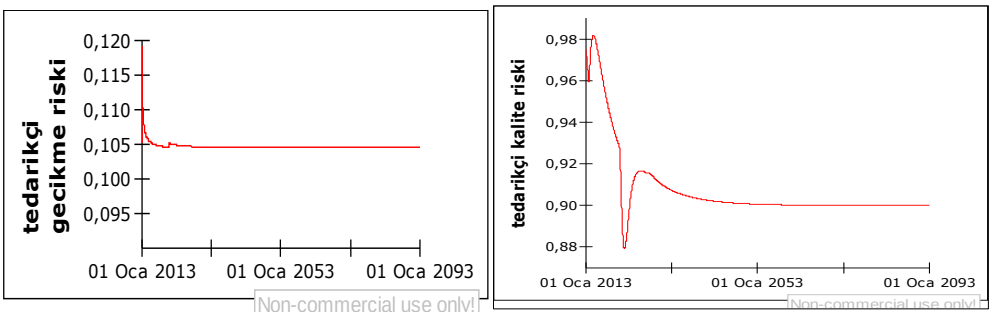


Şekil 6.44: Tedarikçi siparişleri artışının dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi.

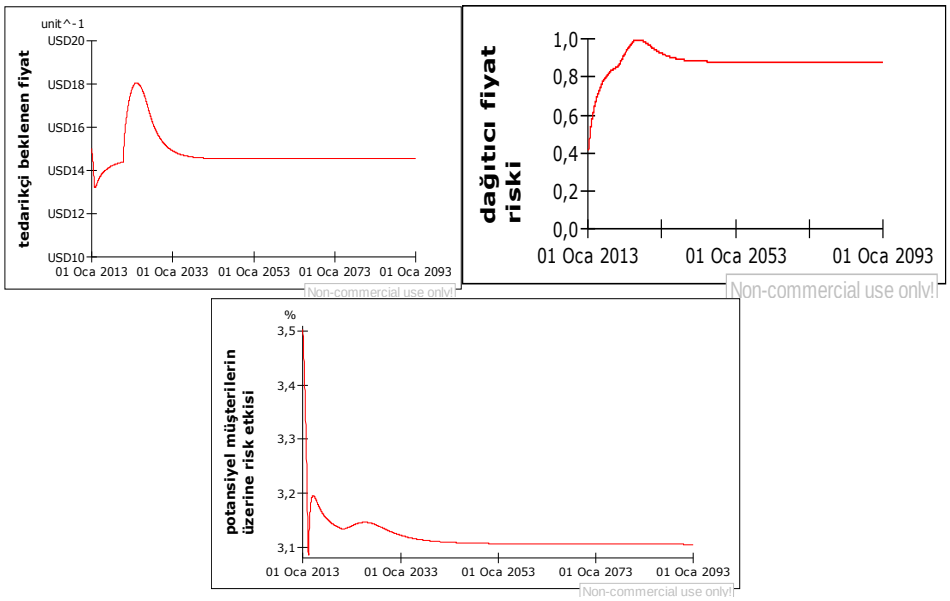
g. *Tedarikçi satış etkililiği azalırsa dağıtıcının potansiyel müşteri sayısı azalır (Özbayrak ve diğerleri,2007):* Tedarikçiye duyulan güven azalsın ve satış etkililiği haftada satış elemanı başına 10 adet azalsın. Tedarikçi gelen siparişleri azalır ve üretim kapasitesini azaltma eğilimine girer. Siparişleri azaldığı için toplam sevkiyatı azalır ve birim başına düşen maliyet artar. Bu da tedarikçi fiyatının artmasına neden olur. Toplam sevkiyat azaldığı için karşılanamayan siparişlerin toplam sevkiyat içindeki payı arttığı için gecikme riski çok az da olsa artar. Tedarikçinin fiyatının yükselmesi, dağıtıcının da fiyatını arttırır; bu da dağıtıcının fiyat riskini arttırır. Dağıtıcının potansiyel müşterileri düşer. Bu sonuç literatürden yapılan çıkarımı doğrular niteliktedir.



Şekil 6.45: Tedarikçi potansiyel talep azalışının üretim oranına, tedarikçi bitmiş stoğuna etkisi.



Şekil 6.46: Tedarikçi potansiyel talep azalışının tedarikçi gecikme riskine ve tedarikçi kalite riskine etkisi.

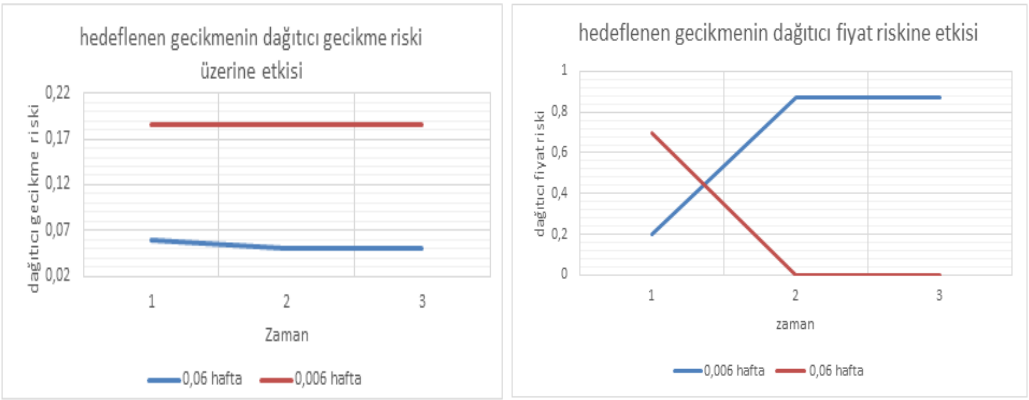


Şekil 6.47: Tedarikçi potansiyel talep azalışının tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşterilere etkisi.

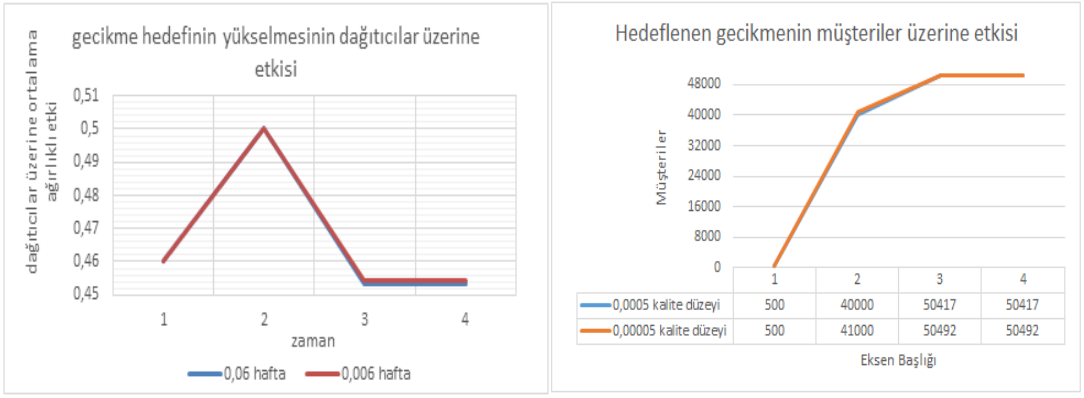
6.4.E-ticaret modelinde yapılan değişimler

a. Dağıtıcı hedeflenen gecikme 0,06 haftadan 0,006 hafta olursa- hedeflenen gecikme süresinin azalması (Childerhouse ve diğerleri, 2002)

Bu durumda doğal olarak dağıtıcının gecikme riski artacak ve toplam riski artacaktır. Buna paralel olarak da dağıtıcının potansiyel müşterilerinin oranı azalacaktır. Dağıtıcı sevkiyatları azalacak ve birim başına düşen maliyetleri artarak fiyat riskine etki edecektir. Ancak dağıtıcı toplam riski çok az artar.



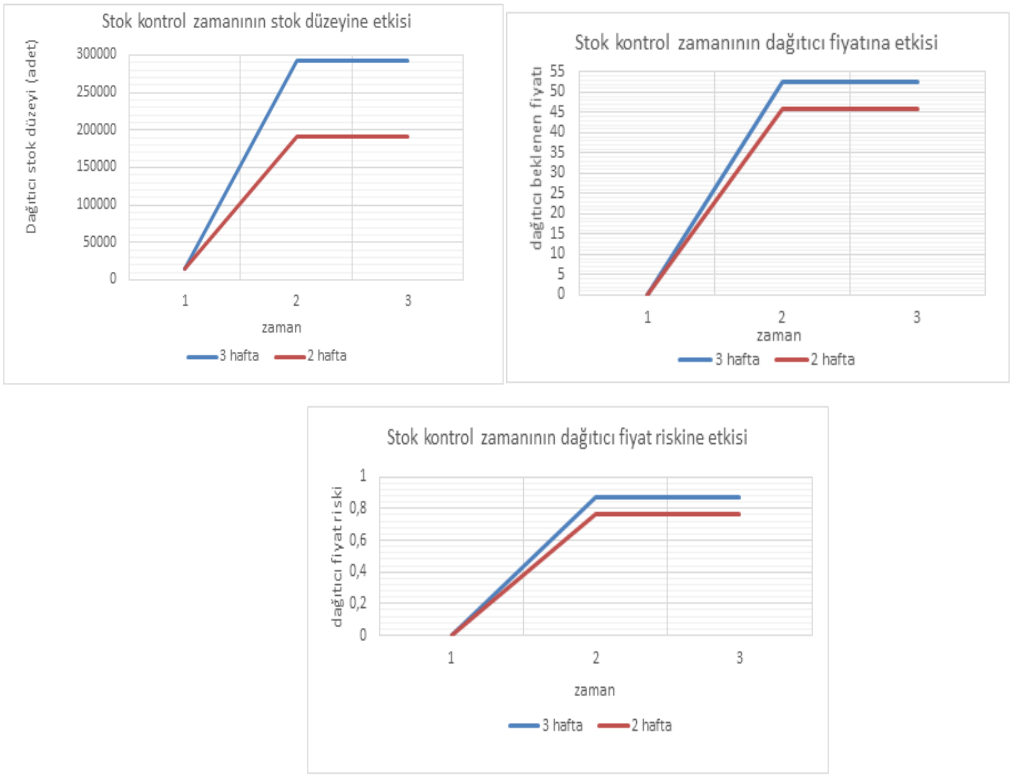
Şekil 6.48: Dağıtıcı hedeflenen gecikmenin dağıtıcı gecikme riskine ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi.



Şekil 6.49: Dağıtıcı hedeflenen gecikmenin dağıtıcı sayısına ve müşteriler üzerine etkisi.

b. Dağıtıcı stok kontrol zamanı 3 hafta yerine 2 hafta olursa (Childerhouse ve diğerleri, 2002)

Dağıtıcı stok kontrol zamanı azalırsa dağıtıcının elinde tuttuğu stok miktarı azalacak ve elde bulundurma maliyeti düşecektir. Bu nedenle toplam maliyetler de düşecektir. Maliyetler dikkate alınarak hesaplanan dağıtıcı fiyatı azaltacaktır. Bu değişim tedarikçiyi etkilememektedir, çünkü tedarikçinin sevkiyat miktarı tek bir dağıtıcıya bağlı değildir. Dağıtıcının sevkiyat miktarı da tek bir tedarikçiye bağlı değildir.



Şekil 6.50: Dağıtıcı stok kontrol zamanının dağıtıcı stok düzeyine dağıtıcı beklenen fiyatına ve dağıtıcı fiyat riskine etkisi.

c. *Tedarikçi kalite standardı düzeyinin artması (Childerhouse ve diğerleri, 2002)*

Tedarikçi kalite standartları kapsamında hata oranı 0,005'ten 0,002 yükseltirse tedarikçinin hatalı kabul ettiği ürün miktarı değiştiği için tedarikçi kalite riski artar. Kalite riskinin artması, dağıtıcı kalitesini de düşürecektir. Bu durum dağıtıcı toplam riskini etkileyeceğinden potansiyel dağıtıcı sayısını azaltır.



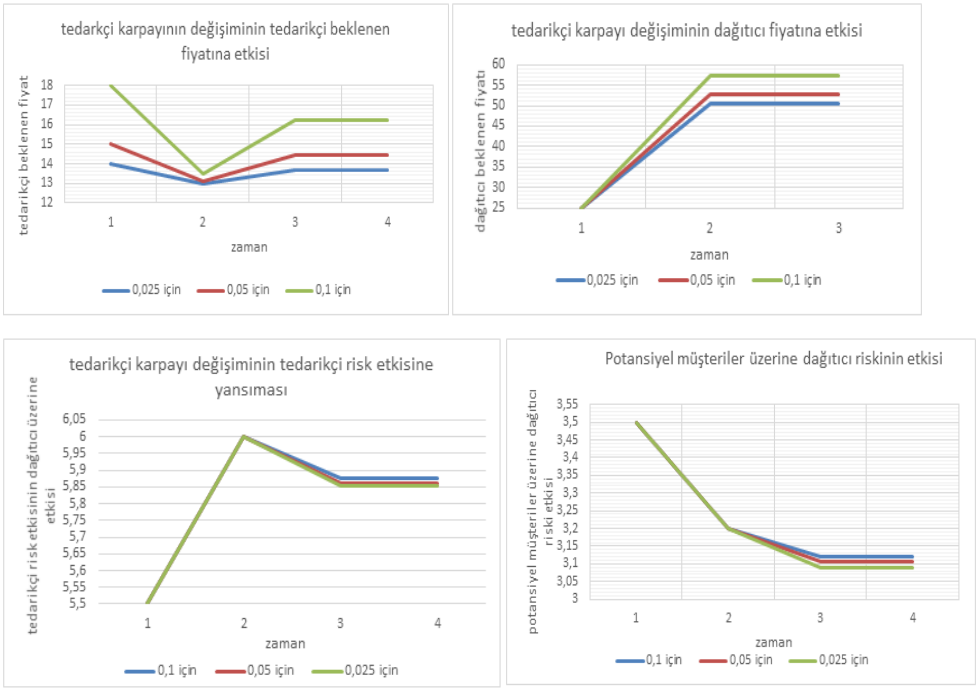
Şekil 6.51: Tedarikçi kalite düzeyinin potansiyel dağıtıcılar üzerine etkisi.



Şekil 6.52: Tedarikçi kalite düzeyinin kalite riskine etkisi.

d. *Tedarikçi kar payı 0,05 yerine 0,1 veya 0,025 olması (Geary ve diğerleri, 2006)*

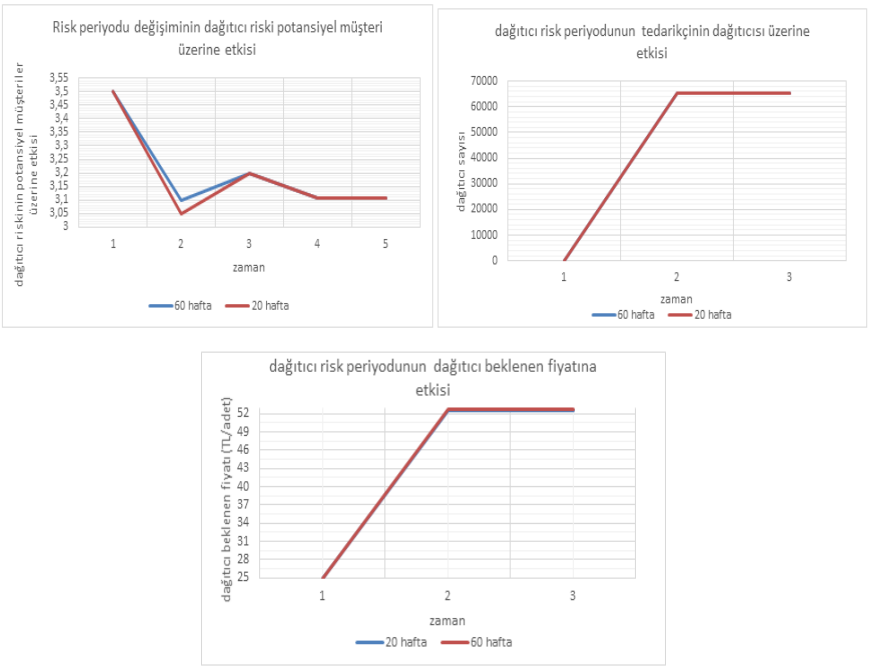
Tedarikçi kar payının artması, beklenen fiyatta artışa, kar payının azalması da fiyatta azalışa sebep olur. Kar payının artması fiyatı arttıracağından fiyat riski artar, toplam risk artar ve potansiyel dağıtıcılar azalır. Tedarikçi fiyatının artması, dağıtıcı fiyatını arttırır. Dağıtıcı fiyat riski artar ve potansiyel müşteri oranı da azalır.



Şekil 6.53: Tedarikçi kar payı değişiminin tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı beklenen fiyatına, tedarikçi riskine ve dağıtıcı riskine etkisi.

e. Dağıtıcı risk periyodunun 20 hafta yerine 60 hafta olması

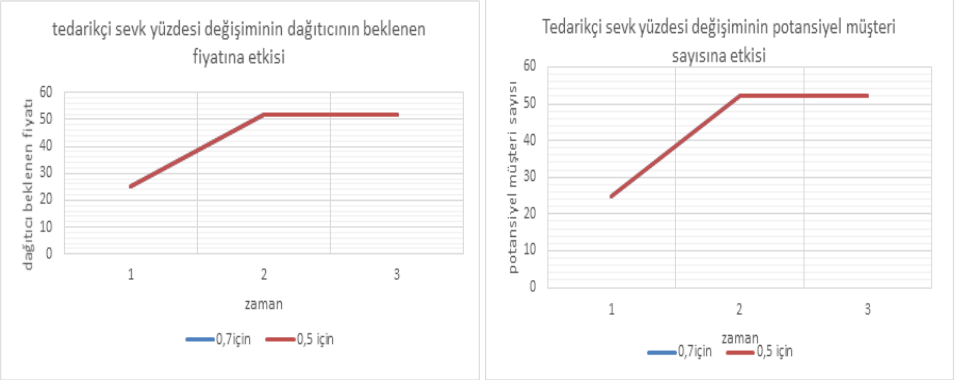
Risk hesabında risk periyodunun uzun ya da kısa olmasının etkisi olabilir. Dağıtıcı risk periyodu değişmesine rağmen potansiyel müşteri oranı, tedarikçinin dağıtıcı sayısı ve dağıtıcı beklenen fiyatında uzun dönemde kayda değer bir değişim yaşanmamıştır.



Şekil 6.54: Dağıtıcı risk periyodu değişiminin dağıtıcı sayısına, potansiyel müşterilere ve dağıtıcı beklenen fiyatına etkisi.

f. Tedarikçinin stoğundan dağıtıcıya yapılan sevkiyat oranının 0,7'den 0,5'e düşmesi (Dejonckheere ve diğerleri, 2004)

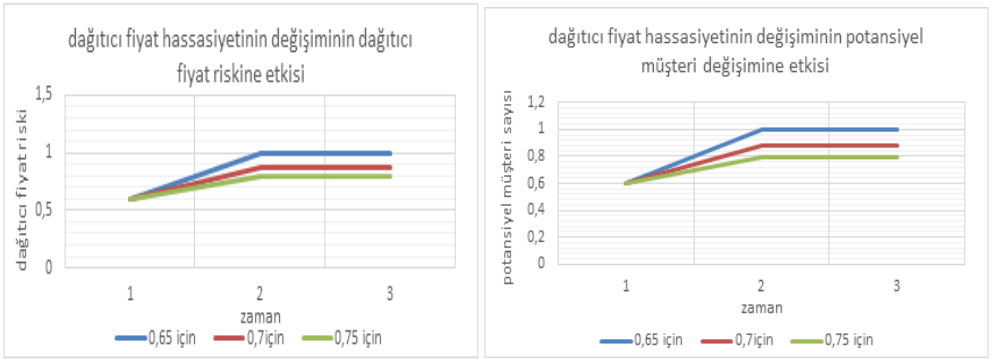
Tedarikçi sevkiyat yüzdesi, tedarikçi stoğunun ne kadarlık kısmının dağıtıcıya göndereceğini belirlemede rol oynar. Tedarikçi birden çok dağıtıcıya sevkiyat yapmaktadır, belli bir dağıtıcı içinse stoğunun tamamını gönderemez. Bu yüzden tedarikçi stoğunun belli bir oranını dağıtıcıya gönderir. Dağıtıcı da tek bir tedarikçi ile çalışmadığı için bu değişimin etkisi dağıtıcıyı zor durumda bırakacak şekilde olmayabilir. Bu nedenle tedarikçi kendi kararıyla sevk oranını düşürse bile dağıtıcının potansiyel müşteri sayısında ve beklenen fiyatına etkisi olmayacaktır. Çünkü dağıtıcı için tedarikçi alternatifi fazladır denilebilir. Dağıtıcı isteklerini diğer tedarikçilere iletecektir. Bu bakımdan bu sonuç literatürü desteklememektedir.



Şekil 6.55: Tedarikçi sevk yüzdesinin dağıtıcı beklenen fiyatına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi.

g. Dağıtıcı maliyetin fiyat hassasiyeti 0,7-0,75 ve 0,65 olması (Geary ve diğerleri,2006)

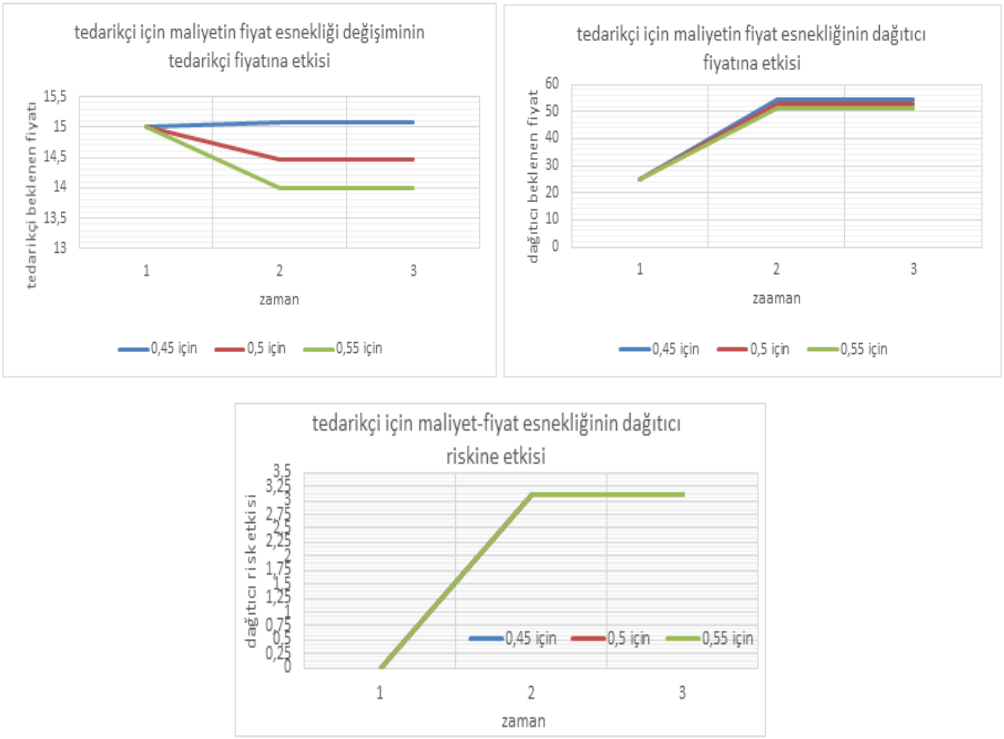
Maliyetin fiyat esnekliği artarsa (λ=0.65) her bir birim maliyet değişimlerine karşı fiyat değişimi daha büyük olur. Bu nedenle fiyat riski artar ve bu da dağıtıcının fiyatının ve fiyat riskinin artmasına, dolayısıyla da toplam riskin yükselmesine neden olur. Maliyetin fiyat esnekliği azalırsa yukarıda anlatılan etkinin tam tersinin olması beklenir. Tedarikçi fiyatı ise bu değişimden bağımsız olduğu için değişmemektedir.



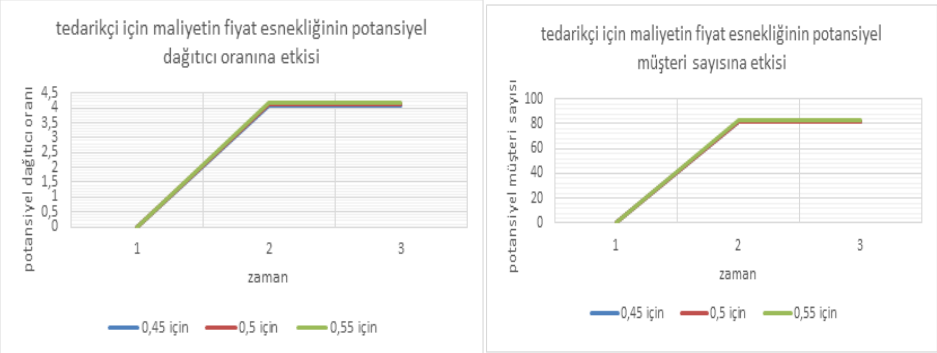
Şekil 6.56: Dağıtıcı fiyat hassasiyetinin dağıtıcı fiyat riskine ve potansiyel müşteri oranına etkisi.

h. Tedarikçi için maliyetin fiyat esnekliği değişimi (Geary ve diğerleri, 2006)

Maliyetin fiyat esnekliği artarsa (λ=0.45) her bir birim maliyet değişimlerine karşı fiyat değişimi daha büyük olur. Bu nedenle fiyat riski artar ve bu da hem tedarikçinin fiyatının-fiyat riskinin artmasına hem de dağıtıcının fiyat riskinin artmasına, dolayısıyla da toplam riskin yükselmesine neden olur. Toplam riskin yükselmesiyle beraber müşteri sayısı azalır. Maliyetin fiyat esnekliği azalırsa da yukarıda anlatılan etkinin tam tersinin olması beklenir.



Şekil 6.57: Tedarikçi fiyat hassasiyetinin tedarikçi beklenen fiyatına, dağıtıcı beklenen fiyatına ve dağıtıcı riskine (%) etkisi.



Şekil 6.58: Tedarikçi fiyat hassasiyetinin potansiyel dağıtıcı oranına ve potansiyel müşteri sayısına etkisi.

6.5. Deney ve Hipotez Sonuçları

Tüm hipotez ve deney sonuçları aşağıdaki tablodaki gibi gösterilebilir:

Çizelge 6.1: Hipotez ve deney sonuçları.

Hipotez/Deney	Geleneksel tedarik zinciri model sonucu	E-ticaret tedarik zinciri model sonucu
Müşteri sipariş artışı	Tedarikçi talep artışı ve tüm zincirde risk artışı	
Müşteri potansiyel talep artışı	Tüm zincirin gecikme riski artar. Toplam risk artar.	Dağıtıcı gecikme riski artar. Toplam riskin müşteriler üzerindeki etkisi artar.
Tedarikçi stok kontrol zamanı seyrekleşirse	Tüm zincirin fiyat riski artar. Toplam risk artar.	Tüm zincirin fiyat riski artar.
Üretici sipariş artışı	Tüm zincirin gecikme riski ve toplam risk artar. Üretici fiyat dalgalanma riski artar.	
Tedarikçi fiyat arttırma politikası	Tüm zincirin fiyat dalgalanma riski ve toplam riski artar.	Potansiyel müşteriler azalır.
Tedarikçi toplam sevkiyat kapasitesi azalması	Perakendeci riskine etkisi yok denecek kadar az. Tedarikçi beklenen fiyatı çok az artar.	Dağıtıcıyı etkilemez.

Çizelge 6.1: Hipotez ve deney sonuçları (devamı).

Tedarikçi gerçek talep ve sipariş artışı	Tedarikçi gecikme riski, kalite riski artar, üretici fiyat riski artar.	Dağıtıcı ve tedarikçi fiyat riski, gecikme riski ve kalite riski artar.
Dağıtıcı sunucu kapasitesi azalırsa		Potansiyel müşteriler artar, çünkü belli miktarda müşteri sistemden çıkmıştır.
Dağıtıcı kalite elemanı sayısı azalırsa		Tedarikçi riski değişmez. Dağıtıcı kalite riski artar.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminin toplam riski etkileyecek değişkenler ile bu değişkenlerin değişiminden kaynaklanan etkiler araştırılmıştır. Geleneksel tedarik zinciri risk yönetimi sistemi için öncelikle literatürde ayrı konular halinde anlatılan kalite riski, gecikme riski ve fiyat değişim riskleri ele alınmış, bu risk faktörlerini belirlemeye yarayan değişkenler seçilmiş ve bu değişkenler arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. E-ticaret tedarik zinciri risk yönetimi içinse kalite riski, gecikme riski ve fiyat değişim risklerinin yanı sıra sunucu kapasitesindeki yetersizliklerden ve bozulmalardan kaynaklanan bilgi gecikmesi riski de risk faktörleri arasında düşünülmüştür. Tüm bu risk faktörlerinin oluşturduğu toplam risk, satış çekiciliğine etki ettirilerek, müşteri sayısını değiştirmektedir. Bu yapı sayesinde, riskin tüm tedarik süreçlerinde meydana getirdiği değişim ölçülebilmektedir.

Elde edilen deney sonuçlarına göre, geleneksel yapıda tedarikçi-üretici ve perakendeci birbirine daha bağımlı bir yapı sergilerken, e-ticaret tedarik zincirinde ise tedarikçi-dağıtıcı yapısı daha bağımsızdır. Bunun en önemli nedeni, e-ticaret sisteminde olan firmaların tek bir çevreden sipariş almaya son vermeleri ve daha fazla sayıda potansiyel tedarikçiler arasından seçim yapma özgürlüğüne kavuşmasıdır. Sergiledikleri performans, toplam risk skoruna etki etmekte ve bu değere göre müşteri kazanmakta ve kaybetmektedirler. Tedarikçide ya da dağıtıcıda yaşanan değişim, diğer tedarik zinciri üyesinde büyük bir değişim yaratmaz. Geleneksel yapıda ise firmalar, gelecek talebi ve satabilecekleri miktarı daha rahat kestirebilirler. Anlaşmalar ile satışı ve sevkiyat miktarlarını garanti altına almak isterler. Birbirine satış ve sevkiyat olarak bağımlı olmaları, bir tedarik zinciri üyesindeki değişimin diğerine etkisini kaçınılmaz kılmaktadır.

Çalışmada, literatürde ayrı ayrı ele alınan risk faktörlerinin de birbirine etki ettiği gözlemlenmiştir. Örneğin, gecikme riskindeki değişim müşteri siparişlerini azaltmakta, azalan müşteri siparişleri de stokların artmasına ve maliyetlerin artmasına sebebiyet vermektedir. Maliyet artışı da fiyat riskini arttırmakta ve toplam riskte de artış

gözlenmektedir. Bu döngü zaman içinde kendini dengeler ve müşteri sayısının azalmasıyla birlikte üretim miktarı ve stoktaki ürün miktarı azalır. Benzer şekilde kalite riskinin artışı nedeniyle toplam risk artmakta, müşteri sayısı azalmakta, toplam sevkiyat azalmakta ve elde bulundurma maliyeti artmaktadır. Bu durum da fiyat riskini arttırmaktadır.

Bu çalışma, literatürde yazarların boşluk olarak işaret ettikleri "bütünleşik" bakış açısına göre tedarik zinciri risk yönetimi sisteminin değerlendirilmesine imkan vermektedir. Tek bir risk faktörünün tüm sisteme etkisinin izlenmesi gerçek hayatta uygulama anlamında firmalara uzun vadeli ve stratejik planlama yapmalarına imkân vermemektedir, birkaç risk faktörünün değişkenler üzerine etkisinin izlenmesi bu anlamada daha gerçekçidir ve gerçek hayat uygulamalarında firmalara geniş bakış açısıyla planlama imkânı tanımaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda tezde kullanılan üç ana risk faktörüne talep dalgalanması riski de eklenebilir. Bunun yanı sıra tek tedarikçi seçim riski, üretim kapasitesi riski gibi literatürde belirtilen diğer risk grupları da eklenebilir. Çalışmada öne sürülen model çekme sistemi için önerilen bir model olduğundan herhangi bir sektöre ait değildir; modelin bir sektöre göre özelleştirilmesi daha sağlıklı sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

8. KAYNAKLAR

Akanle, O.M. ve Zhang, D.Z. (2008). Agent based model for optimizing supply chain configurations, *Int J.Production Economics*, ***115***, 444-460.

Azadeh, A. ve Alem, S.M. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis, *Expert Systems with Applications*, ***37,*** 7438–7448.

Azaron, A., Brown, K. N., Tarim, S.A., Modarres, M. (2007). A multi-objective stochastic programming approach for supply chain design considering risk, *Int. J. Production Economics* ,***116***,129–138.

Barbati, M., Bruno, G., Genovese, A.. (2011). Applications of agent-based models for optimization problems: A literature review, *Expert Systems with Applications*, ***39***, 6020–6028.

Başkaya, Z. (1997). Sistem dinamiğinin işletmelerde uygulanması, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.

Campuzano, F. ve Mula, J. (2011). Supply Chain Simulation, London: Springer-Verlag.

Canetta, L., Cheikhrouhou, N., Glardon, R. (2010). Modelling hybrid demand (e-commerce ‘‘+’’ traditional) evolution: A scenario planning approach, *International Journal of Production Economics*, doi:10.1016/j.ijpe.2010.06.003

Chatzidimitriou, C., Symeonidis A. L., Kontogounis, I., Pericles A. M., (2008). Agent Mertacor: A robust design for dealing with uncertainty and variation in SCM environments, *Expert Systems with Applications*,***35***, 591–603.

Childerhouse, P., Aitken, J., Towill, D. R. (2002). Analysis and design of focused demand chains, *Journal of Operations Management*, ***20***, 675–689.

Coyle, R.G. (1996). *Systems Dynamics Modeling*, London: Chapman&Hall.

Croson, R. ve Donohue, K. (2003). Impact of POS Data sharing on supply chain management: An experimental study, *Production and Operations Management, 12-1*,1-12.

Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R., Towill, D.R. (2002). Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains, *Int. J. Production Economics*, ***78***, 133-144.

Dejonckheere, J., Disney, S.M, Lambrecht, M.R., Towill, D.R. (2004). The impact

of information enrichment on the Bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective, *European Journal of Operational Research*, ***153,*** 727–750.

Dejonckheere, J., Disney , S.M., Lambrecht, M.R., Towill, D.R. (2003). Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach, *European Journal of Operational Research*, ***147***, 567–590.

Disney, S.M. ve Towill, D.R. (2003). The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains, *Int. J. Production Economics*, ***85,*** 199–215.

Disney, S.M. ve Towill, D.R. (2003) .On the bullwhip and inventory variance produced by an ordering policy, *Omega*, ***31***, 157 – 167.

Disney , S.M., Farasyn, I., Lambrecht, M., Towill, D.R., Van de Velde , W. (2006). Taming the bullwhip effect whilst watching customer service in a single supply chain echelon, *European Journal of Operational Research*, ***173***, 151–172.

Ellegard, C. (2008). Supply risk management in a small company perspective, *Supply Chain Management:An international Journal*, ***13/6,*** 425-434.

Erkut, H. (1995). *Sistem Yönetimi*, İstanbul:Yönetim Bilimleri Dizisi:4, İrfan Yayınları.

Evans, G.N., Naim, M.M., Towill, D.R. (1998). Application of a simulation methodology to the redesign of a logistical control system, *Int. J. Production Economics*, ***56-57***, 157-168.

Fernandez, E., Salomone, E., Chiotti, O. (2012). A model driven development approach based on a reference modelfor predicting disruptive events in a supply process, *Computers in Industry*, ***63***, 482–499.

Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*, Massachusetts: The M.I.T. Press.

Geary, S., Disney, S.M., Towill, D.R. (2006). On bullwhip in supply chains-historical review, present practice and expected future impact, *Int. J. Production Economics*, ***101,*** 2–18.

Georgiadis, P., Vlachos, D., Iakovou, E.. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains, *Journal of Food Engineering*, ***70***, 351-364.

Georgiadis, P. ve Michaloudis, C. (2012). Real-time production planning and control system for job-shop manufacturing: A system dynamics analysis, *European Journal of Operational Research*, ***216,*** 94–104.

Germain, B.S., Valckenaers, P., Verstraete, P., Hadeli, Brussel, H.V. (2007). A multi-agent supply network control framework, *Control Engineering Practice* ,***15***,1394–1402.

Giannakis, M. ve Louis, M. (2010). A multi-agent based framework for supply chain risk management, *Journal of Purchasing & Supply Management*, ***17***, 23–31.

Giannoccaro, I. (2011). Assesing the influence of organization in the supply chain

management using NK simulation , Int.J.Production Economics ,***131***, 263-272.

Gunasekaran, A., Marri, H.B., McGaughey, R.E., Nebhwani, M.D. (2002). E-commerce and its impact on operations management, *Int. J. Production Economics* ,***75***, 185–197.

Hanafizadeh, P. ve Sherkat, M. H. (2009). Designing fuzzy-genetic learner model based on multi-agent systems in supply chain management, *Expert Systems with Applications* ,***36***, 10120–10134.

Ivanov, D., Dolgui ,A., Sokolov, B. 2011. Applicability of optimal control theory to adaptive supply chain planning and scheduling, *Annual Reviews in Control*, ***36***, 73–84.

Kaihara, T. (2003).Multi agent based supply chain modeling with dynamic environment, *International Journal of Production Economics*,***85***, 263-269.

Kayakutlu, G. ve Büyüközkan, G. (2010) Effective Supply Value Chain Based on Competence Success, *Supply Chain Management: An International Journal*, ***15(2)***, 129-138.

Kazemi, A. ve Zarandi, M.H.(2008). An agent based framework for building decision support system in supply chain management, *Journal of Applied Sciences* ***8,7***,1125-1137.

Kull, T.J. ve Talluri, S. (2008). A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multi Criteria Decision Making, *IEEE Transactıons On Engineering Management*, ***Vol. 55, No. 3***, 409-419.

Lalwani, C. S., Disney, S. M., Towill, D. R. (2006). Controllable, observable and stable state space representations of a generalized order-up-to policy, *Int. J. Production Economics* ,***101***, 172–184.

Lavastre, O. , Gunasekaran, A., Spalanzani A. (2012). Supply chain risk management in French companies, *Decision Support Systems*,***52***, 828–838.

Lee, L.,Cho, W., Kim K. (2002) Supply chain simulation with discrete-continious combined modeling, *Computers and Industrial Engineering*, ***43,*** 375-392.

Liang, W., Huang, C., Tseng,T., Lin, Y., Tseng, J. (2012). The evaluation of intelligent agent performance: An example of B2C e-commerce negotiation, *Computer Standards & Interfaces* ,***34,*** 439–446.

Longo, F. ve Mirabelli, G. (2007). An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation, *Computers and Indıstrial Engineering* ,***54***, 570- 588.

Macal, C. M. (2010). To Agent-Based Simulation From System Dynamics, *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference.*

Mele, F. D., Gonzalo G., Espuna A., Puigjaner L. (2007). An agent-based approach

for supply chain retrofitting under uncertainty, *Computers and Chemical Engineering*, ***31***, 722–735.

Morecroft, J. (2007). *Strategic Modeling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach*, Sussex: John Wiley and Sons Ltd.

Nagurney, A., Cruz, J., Dong, J., Zhang, D. (2005). Supply chain networks, electronic commerce, and supply side and demand side risk, *European Journal of Operational Research*, ***164***,120–142.

Narasimhan, R. ve Talluri, S. (2009). Perspectives on risk management in supply chains, *Journal of Operations Management*, ***27***,*114-118*.

Ngai, E.W.T ve Wat., F.K.T. (2004). Fuzzy decision support system for risk analysis in e-commerce development, *Decision Support Systems* ,***40***, 235– 255.

Ovalle, O.R. ve Marquez., **A. C.** (2002). The effectiveness of using e-collaboration tools in the supply chain: An assessment study with system dynamics, *Journal of Purchasing & Supply Management* ,***9***, 151-163.

Özbayrak, M., Papadopoulou, T.C., Akgün, M. (2007). Systems dynamics modeling of a manufacturing supply chain system, *Simulation Modeling Practice and Theory*, ***15*** ,1338–1355.

Öztemel, E. ve Tekez, E.K. (2009). Interactions of agents in performance based supply chain management, *J.Intelligent Manufacturing*, ***20***, 159-167.

Pham, H. V. , Cooper, E. W., Cao, T. , Kamei, K. (2012). Hybrid Kansei-SOM model using risk management and company assessment for stock trading, *Inform. Sci. doi:10.1016/j.ins.2011.11.036*

Ramanathan, R. (2012). A mathematical programming model for estimating the importance levels of performance criteria and an application in e-commerce, *Expert Systems with Applications*,***39***, 2067–2072.

Ritchie, B. ve Brindley,C. (2007). An emergent framework for supply chain risk management and perfrmance measurement, *Journal of the Operational Research Society* , ***58***, 1398-1411.

Srinivasan, M., Mukherjee , D., Gaur, A. S. (2011). Buyer–supplier partnership quality and supply chain performance: Moderating role of risks, and environmental uncertainty, *European Management Journal*, ***29***, 260–271.

Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Mc Graw Hill.

Sting, F. J. ve Huchzermeier, A. (2010). Ensuring responsive capacity: How to contract with backup suppliers, *European Journal of Operational Research* ,***207***, 725–735.

Sodhi, M. S. ve Tang. C. S. (2009). Modeling supply chain planning under demand uncertainty using stochastic programming: A survey motivated by asset–liability management, *Int. J. Production Economics* ,***121***,728–738.

Tako, A. A. ve Robinson, S. (2010). Model development in discrete-event simulation

and system dynamics: An empirical study of expert modellers, *European Journal of Operational Research, **207***,784–794.

Tang, O. ve Musa, S. N. (2010). Designing fuzzy- genetic learner model based on multi-agent systems in supply chain management, *Int. J. Production Economics,**133***, 25–34.

Tesfamariam, D. ve Lindberg, B.. (2005). Aggregate analysis of manufacturing systems using system dynamics and ANP, *Computers & Industrial Engineering*, ***49***, 98-117.

Towill, D. R., Zhou, L., Disney, S. M. (2007). Reducing the bullwhip effect: Looking through the appropriate lens, *Int. J. Production Economics,**108***, 444–453.

Wang, G., Wong, T.N., Yu., C. (2011). A computational model for multi-agent E-commerce negotiations with adaptive negotiation behaviors, *J. Comput. Sci. 2011*, doi:10.1016 /j.jocs.2011.10.003.

Wang, M., Wang, H., Vogel, D., Kumar, K., Chiu, D.K.W. (2009). Agent based negotiation and decision making for dynamic supply chain formation, *Engineering Applications of Artificial Intelligence, **22***, 1046-1055.

Vlachos, D., Georgiadis, P., Iakovou, E. (2007). A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains, *Computers & Operations Research ,**34***, 367–394.

Zhou, L., Disney, S., Towill, D.R. (2010). A pragmatic approach to the design of bullwhip controllers, *Int. J. Production Economics*, ***128,*** 556–568.

Url-1 <*http://www.mhi.org*>, alındığı tarih: 21.07.2013.

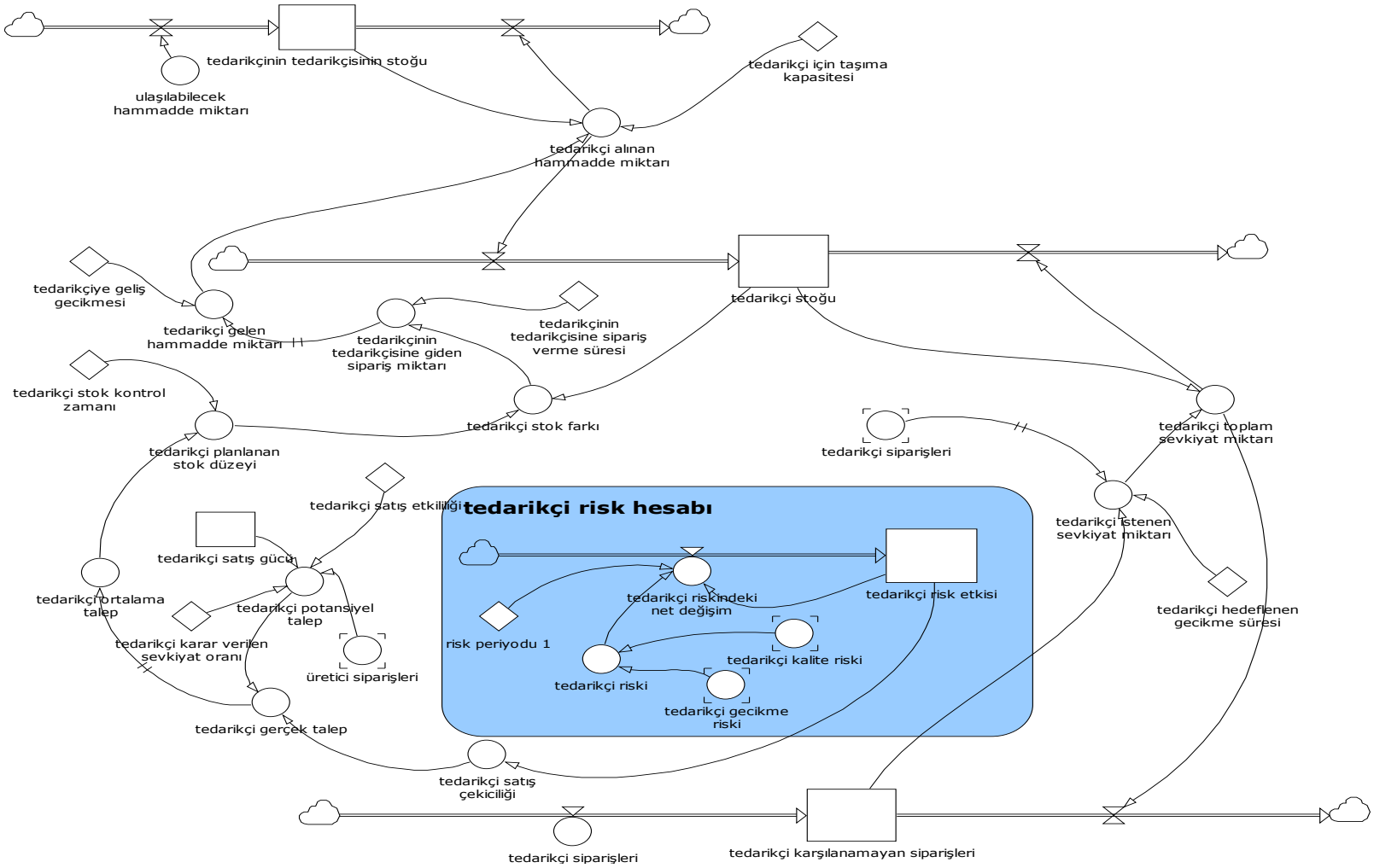
Url-2<*http://www.usanfranonline.com/online-education-resources/***>**, alındığı tarih: 21.07.2013.

Url-3<*http://www.gulcinbuyukozkan.net/kose8.pdf***>**,alındığı tarih: 21.07.2013.

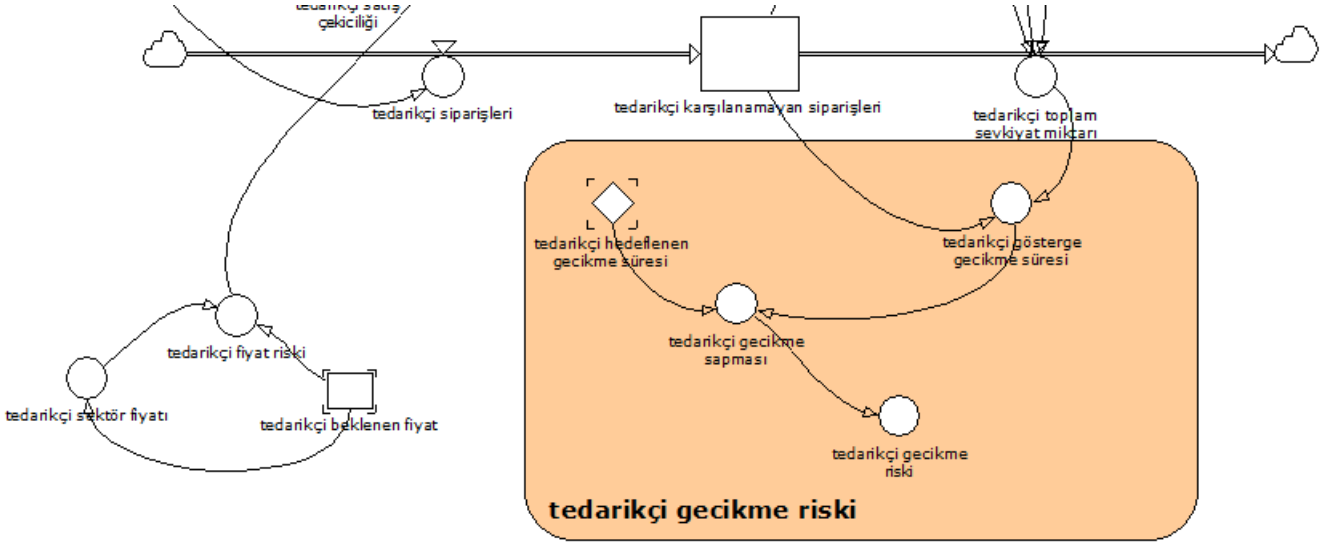
EKLER

EK A: GELENEKSEL TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ İÇİN ÖNERİLEN SİSTEM DİNAMİĞİ MODELİ

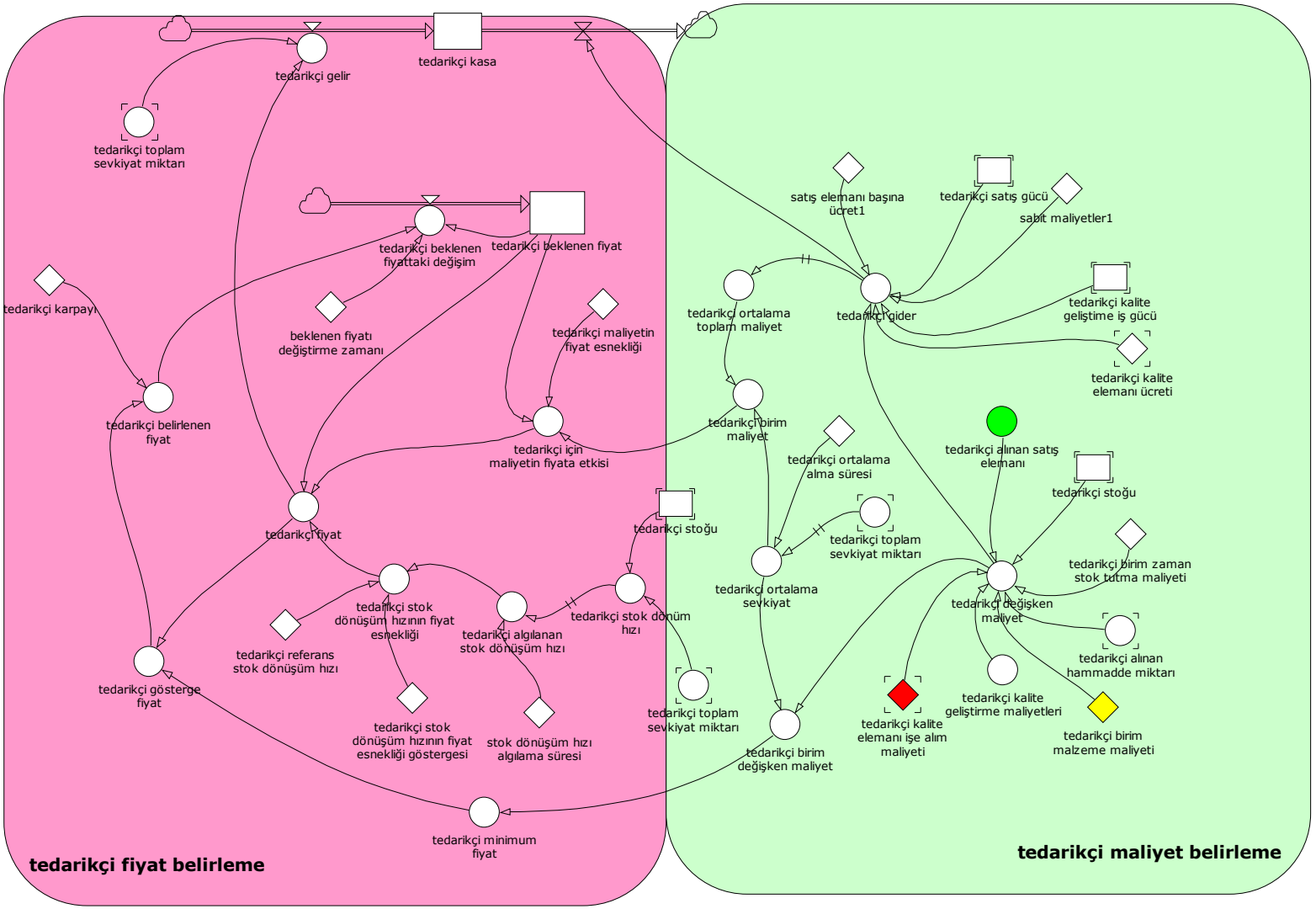
EK B: E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ İÇİN ÖNERİLEN SİSTEM DİNAMİĞİ MODELİ



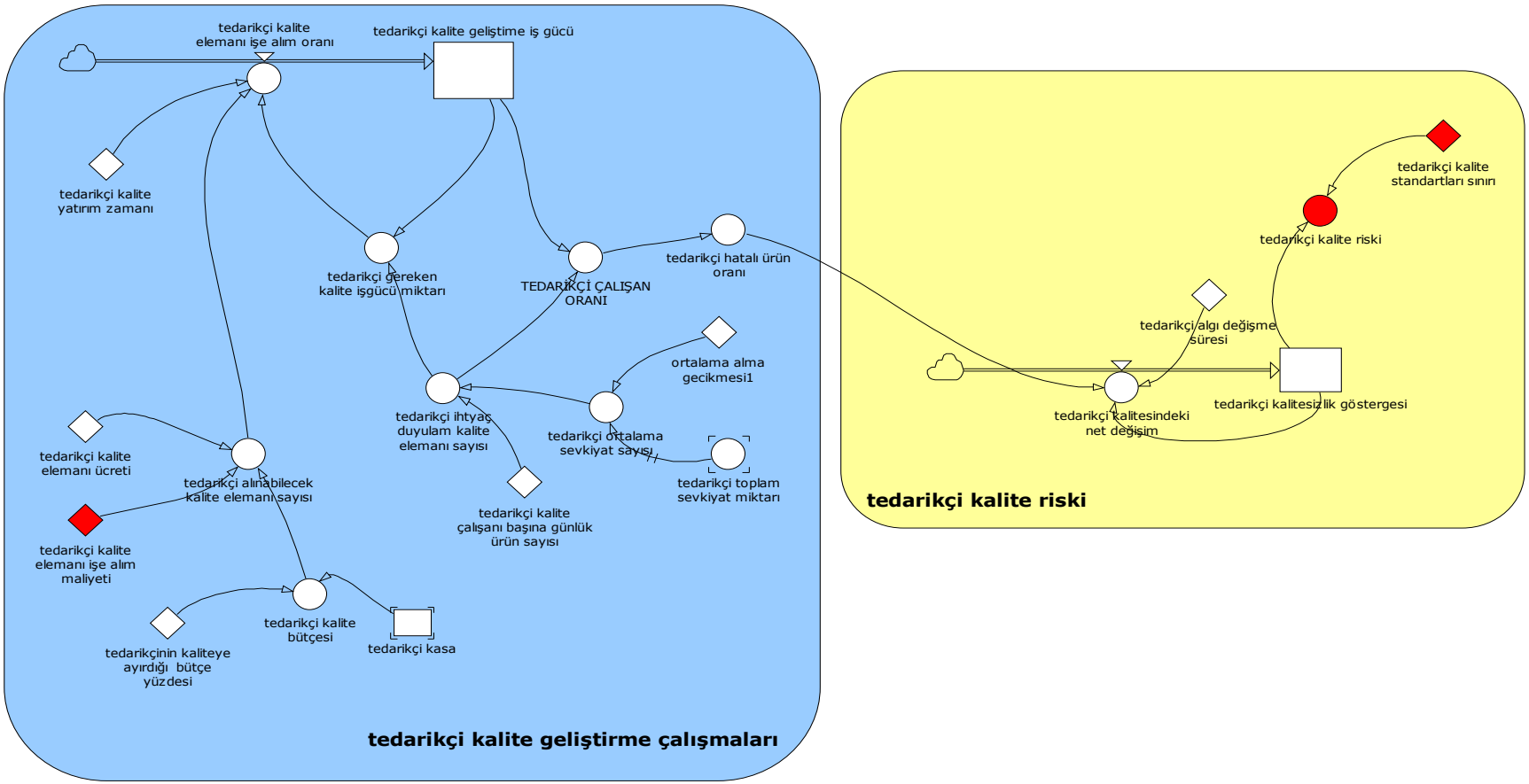
Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli



Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

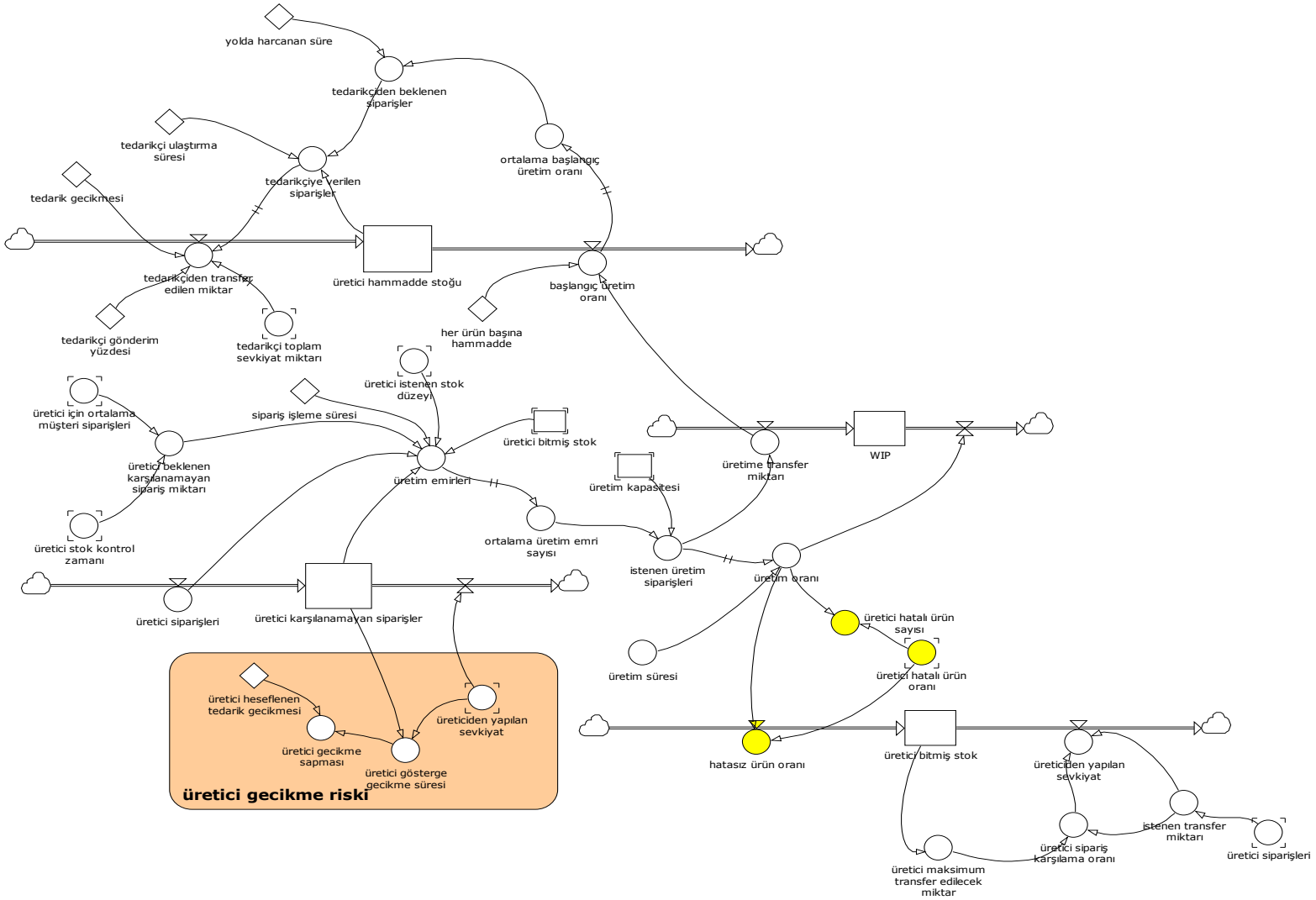


Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

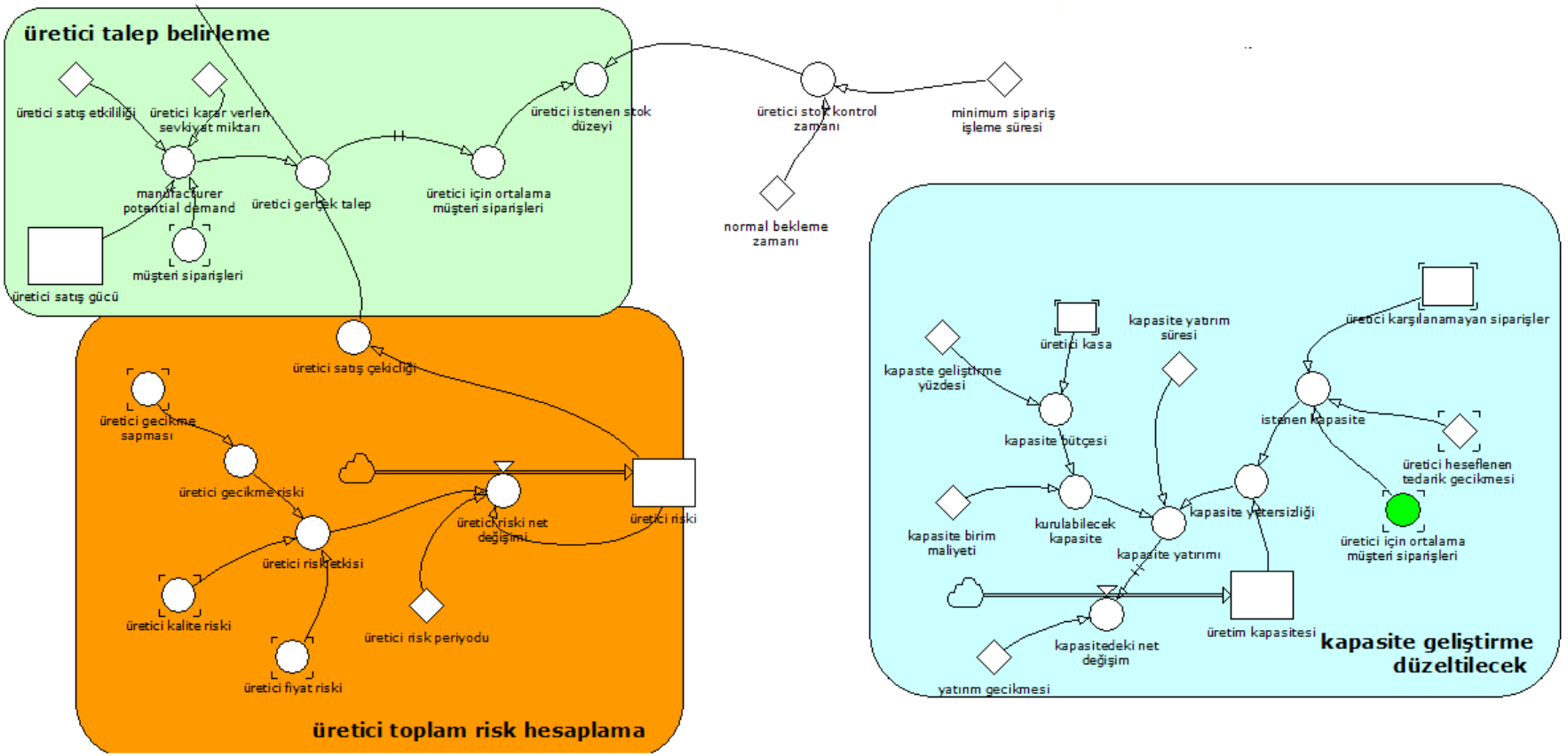


Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

NOT: Perakendeci için akış tedarikçinin akışına benzediğinden gösterilmemiştir.

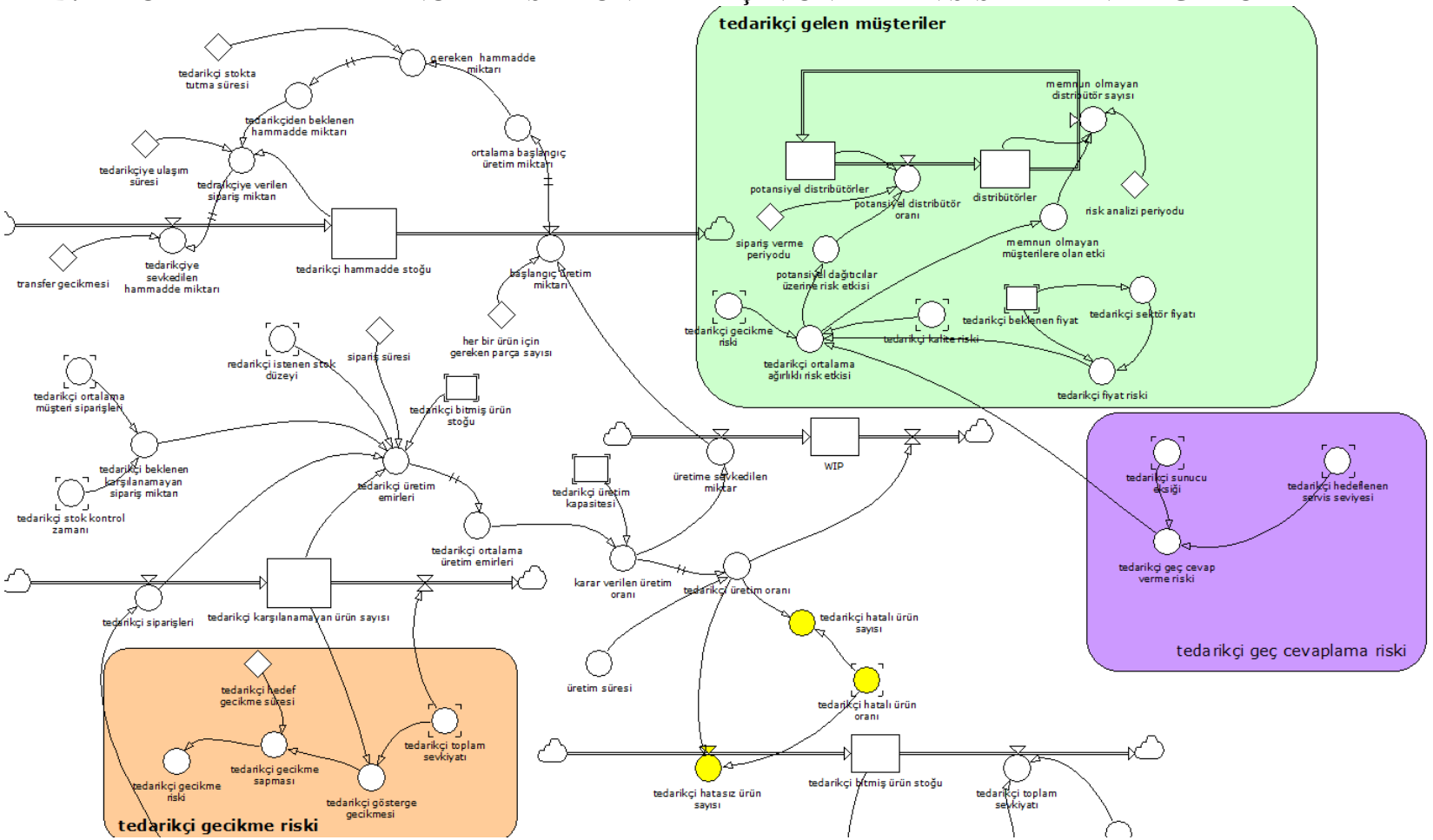


Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

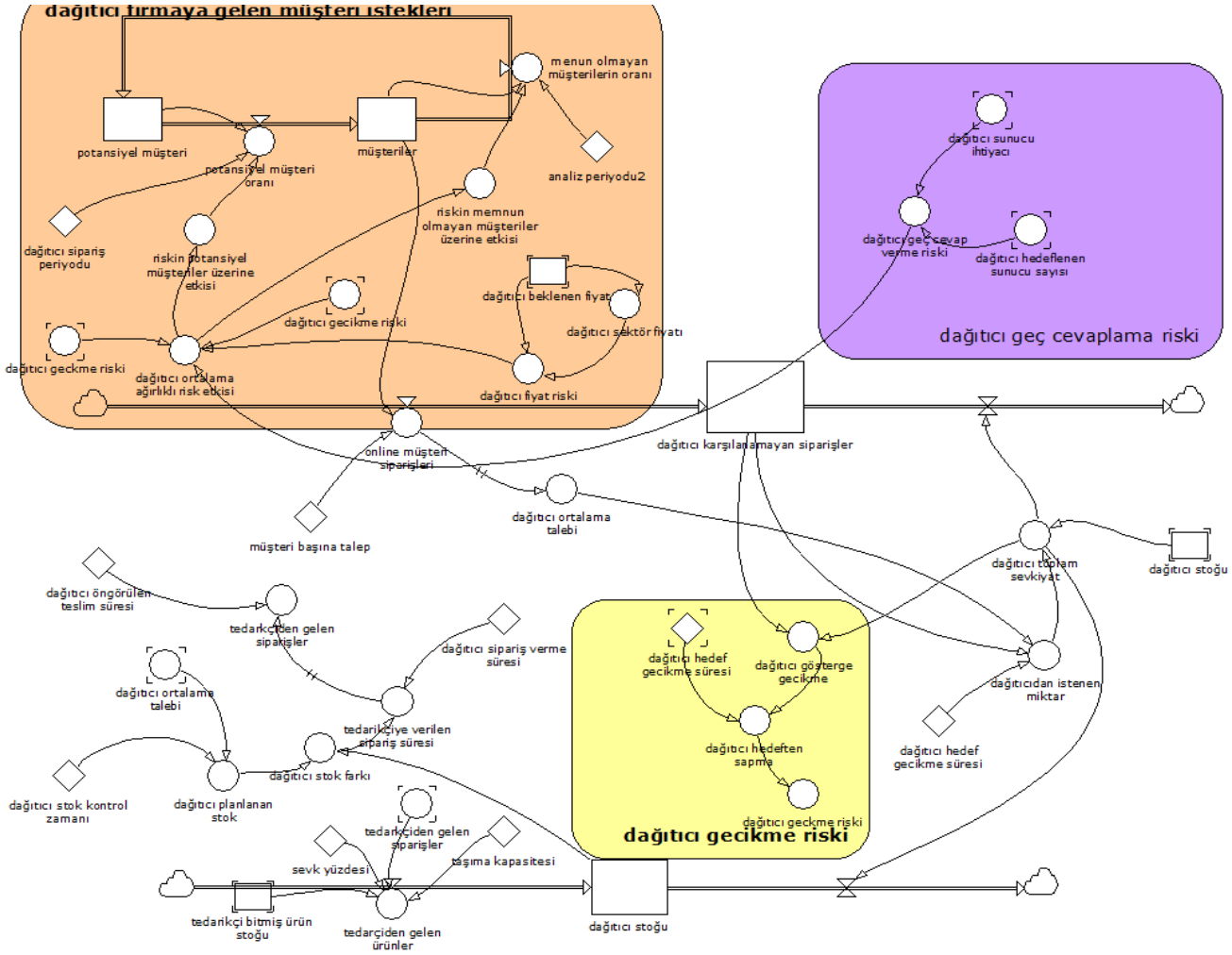


Şekil A.1: Geleneksel Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

EK B:E-TİCARET TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ İÇİN ÖNERİLEN SİSTEM DİNAMİĞİ MODELİ



Şekil B.1: E-Ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli



Şekil B.1: E-Ticaret Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Önerilen Sistem Dinamiği Modeli (devamı)

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Sultan Ceren SALKIN

Doğum Yeri ve Tarihi: 03.01.1987-KADİRLİ/OSMANİYE

Adres: Yenibaraj Mahallesi Yükseller Sitesi A Blok Seyhan ADANA

E-Posta: csalkin@itu.edu.tr

Lisans: Çukurova Üniversitesi- Endüstri Mühendisliği (2011)

Boras Üniversitesi- Endüstri ve Sistem Mühendisliği (İSVEÇ) Erasmus Değişim Öğrencisi (2010-2011)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

(2011-2012) Abdullah Gül Üniversitesi Endüstri Müh. Böl. Araştırma Görevlisi

(2012-halen) İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Müh. Böl. Araştırma Görevlisi

(2013-halen) TÜBİTAK Yüksek Lisans Öğrencileri için Doktora Burs Programı Bursiyeri

(2012-2013) İTÜ Yüksek Lisansüstü Tezleri Destekleme Programı