

**T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ELEKTRONİK TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE
ZEKİ AJANLARIN ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

VOLKAN ÜNAL

TEZ DANIŞMANI

DR. H. KEMAL İLTER

ANKARA –2009

**T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ELEKTRONİK TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE
ZEKİ AJANLARIN ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

VOLKAN ÜNAL

TEZ DANIŞMANI

DR. H. KEMAL İLTER

ANKARA –2009

KABUL VE ONAY SAYFASI

20620051 numaralı Volkan Ünal tarafından hazırlanan “Elektronik Tedarik Zinciri Yönetiminde Zeki Ajanların Rolü” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Kabul (sınav) Tarihi:16/1/2009

Jüri Üyesinin Unvanı, Adı-Soyadı ve Kurumu

İmzası

Jüri Üyesi :Prof. Dr. M. Tamer Müftüoğlu, Başkent Üniversitesi

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Sevinç Üreten, Başkent Üniversitesi

Jüri Üyesi : Dr. H. Kemal İlder, Başkent Üniversitesi

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../20....

Prof. Dr. Doğan TUNCER

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. H. Kemal İlder'e,

Yaşantım boyunca her zaman yanımda olan, benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen ve varlıkları ile bana güç veren sevgili annem Münevver Ünal ve babam Yılmaz Ünal'a,

Tez hazırlama aşamasında bana zorluk çıkarmayan ve beni hayata daha sıkı bağlayan sevgili oğlum Alp Ünal'a,

Tezin hazırlanmasında büyük emeği geçen ve hayatımın kalan süresinde daima yanımda bulunacak olan sevgili eşim Begüm Ünal'a teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçiler, üreticiler, ambarlar, dağıtım merkezleri ve perakendeciler üzerinde oluşan bütünleşmiş ve işbirlikçi bir ağdaki malzeme, bilgi ve para akışlarının yönetimidir. Bu akışların işletmeler arasında ve kendi içerisindeki hızlı ve esnek koordinasyonu, tedarik zinciri yönetiminin daha etkin olmasını sağlamaktadır.

Küreselleşme ile birlikte, mal ve hizmetler müşteri ihtiyaçlarına göre tasarlanmakta ve müşteriye ulaştırılmaktadır. Bununla birlikte, artan teknolojik ilerlemeler sonucunda tek bir firmanın baş edemeyeceği birden fazla ana yetkinlik alanı ortaya çıkmıştır. Bu durum işletmelerin tedarik, üretim, dağıtım ve satış konusunda dış kaynak kullanımını arttırmış ve tedarik zinciri yönetiminde oluşan işletmeler arasındaki belirsiz, karmaşık ve hassas bağlantıların yönetilmesini gerektirmiştir.

Bu karmaşıklık ve müşteriden kaynaklanan belirsiz talep sorunlarını çözmek için işletmelerin organizasyon ve paylaşım dayalı çalışma mekanizmalarını yeniden şekillendirmeleri gerekmektedir. Bu noktada otonom olma, öğrenebilme, proaktif ve çevresine uyum gösterebilme özellikleri ile işletmeler arası bilgi ve malzeme akışını koordine eden, gerçek zamanlı operasyonel kararlar alınmasını sağlayan ve her birinin tedarik zincirinde farklı rolleri olan zeki ajanların oluşturduğu ajan temelli sistemler karşımıza çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zeki Ajanlar, Çoklu Ajan Sistemleri, Tedarik Zinciri Yönetimi, Tedarik Zinciri

ABSTRACT

Supply chain management is the management of material, information and money flows of an integrated and collaborative network that includes suppliers, manufacturers, warehouses, distribution centers and retailers. Fast and flexible coordination of these flows among different companies ensures efficiency in the supply chain management.

In an era of globalization, products and services are designed and delivered around specific customer requirements. Additionally, technological improvements create many core competences in supplying many products, which would be hard for a firm to cope with. This situation leads some services such as procurement, manufacturing, distribution and sales to be outsourced which increase uncertainty, complex and delicate business relationships that must be managed.

To address this complexity and unstable customer demand, businesses explore new forms of organization and collaboration mechanisms to work together with their suppliers and customers. At this point, we face with multi-agent based systems which compose of intelligent agents with autonomy, learning, adaptability and proactive traits. These systems have different functions in the supply chain, such as coordination of information and material flows, providing necessary infrastructure for managers to make good decisions.

Key Words: Intelligent Agents, Multi-agent Systems, Supply Chain Management, Supply Chain

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER TABLOSU	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
KISALTMALAR	VIII
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE İŞLETMELER ARASI ELEKTRONİK İLİŞKİLER	4
2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi	5
2.2 İşletmeler arası Elektronik İlişkiler	7
2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi ile İlgili Ontoloji Çalışmaları	9
2.4 Matematiksel Yöntemlerin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı	10
2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminde Performans Değerlendirme Yöntemleri	12
3. ZEKİ AJANLAR VE ÇOKLU AJAN SİSTEMLERİ	17
3.1 Çoklu Ajan Sistemleri	19
3.2 Çoklu Ajan Temelli Tedarik Zinciri Yönetimi	22
3.3 Ajan Mimarisi ve Teknolojik Çerçeve	29
3.4 Ajanlar Arası İletişim ve Etkileşim Dilleri	30
3.5 Yapay Zekâ Yaklaşımları	34
3.5.1 Ajan Temelli Sistemlerde Yapay Zekâ Yaklaşımı	35
3.6 Zeki Ajanlar ve Çoklu Ajan Temelli Sistemler Üzerine Yapılan Çalışmalar	36
4. ÇOKLU AJAN TEMELLİ GENEL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİM MODELİ	38
4.1 Modelin Oluşturulma Amacı ve Modelleme Aşamaları	38
4.2 Entegre Tedarik Zinciri Çerçevesi	39
4.3 Tedarik Zincirinde Akışlar	40
4.3.1 Malzeme Akışı	40
4.3.2 Bilgi Akışı	42
4.3.3 Para Akışı	43

4.4	Zeki Ajanların Tedarik Zincirindeki Fonksiyonları	43
4.4.1	Yapısal Ajanlar	45
4.4.2	Kontrol Ajanları.....	46
4.5	Ajanlar Arası Etkileşimler ve İş Akışları.....	50
4.5.1	Perakendeci ve Tedarikçiler Arasındaki Bilgi Paylaşımı ve İş Akışları.....	50
4.5.2	Üretici ve Tedarikçiler Arası Bilgi Paylaşımı ve İş Akışı	52
4.6	Anlaşma Ağı Protokolü.....	57
5.	ÇOKLU AJAN TEMELLİ GENEL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ UYGULAMASININ MODELLEME DENEMESİ	60
5.1	Tedarik Zinciri Yapısı.....	60
5.2	Perakendeci ve Dağıtım Merkezi Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon.....	61
5.3	Dağıtım Merkezi, Üretici ve Mal Sağlayan Tedarikçiler Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon	64
5.4	Dağıtım Merkezi, Üretici ve Hizmet Sağlayan Tedarikçiler Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon.....	68
5.5	Çoklu Ajan Temelli Sistem Uygulamaları	71
5.6	Çoklu Ajan Temelli Sistemlerin Geliştirilmesinde ve Uygulamalarda Karşılaşılan Sorunlar.....	73
6.	SONUÇ.....	76
	KAYNAKÇA	79
	EKLER.....	86
	Ek- 1	86
	Ek-2.....	88

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 1. Zeki ajan mimarisi.....	29
Şekil 2. Entegre tedarik zinciri	40
Şekil 3. Malzeme akış şeması.....	41
Şekil 4. Bilgi akış şeması	42
Şekil 5. Para akış şeması	43
Şekil 6. Tedarikçi yönetim ajanı.....	47
Şekil 7. Talep tahmin ajanı.....	49
Şekil 8. Dağıtım merkezi ve perakendeci ilişkisi	51
Şekil 9. Ajanlar arası bilgi ve malzeme akışı	53
Şekil 10. Birimler arası bilgi ve malzeme akışı.....	56
Şekil 11. Kontrat ağ protokolü mesaj akışı	58
Şekil 12. Tekstil tedarik zinciri.....	60
Şekil 13. Mal sağlayan tedarikçi seçim şeması	66
Şekil 14. Servis sağlayan tedarikçi seçim şeması.....	68
Şekil 15. Servis sağlayan tedarikçi ile üretici arasındaki malzeme ve bilgi akışı	70

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Çoklu ajan sistemini oluşturan zeki ajanların tanımlanan genel özellikleri	24
Tablo 2. Zeki ajanların tedarik zincirindeki rollerinin sınıflandırılması.....	25
Tablo 3. Tedarik zincirinde zeki ajanlar üzerine yapılan çalışmalar.	26
Tablo 4. Türkiye’de zeki ajanlar ve çoklu ajan temelli sistemler konularında yapılan çalışmalar.....	37
Tablo 5. Zeki ajanlar ve çoklu ajan temelli sistemler üzerine yapılan çalışma konuları	37
Tablo 6. Kontrat net protokolü servisleri	58
Tablo 7. Mal sağlayan tedarikçi teklifleri	66
Tablo 8. Kazanan mal sağlayan tedarikçiler	67
Tablo 9. Servis sağlayan tedarikçi teklifleri.....	69

KISALTMALAR

Kısaltmalar

CFP
FIPA
FIPA ACL
KQML
MRS
XML
MASCOT

Açıklama

Call for Proposal
The Foundation for Intelligent Physical Agents
FIPA Agent Communication Language
Knowledge Query and Manipulation Language
Material Requirement Specification
Extensible Markup Language
Multi Agent Supply Chain Coordination Tool

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya ekonomisinde meydana gelen hızlı değişim ve ortaya çıkan belirsiz çevre koşulları işletmelere küresel düzeyde yarışabilmek için yenilikçi, çevik ve esnek olma zorunluluğu getirmiştir. İşletmeler değişken çevre koşullarına karşı hazır olmalı ve hızlı bir şekilde doğru kararlar vermelidirler. Ayrıca birçok işletme için düşük maliyet, özelleştirilmiş ürünler ve hizmetler kritik başarı faktörleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde işletmelerin doğru zamanda, uygun maliyet ile yüksek katma değer yaratma amaçları ve müşteri taleplerinin daha değişken olması işletmelerin üretim süreçlerini karmaşıklaştırmış bu da beraberinde paylaşım dayalı çalışma prensibini ortaya çıkarmıştır. Bunun sonucunda tedarik zincirindeki işletmeler arasında bilgi paylaşımı önem kazanmaktadır. Swaminathan ve arkadaşlarının (1996) belirttiği gibi, tedarik zincirindeki bir işletmenin performansı bütün sistemi etkilemektedir. Bu nedenle işletmeler arası ilişkiler sonucunda bir işletme tarafından alınan kararların tedarik zinciri performansına etkileri önem kazanmaktadır. Tedarik zincirinde alınan kararlarda matematiksel yöntemlerin kullanımı ve bunun tedarik zincirinin performansına olan etkileri, küresel rekabet düzeyinde işletmelere avantaj sağlamaktadır. Bu durum tedarik zinciri performansının hem global, hem de yerel düzeyde değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Küresel düzeyde rekabet içinde olan şirketler matematiksel yöntemler ile etkin kararlar verebilmenin yanı sıra, hızlı satın alabilen, bu ürünleri stoklama maliyeti nedeniyle en kısa sürede üretime sokarak esnek siparişleri yerine getirebilen ve farklı müşteri isteklerine cevap verebilen tedarik zincirini oluşturmayı amaçlamaktadırlar. Ortaya çıkan tedarik zincirlerinde bilgi farklı birimlerde dinamik, dağıtık ve farklı formatlarda bulunmaktadır. Bu birimlerin tedarik zincirindeki karar mekanizmalarını oluşturması şirketler arası gerçek zamanlı karar vermeyi ve birimler arası entegrasyonu zorunlu kılmaktadır.

İşletme içinde ve işletmeler arasında entegrasyonu sağlayan, ayrıca işletmelere çeviklik ve hızlı olma özelliklerini kazandıran bilişim teknolojilerine yapılan yatırımlar artmakta ve internet teknolojilerinin kullanımı işletmelerin işlerini geliştirmesi ve yönetmesinde stratejik bir önem kazanmaktadır. Bu stratejik önemi ifade edecek konulardan biri olan elektronik ticaret, işletmelere küresel pazarda müşteriler ve tedarikçilerle buluşma olanağı sağlamaktadır. İşletmeler içindeki üretim süreçlerinin karmaşıklaşmasının yanı sıra işletmeler arası ilişkiler de karmaşıklaşmış nitekim bu ilişkilerin etkin bir şekilde yönetimi zorunlu hale gelmiştir. Bu noktada otonom¹ veya yarı otonom olan zeki ajanlar ile oluşturulan, işletmeler arasında bilgi paylaşımını arttıran, iletişimi ve iş akışını hızlandırarak daha hızlı ve daha etkin gerçek zamanlı kararlar alınmasını sağlayan çoklu ajan sistemleri önem kazanmaktadır.

Çoklu ajan sistemlerini oluşturan zeki ajanlar bazı yazarların (Criesta vd., 1998) ifade ettiği gibi yapay zekâ konusuna ya da daha genel olarak bilgisayar bilimine yeni bakış açıları getirmektedirler. Bilişim sistemlerinde yapay zekâ odaklı bir yazılım olarak düşünülebilecek zeki ajanlar, e-posta filtrelemesi gibi basit veya hava trafik kontrolü gibi karmaşık sistemlerde kullanılabilme özellikleri ile çeşitli alanlarda geniş bir kullanım imkânı yakalamışlardır. Zeki ajanlar, işletmelerin karar mekanizmalarının yalınlaştırılması, karar aşamalarının azaltılması ve insan faktörünün etkin olduğu hataların ortadan kaldırılması amacıyla kurumsal bilişim sistemleri içinde kullanılmaktadırlar. Özellikle otonom zeki ajanlar dinamik ve belirsiz çevre koşullarında işletmenin iç ve dış çevresini etkileyecek kararların alınmasında etkin olmaktadır. Zeki ajanlar işletmelere, gelişen teknoloji ile birlikte, küresel pazarlarda rekabet gücü vermekte ve tedarik zincirindeki ortaklar, müşteriler, tedarikçiler, işletme bölümleri ve pazardaki ortaklar arasında bilgi ve deneyim paylaşımını sağlamaktadırlar. Son yıllarda ön plana çıkan kurumsal uygulama entegrasyonu, heterojen bilgilerin serbestçe ve anında entegre olması için anahtar teknoloji olmuş, esneklik ve yenilenebilirlik (Lou vd, 2004) ise modern üretim ve hizmet sağlayan kurumlar için önemli yaklaşımlar haline gelmiştir.

¹ Kendi kendine karar verebilen, çevreye uyum sağlayabilen

Zeki ajanların elektronik tedarik zincirindeki rollerini tanımlamak için tedarik zincirlerinin ortak görevleri ve işlemleri belirlenmelidir. Tedarik zincirinde operasyonel seviyede müşterilerden gelen siparişlerin alınması, bu siparişlerin fiyat ve teslimat tarihi gibi kriterlere göre değerlendirilmesi, müşterilerden gelen siparişlerin değişmesi veya iptal edilmesi durumunda tedarikçi, fabrika ve dağıtım merkezleri ile gerekli koordinasyon ve iletişimin sağlanması, tamamlanmış veya henüz tamamlanmamış ürünler için müşteri ile tedarikçi arasında kurulan koordinasyon, transfer edilecek kaynakların belirlenmesi ve planlaması, üretim planlamaları, kaynakların atanması ve zamanlaması, satın alma, stok kontrolünde satın alma noktasının ve güvenlik stoku seviyesinin belirlenmesi gibi kararlar alınmaktadır. Çalışmada elektronik tedarik zinciri yönetiminde operasyonel seviyede alınan kararlar doğrultusunda, çoklu ajan temelli genel bir tedarik zinciri yönetim modelinde zeki ajanların karar mekanizmalarındaki rolleri ortaya çıkarılmaktadır. Elektronik tedarik zinciri yönetimi modelinde yapay zekânın bir uzantısı olan zeki ajanlar operasyonel ve taktik kararları alırken birimler arası ilişkileri ortaya çıkarmaktadırlar. Çalışmada bu ilişkilerin seviyesi ve önemi, birimlerin bilgi paylaşımındaki rolleri, birimler ile ajanlar arasında ve tedarik zincirleri arasında iletişimi sağlayan mesajlaşma standartları incelenmektedir.

Çalışmada son olarak tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın çoklu ajan temelli genel tedarik zinciri uygulamasının modelleme denemesi yapılmaktadır. Bu uygulama modeli denemesinde firmanın tedarikçileri ve müşterileri ile olan ilişkilerinin koordinasyonunu sağlayan zeki ajanların aldıkları kararlar ve birbirleri ile olan etkileşimleri gösterilmektedir.

Genel bir ifade ile bu çalışmanın amacı tedarik zincirini oluşturan işletmeler arasındaki ilişkileri inceleyerek, tedarik zinciri yönetiminde alınan operasyonel kararlarda, zeki ajanların rollerini belirlemektir.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE İŞLETMELER ARASI ELEKTRONİK İLİŞKİLER

Paylaşımaya dayalı ilişkilerin küresel pazarda işletmelere sağladıkları avantajlar sonucunda, işletmelerin tedarikçilerinden ve diğer birimlerden bağımsız olarak etkin şekilde rekabet edememeleri tedarik zinciri kavramının oluşmasını sağlamıştır.

Tipik bir tedarik zinciri müşterileri ile direkt temas edilebilen satış mağazası veya mağazaları olan, satış mağazalarına ürünleri ulaştırabilmek için bir dağıtım merkezi veya deposu olan, hammaddeleri tamamlanmış veya yarı tamamlanmış forma sokan en az bir tane üretim merkezi olan ve bu hammaddeleri sağlayan en az bir tedarikçisi olan bir sistemdir. Bu elemanlar tedarik zincirini oluşturmakta ve müşteri taleplerini karşılamayı amaçlamaktadırlar. Bu konuyla ilgili literatüre bakıldığında farklı bakış açılarının ortaya çıktığı görülmektedir.

Tedarik zinciri konseyine² göre tedarik zincirinin görevi tamamlanmış ürünü üretmek ve tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine ulaştırmaktır. Tedarik zinciri konseyi tedarik zincirini dört temel işleme ayırmıştır. Bu işlemler planlama, satın alma, üretim ve teslimattır. Swaminathan ve Tayur (2003) tedarik zincirinin yeni mal ve hizmetlerin tasarlanması, hammaddenin tedarik edilmesi, tedarik edilen hammaddelerin ara-ürün ve ürünlere çevrilmesi son olarak bunların son kullanıcıya ulaştırılması için var olan elemanlar olduğunu belirtmektedirler.

Yang ve arkadaşlarına (2007) göre tedarik zinciri hammaddeleri tamamlanmış ürünlere çevirerek müşterilere doğru zamanda ve doğru yerde ulaştırılmasını sağlayan, coğrafik olarak farklı yerlerde bulunan ve iş sektörleri farklı olan işletmelerin bir bütünüdür. Fox ve arkadaşları (2000) tedarik zincirine ağ yaklaşımı getirerek, tedarik

² Supply-Chain Operations Reference Model, www.supply-chain.org

zincirinin fabrikalar, tedarikçiler, depolar, dağıtım merkezleri ve perakendecilerden oluşan, hammaddeleri elde eden, dönüştüren ve müşteriye ulaştıran dünya çapında bir ağı oluşturduğunu belirtmektedirler. Keskinocak ve Tayur (2001) ise diğerlerinin aksine tedarik zincirinin kaynak-tedarik, üretim-dağıtım ve stok satışı olmak üzere üç bileşeni olduğunu belirtmektedirler.

Tedarik zinciri tanımlarına genel olarak bakılırsa üretim, dağıtım, stok yönetimi ve tedarik işlemlerinin ağırlık kazandığı görülmektedir. Gün geçtikçe karmaşıklaşan tedarik zincirlerinde sıraladığımız temel işlemlerin gerçekleşmesi için işletmeler arası ilişkilerin yönetilmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Bu noktada karşımıza tedarik zinciri yönetimi çıkmaktadır.

2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi bilgi, ürün ve hizmet akışının tedarik zinciri içerisinde etkin ve verimli bir şekilde planlanması, depolanması ve taşınması hizmetidir.

Tedarik zinciri yönetiminin hedefi aynı amaç doğrultusunda ilerleyen tüm birimler ile bir sinerji yaratarak toplam faydalarını en yüksek düzeye ulaştırmaktır. Lummus ve Vokurka (1998) tedarik zinciri yönetiminde yöneticilerin diğer işletmelerin ve birimlerin başarılı olabilmesi için çalıştıklarını ve pazardan talep bilgilerini almak için bilişim teknolojilerini kullanarak bilgi paylaşımında bulduklarını belirtmektedirler. Buradaki önemli nokta sistemdeki bütün işlemlere ve işletmelere, tedarik zincirinin belirli parçalardan oluştuğunu ve bu parçaların dış çevreye karşı bir bütünü ifade ettiğini belirten sistem yaklaşımını getirmektir.

Ayrıca şirketlerin kendi alanlarında daha fazla uzmanlaşmaları ve kendi kaynaklarından daha düşük maliyetli ve daha kaliteli tedarik arayışına girmeleri sonucunda

tedarik ağının tümünün performansını optimize etmek için tedarik zincirini etkin bir şekilde yönetmek rekabet açısından kritik faktörler arasında yerini almıştır.

Fox ve arkadaşları (2000) tedarik zinciri yönetimini tedarik zincirini en iyi şekilde kullanmak için stratejik, taktik ve operasyonel kararlar alma işlemleri olarak tanımlamaktadırlar. Stratejik kararları tedarik zincirinde tedarikçi seçimi, nakliye yollarının seçimi, üretim seviyesi ve yetenekleri olarak tanımlayabiliriz. Taktik kararlar talepleri karşılamak için yapılan zamanlama ve planlama işlemleridir. Operasyonel seviyedeki kararlar planların işleme konulma aşamasıdır. Ming ve arkadaşları (2007) ise şiddetli rekabete dayalı ve değişken çevre koşullarında şirketlerin diğer şirketler ile paylaşım dayalı çalışması gerektiğini belirtmektedirler. Bu nedenle şirketler etkin tedarik zinciri yönetimi ile müşterilerin talep ve isteklerine hızlı cevap vererek pazarda avantaj sağlamayı amaçlamaktadırlar.

Tedarik zincirinin önemli amaçlarından biri tedarik edilecek malzemenin bir an önce üretime sokulup müşteriye ulaştırılmasıdır. Zamanında firmaya ulaşamayan malzeme, taşıma, yükleme, stoklama, bekleme sırasında ortaya çıkan malzeme kaybı veya bozulma nedeniyle üretimdeki hata oranı yükselmektedir. Bu nedenle tedarikçi ve üretici arasındaki uyumun önemi ön plana çıkmaktadır.

Yung ve Yang (1999) tedarik zinciri yönetiminin dört aktörden oluştuğunu belirtmektedirler. Bu bileşenler tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendecilerdir. Bu noktada tedarik zinciri yönetimindeki amaç üretim problemlerini, stoklama problemlerini, satın alma problemlerini ve dağıtım problemlerini çözmektir. Keskinocak ve Tayur (2001) ise tedarik zinciri yönetimindeki amacı doğru zamanda, doğru müşteriye, doğru ürünü ulaştırmak şeklinde tanımlamaktadırlar. Swaminathan ve arkadaşları (1996) tedarik zinciri yönetimine farklı bir bakış açısı getirmektedirler. Bu bakış açısına göre tedarik zincirinin yönetimi, sistemin yapısını oluşturan yapısal elemanlar ve sistemde akışları kontrol eden kontrol elemanları ile sağlanmaktadır. Yapısal elemanları dağıtıcılar, perakendeciler, üreticiler, tedarikçiler ve taşıyıcılar oluşturmaktadır. Kontrol elemanlarını bilgi, arz, talep

ve malzeme akışı oluşturmaktadır. Tsai (2006) tedarik zinciri alanına maliyetler açısından yaklaşmıştır. Bu görüşe göre tedarik zinciri yönetimi satıcılar, tedarikçiler, depolar ve müşteriler arasındaki akışı yönetmekte ve bu sayede toplam maliyeti en aza indirmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, bütün sistem üzerinde maliyet etkili ve verimli olmaktır. Ulaştırma ve dağıtımdan, hammadde stokuna, üretime, tamamlanmış ürüne kadar sistemdeki maliyetler en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Sistem yaklaşımı tedarik zinciri içindeki bu çabalara destek olacaktır.

2.2 İşletmeler arası Elektronik İlişkiler

Günümüzde internet ve birçok bilişim sistemi, işletmelere, müşterileri ve tedarikçileri arasında yoğun bir şekilde bilgi akışı sağlamaktadır. Swaminathan ve Tayur'un (2003) belirttiği gibi internet kurumsal kaynak planlaması, müşteri ilişkileri yönetimi gibi uygulamalar ile ticaret içinde etkili olmuş ve en son elektronik tedarik zinciri ile işletmelerin birimlerini ve işletmeleri entegre etmiştir. İşletmeler müşterileri, tedarikçileri, bölümleri ve ortakları ile ortak bir pazarda bilgi paylaşımında bulunmaktadırlar. Yang ve Yung'a (1999) göre bu bilgi paylaşımı elektronik posta, telefon veya elektronik bilgi aktarımı yolu ile yapılmaktadır. İşletmeler çevrelerinden gelen bu bilgileri değerlendirmek ve bu bilgiler doğrultusunda doğru kararlar verebilmek için karar destek sistemlerinin temelini oluşturan, yapay zekâ özelliklerini içeren yazılımlara, diğer bir deyişle bilişim sistemlerine ihtiyaç duymaktadırlar.

İnternetin sağladığı küresel düzeyde erişim yeteneği sayesinde, işletmeler, Iyer ve arkadaşlarının (2005) vurguladığı gibi, birlikte çalıştıkları işletmelerle bilgi ortaklığı kurabilmekte ve tedarik zincirindeki bütün aktörlerle bilgi, üstbilgi ve deneyim paylaşımı yapabilmektedirler. Tedarik zinciri yönetiminin önemli amaçlarından biri stokları en aza indirmektir. Bu noktada işletmeler arasındaki bilgi paylaşımı ve matematiksel modeller stok seviyesinin belirlenmesi açısından avantaj sağlamaktadır.

İşletmeler arasında bilgi akışının önem kazanmasıyla, her biri tedarik zincirindeki üreticileri, tedarikçileri ve dağıtıcıları temsil eden işletmeler kendilerini ve pozisyonlarını tekrar tanımlamak zorunda kalmışlardır. İşletmeler arası rekabet anlayışı değişmiş ve işletmeler birlikte hareket ederek, aralarındaki bilgi paylaşımını sağlayan bilgi yönetim sistemlerinin katkılarıyla rekabetçi çevrede tutunma çabasına girmişlerdir. Ürünlerin karmaşıklaşması ve dış kaynak kullanımının artması ile işletmeler arasındaki rekabet paylaşımına dayalı çalışan tedarik zincirleri arasında gelişmektedir (Rice and Hoppe , 2001).

İşletmeler arası iletişimin artmasıyla birlikte işletmeler elektronik ortaklıklar kurmaktadır. Iyer ve arkadaşları (2005) işletmelerin elektronik pazarda, şirketlerin karmaşık ve çapraz işletme faaliyetlerinde bulunmasına, karar, yetenek, iş akışı ve bilgi paylaşımına “paylaşımaya dayalı ticaret” (e-commerce, collaborative commerce) adını vermektedirler.

Paylaşımaya dayalı ticaret merkezi bilgilendirme, satıcının kendisi tarafından yönetilen stok ve sürekli yenileme programı, işbirlikli planlama, tahmin ve yenileme sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Merkezi bilgilendirme en basit teknik olarak ön plana çıkmaktadır. Perakendeci talebi bütün birimlere iletmektedir. Bu yöntem tedarik zinciri yönetiminde kamçı etkisi (bullwhip effect) sorununu büyük oranda azaltmaktadır. İşbirlikli planlama, tahmin ve yenileme programında ise tedarik zinciri birimleri arasında elektronik bilgi paylaşımı yapılmaktadır. Bu bilgiler, geçmiş dönemdeki talepler, satış eğilimleri ve fiyatlar olabilmektedir.

Etkin ve sürdürülebilir bir tedarik zinciri yönetimi için, işletmeler arası bilgi paylaşımına kadar, bu bilgi paylaşımını kolaylaştıran ve belirli bir standart sağlayan sınıflandırma ve ontoloji çalışmaları da önemlidir.

2.3 Tedarik Zinciri Yönetimi ile İlgili Ontoloji Çalışmaları

Ontolojiler etki alanındaki önemli kavramların tanımlarıdır ve farklı kavramlar içerirler. Bunlar sınıf, alt sınıf, sınıf hiyerarşisi, örnek, değer, varsayılan değer, tip, kalıtım, değişken ve bağlantı olarak sıralanabilir. Sınıf alt sınıflardan oluşan nesnelere temsil etmektedir. Bu şekilde de sınıf hiyerarşisi ortaya çıkmaktadır.

Jiang ve arkadaşlarına (2007) göre ontoloji resmi bir şekilde açıkça belirtilmiş kavramlar bütünüdür. Ontoloji etki alanı elemanlarını, semantiklerini³ ve kabul edilen gerçekleri tanımlar. Etki alanında ortak bir anlam temsil eder.

Ontoloji çalışmalarının ortak amacı işletmelerin tedarikçileri ve müşterileri arasındaki ilişkilerin modellenerek, tedarik zincirindeki belirsizliklerin ortadan kaldırılması için ortak bir dil oluşturulmasıdır. Günümüzün en iyi bilinen iş modeli ve standardı tedarik zinciri kurulu tarafından geliştirilen SCOR' dur. (Supply Chain Operations Reference Model). SCOR modeli tedarik zincirinde farklı iş alanlarına uygulanabilen evrensel bir bakış açısı içermektedir. SCOR modelinde planlama, kaynaklama, üretim, ulaştırma ve geri bildirim işlemleri yer almaktadır.

Ontolojiler dört sınıfa ayrılabilir. Bunlar etki alanı, görev, meta ve bilgi sunumu ontolojisi olarak sayılabilir. Etki alanı ontolojisi yerel etki alanı içerisindeki bilgi olarak tanımlanabilir. Görev ontolojisi ise problem çözme işlemlerini tanımlayan anlamsal kavramlardır. Meta ontoloji ise etki alanı ve görev ontolojilerini tanımlamaktadır. Son olarak bilgi sunumu ontolojisi bilginin sunumunu sağlamaktadır.

Rabelo ve arkadaşlarına (2005) göre tedarik zinciri yönetimi ontolojileri işletmeler arası paylaşılan bilgileri tanımlayan anlamsal kavramlardır. Tedarik zinciri ontolojileri işletmeler arasındaki bilgi paylaşımını ve iletişimi kolaylaştırmakta dolayısıyla

³ Dilbilim ve söylemlerin zihnindeki çağrışımları.

hızlandırmaktadır. Ayrıca standart ontolojiler farklı tedarik zincirlerinin veya sistemlerin entegre olabildiğini sağlamaktadırlar.

Üreten ve İter (2006) tedarik zincirinin artan önemine, ilişkilerin karmaşıklığına değinmekte ve bu nedenler ile tedarik zincirinin etkin ve sürdürülebilir olması için ortak bir dil oluşturulması gerektiğini belirtmektedirler. Ayrıca zeki ajanların birbirini anlama yeteneğine bağlı olan zeki ajanların bilgi paylaşımında ontolojinin gerekliliği vurgulanmaktadır.

Ajanlar arasındaki iletişim ise asenkrondur⁴ ve ajan temelli sistemlerin avantajlarından yararlanmak için iletişim altyapısının ortak bir semantik üzerine kurulu olması gerekmektedir.

2.4 Matematiksel Yöntemlerin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı

Tedarik zinciri yönetiminde matematiksel modeller daha çok stratejik tasarımın ve operasyonların optimize edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Stratejik tasarım aşamasında başka bir deyişle tedarikçi seçimi, pazar seçimi, kapasitenin belirlenmesi, ürün çeşitleri ve malzeme akış yollarının belirlenmesinde farklı yöneylem araştırması teknikleri kullanılmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminin ön plana çıkmasının nedenlerinden bir tanesi ise ulusal ve uluslararası rekabet sonucunda tüketicinin taleplerini tatmin etmek için birden fazla kaynağa sahip olmasıdır. Bu nedenle müşteriye ulaşmada önemli noktalardan biri dağıtım ağının tasarımıdır. İlk çözüm olarak stokların farklı yerlerde tutulması söz konusu olmasına rağmen yüksek stok ile çalışmanın riski ve değişen talepler nedeniyle dağıtım ağının tasarımı ön plana çıkmıştır.

⁴ Aynı zamanda gerçekleşmeyen.

Tedarik zinciri yönetiminde matematiksel yöntemlerin kullanıldığı bir başka alan olan operasyonel işlemler ve bu işlemleri oluşturan stok yönetimi, üretim planlaması ve zamanlaması, talep tahmini, maliyetlerin azaltılması gibi işlemler için Markov karar süreçleri, analitik hiyerarşi prosesleri, veri zarflama analizi ve GARCH gibi matematiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra kanban gibi bakış açıları da optimizasyon amacıyla kullanılabilir.

Markov zinciri modeli gelecekteki fiyatların ve talebin tahmin edilerek satın alma kararlarının verilmesinde kullanılmaktadır. Fakat oklu ajan sistemlerinde global optimizasyon ön plana çıktığı için merkezi karar verme sistemlerinin kullanıldığı organizasyonlarda kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama tekniğine dayanan veri zarflama analizi ise bir sistemdeki en iyi performans sınırlarını belirleyerek ve çoklu girdi-çıktı ölçümleri yaparak performans değerlendirme işlemlerinde kullanılabilir. Veri zarflama analizi ile verimsiz karar verme birimleri ortaya çıkarılarak tedarik ve maliyet etkinlik analizi de yapılabilir. Ayrıca tedarik zincirinde dağıtım merkezleri ile tedarikçilerin performans ölçümünde de kullanılabilir.

Analitik hiyerarşi prosesleri çoklu kriter metodolojisine dayanmaktadır. Literatürde de belirlenen tedarikçi performans kriterlerine göre tedarikçi seçiminde kullanılabilir. Fakat tedarikçi seçiminde veri zarflama analizinin parametrik olmama avantajına rağmen, tedarikçileri sadece verimli ve verimsiz sınıflarına ayırması, tedarikçi değerlendirmesinde hataya neden olabilmektedir. Veri zarflama analizi ile karar verme birimlerinin göreli etkinlik oranının belirlenmesinden sonra analitik hiyerarşi proseslerinde veri zarflama analizi sonuçları kullanılarak tedarikçi değerlendirilmesi yapılabilir.

Kanban ise tam zamanında üretim sistemlerinde kullanılmaktadır. Üretim etkinliğinin artırılmasının yanında işlemlerde boşa harcanmış malzeme, zaman ve çabayı azaltmaktadır. Bu modelde amaç farklı üretim işlemlerini bir araya getirmektir.

İşletmeler çok fazla stok ile çalışarak yüksek stok bulundurma maliyetlerine katlanmak zorunda kalabilirler. Aynı zamanda az miktarda stok ile çalışmak ta müşterilere ulaştırılan serviste eksikliklere neden olabilir. Bu noktada uygun maliyetli stok planlaması için, sipariş ile tedarik arasında geçen sürenin belirsizliğini iyi anlamak gerekmektedir. GARCH işletmelerde bu sorunu gidermek amacıyla, talep tahmini ve tedarik sürecinin tahmininde kullanılmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde stratejik, taktik ve operasyonel kararların alınmasında kullanılan matematiksel yöntemler, tedarik zincirinde daha etkin kararlar alınmasını sağlamakta ve tedarik zinciri performansını arttırmaktadır. Bir işletmenin performansının bütün tedarik zincirini etkilemesi nedeniyle, alınan kararların tedarik zinciri performansına etkisi hem global hem de yerel düzeyde değerlendirilmelidir.

2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminde Performans Değerlendirme Yöntemleri

İşletmelerin hedeflerinin belirlenmesinde, performanslarının değerlendirilmesinde ve gelecekteki faaliyetlerinin yöntemlerinin belirlenmesinde önemli rolü olan performans değerlendirme yöntemleri operasyon yönetimi literatüründe genellikle referansa dayalı kıyaslama ile yapılmaktadır. Yapılan performans ölçümlerinin tek boyutlu ve basit olması nedeniyle yöneticileri kısa vadeli düşünmeye iten referansa dayalı kıyaslama standartlarını şu şekilde açıklayabiliriz;

Tarihsel standartlar: Geçmiş performans ile kıyaslamadır.

Hedef standartlar: Uygun ve kabul edilebilir hedefler ile kıyaslamadır.

Rakip standardı: Rakipler ile yapılan kıyaslamadır.

Mutlak standardı: Teorik limitler ile kıyaslamadır.

Narahari ve Biswas (2007) tedarik zinciri performans ölçümünü finansal olan ve finansal olmayan olmak üzere iki grupta toplamıştır. Bunlar finansal performans ölçütleri ve finansal olmayan performans ölçütleridir.

Amacı karı en üst noktada tutmak ve maliyetleri azaltmak olan tedarik zinciri yönetiminde finansal olmayan performans ölçütleri sabit ve operasyonel maliyetleri içermektedir. Finansal olmayan performans ölçütlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Hammadde maliyeti
- Satılan üründen elde edilen gelir
- Faaliyet tabanlı maliyetler (Üretim, montaj, malzeme taşıma)
- Stok maliyeti
- Taşıma maliyeti
- Ömrü biten ürünler
- Müşteriye geç ulaşan siparişler
- Müşteriden geri dönen ürün maliyetleri
- Tedarikçiye iade edilen ürünler

Finansal olmayan performans ölçütlerini de şu şekilde sıralayabiliriz;

- Dönüş süresi: İş süreçleri arasında geçen zamanın ölçülmesidir. Tedarik süresi ve sipariş ulaştırma süresi dönüş sürelerini oluşturmaktadır. Zaman temelli rekabet, stok seviyesi ile korelasyonu ve müşteri servis kalitesi çok önemlidir.
- Müşteri servis seviyesi: Sipariş karşılama oranı ve bekleyen sipariş seviyesidir. Müşteri servis seviyesini en üstte tutmak için sipariş karşılama oranının yüksek olması ve bekleyen sipariş miktarının en alt seviyede olması gerekmektedir.
- Stok Seviyesi: Sistemdeki toplam maliyette büyük etkisi olan stoklar hammadde, işlem gören malzeme, tamamlanmış ürün ve yedek ürünler olmak üzere dört kategoride incelenmektedir. Maliyeti en alt seviyede tutmak için yani sistemin verimliliğini arttırmak için stokların en makul seviyede tutulması gerekir.
- Kaynak kullanım oranı: Müşteri servisini en üst seviyede tutmak, stokları makul seviyede depolamak ve tedarik sürelerini kısaltmak için üretim kaynaklarının, depolama kaynaklarının, lojistik kaynakların, insan kaynaklarının ve finansal kaynakların en yüksek seviyede değerlendirilmesi gerekmektedir.

Wong ve Wong (2007) tedarik zinciri performans ölçümünde, çoklu girdi-çıkıya dayanan karar verme birimlerinin göreceli verimliliğini ölçen ve matematiksel bir programlama dili olan veri zarflama analizini kullanmışlardır. Bu modelde verimlilik skoru çıktıların ortalama ağırlıklarının girdilerin ortalama ağırlıklarına bölünmesi ile elde edilmektedir. Modelde üç tip verimlilik skoru belirtilmiştir. Bu skorlar maliyet, teknik ve bu skorlardan elde edilen tahsis verimliliğidir. Teknik etkinlik girdi ile maksimum çıktıyı verme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Bu etkinlik ölçümü sonucunda yöneticiler hedef verimlilik seviyesine göre kaynaklarını ayarlayabilmektedirler. Maliyet etkinlik ölçümü ise alternatif maliyetlerin belirlenmesidir. Ayrıca modelde girdi ve çıktı değişkenleri, genel bir model olan SCOR modeline göre sınıflandırılmıştır. Bu değişkenler finansal ve operasyonel ölçümlerdir. Finansal ölçümler gelir ve maliyet, operasyonel ölçümler ise sipariş karşılama oranı, teslimat süresi ve üretim esnekliğidir.

Bir diğer performans değerlendirme metodu olan dengeli puan kartı ilkelerine göre tedarik zincirinin performansını değerlendiren Jing-yuan ve arkadaşları (2006), finansal değer, iş süreçleri, müşteri servisi ve yenilik ilkelerini kullanmışlardır. Bu ilkeler şu şekilde açıklanabilir;

Finansal değer: Toplam maliyet, yatırım geri dönüşü ve toplam net kardır.

İş süreçleri: Talep oranı, üretim satış oranı, üretim esnekliği ve sipariş artışıdır.

Müşteri servisi: Memnuniyet oranı, sipariş karşılama oranı, garanti maliyeti ve reklam maliyetidir.

Yenilik alışmaları: Araştırma yatırım oranı ve yeni ürün gelir oranıdır.

Alternatiflerin değerlendirilmesinde basit fakat çoklu kriter metodolojisine dayanan analitik hiyerarşi prosesleri, karmaşık, çoklu insan ve çoklu özellik içeren problemlerde hiyerarşik bir yapı sağlayabilmektedir. Liu ve Hai'nin (2005) nerdiği tedarikçi değerlendirilmesi modelinde analitik hiyerarşi prosesleri ile veri zarflama analizi kullanılmıştır. Buna göre veri zarflama analizi karar verme birimlerini değerlendirerek, analitik hiyerarşi prosesleri için değerlendirme ölçütlerini oluşturmaktadır. Ayrıca bu modelde kalite, esneklik, teslimat ve maliyet gibi niceliksel ve niteliksel kriterler değerlendirilmektedir. Bu model altı basamaktan oluşmaktadır;

- 1) Tedarikçi kriterlerinin seçilmesi
- 2) Kriter hiyerarşik yapısının belirlenmesi
- 3) Kriterlerin ve alt kriterlerin önem sırasına göre sıralanması
- 4) Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi
- 5) Belirlenen derecelere göre tedarikçi performansının llmesi
- 6) Tedarikçi önceliklerinin belirlenmesi

Tedarik zinciri yönetiminde etkin kararlar alabilmek için kullanılan matematiksel yöntemlerin yanı sıra paylaşıma dayalı ilişkilerin sonucunda ortaya çıkan ontoloji çalışmaları ile işletmeler arası elektronik ilişkiler yoğunlaşmıştır. Bu ilişkilerin gün geçtikçe karmaşıklaşması sonucunda gerçek zamanlı karar verebilen zeki ajanların oluşturduğu ajan temelli sistemler karar mekanizmalarını oluşturmaktadır.

3. ZEKİ AJANLAR VE ÇOKLU AJAN SİSTEMLERİ

Son yıllarda işletmeler, işlemlerin karmaşıklığı, maliyeti ve bilişim sistemleri ile elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi konusunda özel yazılımlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ihtiyacı karşılamakta karar destek sistemleri yardımcı olmaktadır. Karar destek sistemleri işletmelerin rutin ve karmaşık işlemlerini, insan faktörü nedeni ile ortaya çıkan hatalar olmaksızın çözümlenmekte ve işletme yöneticilerine görsel grafikler ve yazılımlar yardımlarıyla alternatif çözümler sunmakta, bunun sonucunda alternatifler arasında karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Çevredeki koşulların, üretim şekillerinin hızlı değişimler gerektirmesi, çevredeki değişime uyum sağlayabilecek, kendisini geliştirebilecek, kendi kendisini yönetebilecek ve aralarında iletişim kurabilecek yazılımlara ihtiyaç yaratmıştır. Yapay zekâya yeni yaklaşımlar getiren zeki ajanlar (intelligent agent) çevreye uyum sağlama, kendi kendisini geliştirebilme ve sosyal olma özellikleri ile karar destek sistemlerindeki eksikliği giderebilmektedirler.

Zeki ajanları belirli bir çevreye veya organizasyona yerleştirilmiş yazılım tabanlı bilgisayar sistemleri olarak tanımlayabiliriz. Ajanların bileşenleri Shi ve Jiao (1999) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır.

- Akıl ile ilgili özellikler (bilgi, hedef, amaç, yetenek, algılama ve motivasyon), ajanların davranışlarının özelliklerini göstermektedir.
- Ara yüzler (sağladıkları servisler, diğer servisler için istekte bulunmaları ve diğer ajanlarda kurdukları iletişim kanalları), uygun olduğunda, kendi sorun çözme sürecini tamamlayabilmek için diğer zeki ajanlar ile etkileşim içinde olmalarını ve diğerlerine aktivitelerinde yardımcı olmalarını sağlamaktadır.
- Otonom ve proaktif özellikleri sadece kendi çevrelerinde meydana gelen olaylara tepki vermeden, fırsatları, amaca yönelik davranışları ortaya koyarak uygun olan durumlarda öncelik kullanabildiklerini belirtmektedir.

Ming ve arkadaşlarına (2007) göre zeki ajanların temel özellikleri otonom olmaları, çevrelerine adapte olabilmeleri, mobil olmaları, paylaşımaya dayalı çalışabilmeleri ve öğrenebilmeleri olarak sıralanabilir.

Moyaux ve arkadaşları (2006) ise zeki ajan kavramını otonom olmaları, sosyal yetenekleri, tepkisel olmaları ve proaktiflik gibi özellikler ile tanımlamaktadırlar.

Datta'ya (2007) göre zeki ajanlar çok seviyeli veri hiyerarşisindeki verileri, birden fazla kaynaktan alarak çözme yeteneklerine sahiptirler. Zeki ajanlar özellikle işletmeler arası e-ticaret (Business-to-Business, B2B) modelleri için elektronik pazarda önemli fonksiyonlar üstlenmektedirler. Zeki ajanlar işletmeler ve ortakları arasında bilginin işlenmesinde ve bilgi akışı işlemlerinde rol almaktadırlar.

Ajan mimarileri beş seviyede tanımlanabilir⁵. Bunlar;

- 1) Basit refleks ajanları: Tanımlanan kural ve koşullara göre hareket etmektedirler.
- 2) Model tabanlı refleks ajanları: Basit refleks ajanları gibi model ve koşullara göre hareket etmektedirler, ayrıca çevreyi gözlemleme yeteneğine sahiptirler.
- 3) Model ve amaç tabanlı ajanlar: Model tabanlı refleks ajanlarındaki modelin yeterli olmadığı durumlarda istenilen durum ve amaç hakkında bilgisi olan ajanların kullanılması gerekir.
- 4) Yarar tabanlı ajanlar: Model ve amaç tabanlı ajanlar istenilen veya istenilmeyen durumlara göre sınıflandırılıyor, fakat yarar tabanlı ajanlar kararları alırken hız, fiyat ve güvenlik gibi ayrıntıları da dikkate alabilir.
- 5) Öğrenen ajanlar: Bilinmeyen çevreye adapte olabilir ve kritik kararlarda geribildirim alabilirler.

⁵ Russell, S., Norvig, P., 2005. Artificial Intelligence: A Modern Approach.
< <http://www.cs.berkeley.edu/~russell/aima1e/chapter02.pdf> >

Nissen (2001) zeki ajan uygulamalarını şu şekilde gruplamıştır.

- 1) Bilgi filtreleme ajanları: Kullanıcıdan ya da müşteriden elektronik posta, bilgi grupları, sıkça sorulan sorular gibi bilgi kaynaklarından gelen mesajların filtrelenmesi üzerine görev almaktadırlar.
- 2) Bilgi erişim ajanları: Web indeksleme robotları bu kategoride gösterilebilir.
- 3) Danışma ajanları: Üretim planlama araçları, finansal destek araçları ve stratejik planlama araçları bu gruba girmektedirler.
- 4) Performans ajanları: İş akışlarını ve iş performanslarını içermektedirler. Ajanlar arası işlemler, ajan temelli müzakere sistemleri ve paylaşımaya dayalı öğrenme performans ajanlarının gerçekleştirdiği işlemlerdir.

3.1 Çoklu Ajan Sistemleri

Zeki ajanlar, çoklu ajan modellerinde olduğu gibi işletmelerin diğer işletmelerle kurduğu etkileşim ve iletişim gibi diğer ajanlarla iletişim kurmaktadır.

Ajan temelli sistemler bir veya daha fazla ajandan oluşabilmektedir. Bununla birlikte, bazı durumlarda sadece tek ajanın kullanımının uygun olduğu durumlar söz konusu olabilmektedir. Jennings ve arkadaşları (1998) çoklu ajan sistemlerinin genellikle çoklu problem çözümüne ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılan bir yöntem olduğunu ve bu yöntemin çoklu bakış açısı ile çoklu problem çözme birimleri içerdiğini belirtmektedirler. Bu tip sistemlerin dağıtık, koşut zamanlı yapılarından kaynaklanan işbirliği, koordinasyon ve müzakere gibi özellikleri, ajanlar arası etkileşimin ortaya çıkardığı zekâ ile karmaşık sistemlerin karar verme noktalarında avantaj sağlamaktadır. Ayrıca bir bilgi ağı ile birbirine bağlı olan ajanların oluşturduğu merkezi olmayan bir sistem, merkezi bir yapıya göre sorunlara daha uygun ve hızlı bir biçimde çözüm bulabilmektedir.

Shaw ve Sikora (1998) zeki ajanların birbirleri ile olan bağımlılıklarını üç gruba ayırmıştır. Bunlar geçici bağımlılık, kaynak bağımlılığı ve alt görev bağımlılığı olarak

sıralanabilir. Geçici bağımlılıkta bir işlemin gerçekleştirilmesi için farklı bir ajandan gelecek sonucun beklenmesi veya bir grup işlemin aynı anda yapılması gerekebilmektedir. Kaynak bağımlılığında ajanların aynı kaynağı kullanmaları durumunda ajanlar arasında koordinasyon gerekmektedir. Kornfeld ve Hewitt (1981) kısıtlı kaynakların kullanımında ve koordinasyonun sağlanmasında ajanlar arasında görev paylaşımını sağlayan sponsor ajanların kullanılabilirliğini belirtmektedirler. Alt görev bağımlılığı ise ajanların bir işlemi tamamlamak için diğer ajanlardan bilgiye ihtiyaç duyması durumunda ortaya çıkmaktadır.

Bir organizasyondaki birimler arasındaki bilgi akışı organizasyonel yapının anahtar karakteristik özelliklerinden birini oluşturmaktadır. Çoklu ajan sistemlerinde bu iletişim zeki ajanlar tarafından yapılmaktadır. Ajanlar arasında ortaya çıkan bağımlılıklar koordinasyon mekanizmasının önemini ortaya çıkarmaktadır.

Shi ve Jiao (1999) istemci, sunucu ve aracı ajanlardan oluşan çoklu ajan sistemini tanımlamışlardır. Bu sistemi oluşturan ajanlar aynı amacı içermekte ve ortak algı, ortak tanımlama, ağ özellikleri ve iletişim özelliklerinden oluşmaktadırlar.

Diğer yandan Sycara (1998) çoklu ajan sistemini üç katmanlı bir mimari ile tanımlamıştır. Bu mimaride en alt seviye tepki gösteren seviye olarak tanımlanmıştır. Bu seviyede kararlar verilmektedir. Bir üst seviye ise orta seviye olarak adlandırılmaktadır. Bu seviyede ajanların çevreleri hakkında bilgileri bulunmaktadır. En üst seviyede ise ajanların dış çevre ile olan etkileşimleri tanımlanmaktadır.

Çoklu ajan sistemlerinin amacı sistemin genel performansını yükseltmektir. Yukarıda belirttiğimiz gibi her ajanın tanımlanan rollere göre yerine getirmesi gereken görevleri vardır. Çoklu ajan sistemlerindeki zeki ajanların kendi birimine göre amaçları var iken ve kararlarını bu doğrultuda verirken, aynı zamanda sistemin genel performansını yükseltmeyi de amaçlamaktadırlar. Bu noktada Shaw ve Sikora (1998) zeki ajanların karar verirken oluşturdukları sentezleri üç grupta toplamıştır. Bu grupları;

1) Rekabetçi Sentezler (Competitive Synthesis)

Bütün ajanların birbirinden bağımsız ve farklı zamanlarda diğer bir deyişle asenkron olarak aynı problem üzerinde çalışması ve en iyi çözümün elde edilen sonuçlardan çıkarılmasıdır.

2) Toplamalı Sentezler (Additive Synthesis)

Bütün ajanların performanslarının toplamı olarak tanımlanabilir. Bir görevin alt görevlere bölünmesi ve bu alt görevlerin her bir ajana atanması ile gerçekleştirilir. Özellikle dağıtık yapay zekâ çalışmalarında kullanılmaktadır.

3) İşbirliği Sentezleri (Cooperative Synthesis)

Sistem performansı ön plana çıkmaktadır. Bu sentezde ajanlar arası etkileşimin olması nedeni ile karmaşıklık artmaktadır. Bu sentez sistem entegrasyonunda ve çoklu ajan sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Çoklu ajan sistemlerinin merkezi karar verme temelli sistemlere tercihen kullanılmasındaki motivasyon şu şekilde tanımlanabilir;

- 1) Çoklu ajan temelli sistemleri anlamak ve gerçekleştirmek daha kolaydır
- 2) Daha esnektir
- 3) Daha modülerdir, diğer bir deyişle değişen iş ihtiyaçlarına karşın, büyük ve tek bir yazılımı güncellemek yerine modüler bir yazılımı güncelleme maliyeti ve süresi bakımından daha azdır.

Literatürde çoklu ajan sistemlerinin karar verme mekanizmalarındaki yapıları dört grupta tanımlanabilir;

- Hiyerarşik: Karar verme ve kontrol mekanizması tek ajanda toplanmaktadır ve her seviyede bu yetkilere sahip bir ajan bulunmaktadır. Etkileşim bu ajanlar arasında olmaktadır.

- Uzmanların Ortaklığı: Bütün problem çözücüler bir alanda uzmanlaşıyor ve ajanların etkileşimi sipariş kuralları ve davranışlar ile ortaya çıkıyor. (Lewis ve Sycara, 1993)
- Pazar: Kontrol ajanlara dağıtılıyor. Bu yapıdaki amaç fiyat değişkeni ile ödeme ve kontrol mekanizmaları üzerinden görev ve kaynakların kullanılmasıdır. (Davis ve Smith, 1983)
- Bilimsel Ortaklık: Problem yerel ajanlar tarafından çözülüyor. Diğer problem çözücülerle etkileşime geçilerek test ve yenileme yapılıyor. (Kornfeld ve Hewitt, 1981)

3.2 Çoklu Ajan Temelli Tedarik Zinciri Yönetimi

Çoğu endüstride pazarlama faaliyetleri küreselleşmiş durumdadır ve bütün işlemler karmaşık tedarik zinciri ağlarında yapılmaktadır. Bütün kurumların ve işletmelerin ürün ihtiyaçları ve yerel ihtiyaçları doğrultusunda bilgilere sahip olmasına rekabet ve çekişme faktörlerini de eklersek ortaya çıkan bağımsız birimler kendi kararlarını veren birer otonom ajan olarak tanımlanabilirler. Tedarik zincirindeki bu birimlerin kararlarını bütün sistemin optimizasyonunu düşünerek alması için, tedarik zincirindeki birimler arasındaki malzeme akışının akıcı ve bilgi akışının entegre hale getirilmesi gerekmektedir.

Etkin tedarik zinciri yönetimi ve karar verme mekanizmalarında karşımıza iki temel sorun çıkmaktadır. İlk sorun bilginin bölümlerde ve işletmelerde dinamik, dağıtık ve farklı formatlarda bulunmasıdır. Bir diğer sorun ise karar verme mekanizmalarının farklı bölümlerde ve birimlerde bulunmasıdır. Birimlerin ortak özelliklerini oluşturan dinamik, dağıtık ve farklı formatlarda olmaları Panti ve arkadaşları (2005) tarafından

- Dinamik olmaları tedarik zincirindeki bilgilerin (fiyat, talep, teknoloji) sürekli değişmesi,
- Dağıtık olmaları coğrafik olarak farklı konumlarda bulunmaları,

- Farklı formatlarda olmaları planlama ve iş süreçleri için farklı platformlarda geliştirilmiş farklı sistemleri kullanmaları olarak tanımlanmaktadır.

Etkin tedarik zinciri yönetiminin bir diğer özelliği ise esneklik ve çeviklik. Esneklik, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda gerekli düzenlemeleri yapabilmeyi, çeviklik ise değişen taleplere cevap verme yeteneğini belirtmektedir.

Paylaşma dayalı etkin bir elektronik ticaret sisteminde, ortaklar fonksiyonel birliktelikler kurmalı, böylece ortaya çıkan ani değişimlere ve yeni fırsatlara hızlı cevaplar verebilmelidirler. Keskinocak ve Tayur'un (2001) belirttiği gibi müşteri talepleri veya dağıtım kanallarında meydana gelen ani değişiklikler, stoklama riskinin artmasına neden olmuş, bunun sonucunda dış kaynak kullanımı, kontrata bağlı üretim ve üçüncü parti lojistik kullanımı artmıştır. Ayrıca bu hızlı değişim nedeniyle tedarik zinciri bileşenlerinin planlarını otonom bir şekilde uyarlamaları ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu tip sistemler Chui ve Lin tarafından (2003) ajan-temelli sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemlerdeki ajanların temel özellikleri Tablo 1'de belirtilen özelliklere ek olarak uyarlanabilirlik, senkronizasyon ve değişkenlik olarak sıralanmıştır. Lau ve arkadaşları (2007) ajanların çevresindeki değişikliklere göre çalışma zamanında otonom olma özelliklerini ayarlayabildiği tedarik zinciri modeli oluşturmuşlardır. Swaminathan ve Tayur (2003) zeki ajanların gerçek zamanlı işlem sırasında uygun kararları alabilmesi ve buna göre hareket etmesi sonucunda işletmelerin işlemlerini hızlandırma özelliğine vurgu yapmaktadır. Fakat zeki ajanların aldığı bu kararları sadece fonksiyonları veya birimleri hesaplayarak değil bütün sistem için getireceği faydayı hesaplayarak alması gerekmektedir. Lou ve arkadaşları (2003) çoklu ajan temeline dayanan sistemlerin zekâsının sadece ajanların zekâlarının toplamından değil, aynı zamanda ajanlar arasındaki kolektif çalışma sonucunda ortaya çıktığını belirtmektedir.

Tablo 1. Çoklu ajan sistemini oluşturan zeki ajanların tanımlanan genel özellikleri

Yazarlar	Otonom	Mobil	Öğrenebilme	Tepkisel	Proaktif	Sosyal
Ming, S., Rui-xue, F., Chen, Z., Zhan-hong, X., (2007)	✓	✓	✓			✓
Moyaux, T., Chaib-draa, B., D'Amours, S., (2006)	✓			✓	✓	✓
M. Chiu, G. Lin, (2003)	✓		✓			
Lau, H., C., Agussurja, L., Thangarajoo, R., (2007)	✓					

Zeki ajanların tedarik zincirinde bilgi paylaşımındaki rolleri için, zamanlama, fiyat araştırması, taleplerin seçilmesi, satın alım planı ve karşı teklifler hazırlama gibi örnekler verilebilir. Bunların yanında tedarik zincirindeki rutin işlerin tamamlanmasında zeki ajanların yer almasıyla maliyetlerde de azalma meydana gelmektedir. Yung ve Yang'a (1999) göre zeki ajanların tedarik zincirindeki yöneticiler için ana faydaları rutin işleri yerine getirerek yöneticilere zaman kazandırması ve değer sağlayan servislerle yöneticilere kararlarında yardımcı olmasıdır.

O'Brien ve Li (2001) tedarik zincirinin stratejisini iki sınıfta toplamışlardır. Bunlar etkin ve cevap verici tedarik zincirleridir. Zeki ajanlar bu stratejiler üzerine hareket etmelidirler. Etkin tedarik zincirinde fonksiyonel ürünler, cevap verici tedarik zincirinde ise yenilikçi ürünler ön plana çıkmaktadır.

Tablo 2'de belirtildiği gibi zeki ajanların tedarik zincirindeki rolleri literatürde farklı bakış açıları ile sınıflandırılmıştır. He ve arkadaşları (1998) Martinez'in kullandığı çoklu-ajan modeline dikkat çekmişlerdir. Önerilen çoklu-ajan modelinde zeki ajanlar ürün ajanları, aktivite ajanları ve kaynak ajanları olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Ürün ajanları ürünler ve özelliklerinin yönetimi, aktivite ajanları üretim işlemleri ve kaynak

ajanları ise aktivite ajanlarına servis sağlayarak işletmenin amaçlarına ulaşmasında etkin rol oynamaktadır.

Yang ve Feng (2006) tedarik zincirindeki ajan temelli sistemleri oluşturan zeki ajanların rollerini fonksiyon ve koordinasyon ajanları olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Fonksiyon ajanları tedarik zincirindeki planlama ve kontrol faaliyetlerini yürütmektedirler. Koordinasyon ajanları ise ajanlar arası koordinasyonu ve mesaj servisleri sağlamaktadırlar. Fonksiyon ajanları koordinasyon ajanları tarafından atanan görevleri iletişim kurarak tamamlamaktadırlar. Wang ve Lu (2007) müşteri merkezli, ürün merkezli, tedarikçi merkezli ve lojistik merkezli ajanlardan oluşan model geliştirmişlerdir. Bu model maliyetleri azaltmaya odaklanan klasik ekonomi yerine, bilgiyi ve işbirlikçi yaklaşımı ön planda tutan ağ ekonomisini temel alan çoklu ajan temelli mimari ile farklı bir bakış açısı getirmektedir.

Wu (2000) çoklu ajan temeline dayanan üretim merkezi için ortaya çıkardığı modelde iki tür ajan tanımlamıştır. Bu ajanlardan biri maliyet ajanları biri de maliyet ajanlarının çıktılarını girdi olarak kullanan ve öğrenme yeteneğini genetik algoritmalarından alan optimizasyon ajanıdır.

Tablo 2. Zeki ajanların tedarik zincirindeki rollerinin sınıflandırılması

Yazarlar	Zeki Ajanların Rollerini
Martinez, M.T., Fouletier, P., Park, K.H, Favrel, J., (2001)	Ürün Ajanları, Aktivite Ajanları, Kaynak Ajanları
Yang, C., Feng Q.Y., (2006)	Fonksiyon Ajanları, Koordinasyon Ajanları
Wu, D., J., (2000)	Maliyet Ajanları, Optimizasyon Ajanları
Lu, L., Wang, G., (2007),	Müşteri merkezli ajanlar, Ürün merkezli ajanlar, Tedarikçi merkezli ajanlar, Lojistik Merkezli Ajanlar

Xiao ve arkadaşları (2007) çoklu ajan sistemlerini üç seviyede değerlendirmektedirler. Bunlardan birinci aşama olan iletim seviyesi, bilginin fiziksel bir ağdan iletiminin ajanlar arasında gönderilmesini ve alınmasını sağlamaktadır. Bir sonraki aşama ise ajanların verileri standart bir dil ile alma aşamasıdır. Üçüncü aşama ise ajanların kurallarını ve stratejilerini geliştirmeleri için bilgi sağlamaktır.

Tablo 3. Tedarik zincirinde zeki ajanlar üzerine yapılan çalışmalar.

Yazarlar	Çalışmanın Konusu
M. Barbuceanu, M. S. Fox (1996)	Tedarik zincirindeki işletmelerin entegrasyonu için KQML temelli dil tanımlanmıştır.
J. M. Shaw, W. G. Tan, F. Lin, (1998)	Tedarik zinciri ağında siparişlerin yerine getirilme işlemleri için çoklu ajan temelli model tanımlanmıştır.
J. M. Swaminathan, S. F. Smith, N. M. Sadeh (1997)	Tedarik zinciri simülasyon modeli için çoklu ajan çerçevesi tanımlanmıştır.
N. M. Sadeh, D. W. Hildum, D. Kjenstad, A.Tseng (1999)	Ajan temelli dinamik tedarik zinciri mimarisi tanımlanmıştır. (MASCOT)
B. Wilhelm, R. Sun, J. Yao, B. Chu, S. Cost, Y. Labrou, T. Finin, T. Peng, Y. Chen (1999)	Fonksiyonel ajanları sisteme dâhil olup çıkabildiği dinamik tedarik zinciri çerçevesi tanımlanmıştır.
J. A. Sauter, H. V. D. Parunak (1999)	Böcek kolonilerinden ve insanlardan esinlenerek ağ ajanları için görev zamanlaması adlı mimari geliştirilmiştir.
S. M. Fox, M. Barbuceanu, R. Teigen (2000)	Tedarik zincirinin operasyonel ve taktiksel seviyede yönetimi üzerine yazılım mimarisi geliştirilmiştir.
D. J. Wu (2000)	Yapay ajan temelli yaklaşım ile üretimi otomatikleştiren çoklu ajan sistemi modellenmiştir.
J. Gjerdrum, N. Shah, L. G. Papageorgiou (2001)	Basit talep yönlü tedarik zinciri ağ sistemi simülasyonu ve kontrolü için çoklu ajan modelleme tekniği geliştirmiştir.
J. Jiao, X. You, A. Kumar (2005)	Global tedarik zincirinde üretim koordinasyonu için ajan temelli müzakere sistemi önerilmiştir.

N. Julka, R. Srinivasan, I. Karimi (2002)	Tedarik zincirindeki elementleri temsil eden birleştirilmiş, zeki ve nesne tabanlı çerçeve önerilmiştir.
M. E. Nissen (2001)	Operasyonel işletmelerin bilgisini dağıtık ajan teknolojileri ile entegre eden bir sistem geliştirilmiştir.
M. Chiu, G. Lin, (2003)	İşbirlikçi ajanların ve yapay sinir ağlarının tedarik zinciri planlamasındaki rolleri belirtilmiştir.
J. H. M. Tah (2005)	Tedarik zinciri operasyonlarının ucuz ve risksiz bir çevrede tecrübe edilebilmesi için modelleme ve simülasyon platformu geliştirilmiştir.
M. Janssen (2005)	Yarı işbirlikçi koordinasyon mimarisi tasarlanmış ve ajan temelli simülasyonun yararları değerlendirilmiştir.
O. Labarthe, B.Espinasse, A. Ferrarini, B. Montreuil (2006)	Tedarik zinciri modellemesini ve simülasyonunu kolaylaştırma amaçlı ajan modelleme çerçevesi ortaya çıkartılmıştır.
D. Z. Zhang, A. I. Anosike, M. K. Lim, O. M. Akanle (2006)	Üretim organizasyonlarına dinamik, maliyet etkili ve entegre bir yaklaşım getirilmiştir.
L. Lu, G. Wang (2007)	Tedarik zincirindeki ağ ekonomisine çoklu ajanlı bir yaklaşım getirilmiştir.
R. Govindu, R. B. Chinnam (2007)	Tedarik zinciri uygulamaları için geliştirilen çoklu ajan sistemlerinin geliştirilmesini basitleştiren çoklu ajan tedarik zinciri çerçevesi tanımlanmıştır. (MASCF)
H.C: Lau, L. Agussurja, R.Thangarajoo (2007)	Gerçek zamanlı, merkezi olmayan, işbirliğine dayanan karar verme mekanizması sağlayan çoklu ajan modeli geliştirilmiştir.
M.Wang, J. Liu, H. Wang, W. K. Cheung, X. Xie (2008)	Tedarik zinciri entegrasyonuna ajan yönlendirmeli, kısıt temelli karar ve koordinasyon yaklaşımı getirilmiştir.

Tablo 3'te bu çalışmada faydalanan ve zeki ajanlar üzerine yapılan farklı çalışmalar listelenmiştir. Bu çalışmalardan biri olan Zhang ve arkadaşlarının (2006) geliştirdikleri model birbirine bağlı iki alt sistemden oluşmaktadır. Ajan temelli üretim alt sistemi kendi kendine organize etmekte, kısıtlar dâhilinde üretim operasyonlarını kontrol etmekte ve modellemektedir. Ajan temelli tedarik ağı yönetim ajanı ise işletmenin tedarikçileri ve müşterileri ile olan ilişkilerini yönetmektedir. Labarthe ve arkadaşları (2007) karmaşık ve ajan temeline dayanan tedarik zincirini tasarlamak ve modellemek için, kavramsal, operasyonel ve deneysel olmak üzere üç seviyeden oluşan metodolojik çerçeve tanımlamışlardır. Julka ve arkadaşları (2002) ise oluşturdukları çerçevede birleşik, zeki ve nesne yönelimli yaklaşımla tedarik zincirindeki farklı elemanları entegre eden çerçeve sunmuşlardır.

Gjerdrum ve arkadaşları (2001) talep yönelimli tedarik zinciri sistemini kontrol ve simüle etme amacıyla çoklu ajan modelleme tekniklerini uygulamışlardır.

Govindu ve Chinnam (2007) tedarik zinciri uygulamalarında çoklu ajan sistemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırma amacı ile işlem merkezli, SCOR ile uyumlu çoklu ajan temelli tedarik zinciri çerçevesi önermişlerdir.

Wang ve arkadaşları (2008) her ajanın kendi kararlarını verdiği ve bu kararların diğer servislerle uyumlu olması için sistemdeki ajanlarla etkileşimde olduğu, talep üzerine çalışan elektronik tedarik zincirine ajan temelli yaklaşım getirmişlerdir.

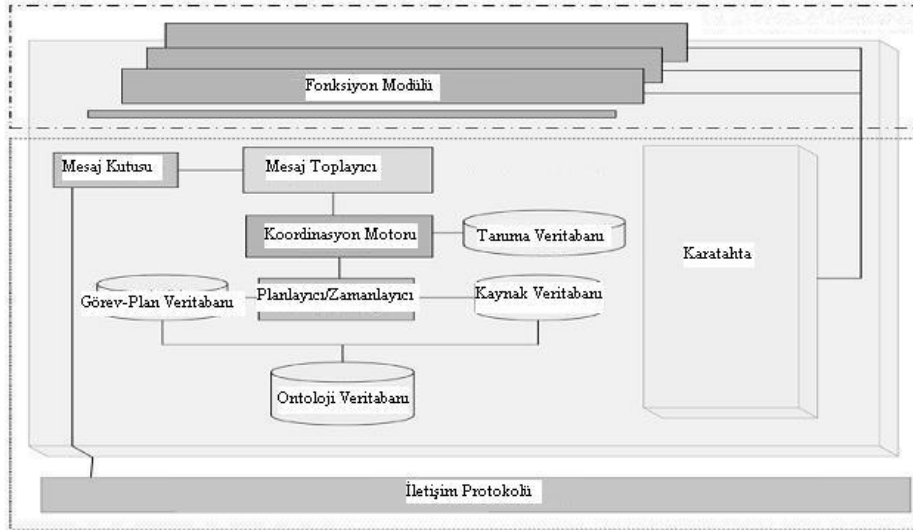
Sadeh ve arkadaşları (1999) tedarik zinciri planlaması ve zamanlamasının koordinasyonu için tekrar yapılandırılabilir, çok seviyeli ajan mimarisine sahip olan MASCOT karar verme aracını geliştirmişlerdir. Tah (2004) geliştirdiği simülasyon ve modelleme platformu ile, işletmelere düşük maliyet ile çevresindeki riskten soyutlayarak, tedarik zinciri kararlarını tecrübe etme olanağı sağlamıştır. Janssen ise (2005) geliştirdiği yarı işbirlikçi mimari ile ajan temelli simülasyonun faydalarını değerlendirmiştir.

3.3 Ajan Mimarisi ve Teknolojik Çerçeve

Ajan geliştirme çekirdeği, uygulama bağımsız ajan servisleri, tekrar kullanılabilen yazılım bileşenleri ve ara yüzlerden oluşmaktadır. Kullanıcılar bu servisleri kullanarak yüksek seviyeli altyapılar oluşturabilirler.

Ajan geliştirme çekirdeği üç katmandan oluşmaktadır. En üst seviye olan iletişim seviyesinde iletişim servisleri ajanlara, etki alanından bağımsız iletişim edimleri ve etki alanı içerik özelliklerinden oluşan mesajların karşılıklı iletilmesini sağlamaktadır. Bir alt seviyede ise koordinasyon seviyesi bulunmaktadır. Bu seviyede koordinasyon mekanizması ajanın amaçları doğrultusunda kararlar vermektedir ve bu kararların ne kadar süre ile uygulanacağını ve ne zaman bırakılacağını belirleyerek kabul edilen görevleri planlayıcıya ve zamanlayıcıya göndermektedir. Son seviyede ise hareket ve davranış katmanı bulunmaktadır. Bu katmanda ise organizasyon tarafından belirlenen görev ve kısıtlar temsil edilmektedir.

Şekil 1. Zeki ajan mimarisi



Lou ve arkadaşlarının (2004) belirlediği ajan mimarisinde koordinasyon seviyesinde bulunan (Şekil 1) koordinasyon motoru, mesaj kutusu aracılığı ile gelen mesajların, değerlendirilerek planlayıcı ve zamanlayıcıya gönderilmesi gerektiğini

belirtmektedir. Fonksiyon modülü ise hareket ve davranış katmanının özelliklerini taşımaktadır. Kara tahta ise veri ve bilgi paylaşımını sağlayan ağ yapısını göstermektedir.

3.4 Ajanlar Arası İletişim ve Etkileşim Dilleri

Ajan İletişim Dilleri (Agent Communication Language), konuşma-edin kuramına (speech-act theory) dayanmaktadır.

Konuşma-edin kuramı, insanların iletişim amacıyla kullandığı dilleri eylemler topluluğu olarak görmektedir. İstekte bulunma, sorgulama, öneride bulunma, belirtim, tanımlama, betimleme, emir verme, söz verme, yanıt verme bu eylemlere örneklerdir.

Bir konuşma-edininde üç boyut bulunmaktadır.

- Söylemin biçimi: Konuşmacının kelimeleri kullanma biçimi, diğer bir deyişle söylemin fiziksel özellikleridir.
- Söylemin anlamı: Konuşmacının kelimeleri kullanma biçiminden çıkartılması gereken anlamdır. Söylemler, emir, istek veya soru kategorilerinde olabilmektedir.
- Söylemin eylemi: Dinleyicinin söylemi dinledikten sonra yerine getirdiği eylemdir

Konuşma-edin kuramına dayanan ajan iletişim dilleri, söylemleri "işletimsel (performative)" veya "iletişimsel edin (communicative act)" terimleri ile tanımlamaktadır. İleti gönderen ajan, iletiyi göndermekteki amacını (istek, sorgu, emir, bildirim, vb.) bir konuşma-edini ile açık olarak belirtmektedir. Böylece iletiyi alan ajan, iletiden çıkartılması gereken anlam konusunda hiçbir şüpheye düşmemekte ve ilgili konuşma-edinine karşılık gelen eylemlerde (eğer isterse ve şartlar sağlanmışsa) bulunmaktadır. Ajanlar arası iletişim dili özellikleri ise şu şekilde sıralanabilir;

- Sözdizimi okunabilir ve kolay anlaşılabilir olmalıdır.
- Taşıma katmanında kullanılan protokolden (TCP/IP, e-posta, http, vb.) bağımsız olmalıdır.
- Çoklu ajan sistemlerinde eşgüdüm amacıyla kullanılan anlaşma ağı (contract net), çok-ajanlı planlama gibi üst düzey protokollerden de bağımsız olmalıdır.
- Konuşma-edinlerine karşılık gelen işletimsellerin anlamları uygulama alanı ne olursa olsun tüm çoklu ajan sistemlerinde aynı olmalıdır.
- İletilmek istenen bilginin, iletinin içeriği (content) olarak adlandırılan kısmında ve belli bir içerik dili ile belli bir ontolojiye bağlı kalınarak oluşturulmasına izin vermelidir.

KQML (Knowledge Query Manipulation Language) dili, DARPA tarafından 1990'lı yıllarda başlatılan, endüstri ve akademiden onlarca araştırmacı tarafından yürütülen “Bilgi Paylaşım Çabaları” (Fikes vd., 1991) olarak adlandırılan projenin bir parçası olarak geliştirilmiştir.

KQML ajanlar arası iletişim için geliştirilmiş mesaj tabalı dildir. Mesajlar için ortak bir format tanımlanmıştır. Bütün Ek-1’de listelenen KQML mesajlarının ortak işletim işaretleri ve parametreleri vardır.

Sipariş yönetim ajanı ile stok yönetim ajanı arasında KQML mesajlaşma örneği;

(ask-all

:Sender Sipariş_Yönetim_Ajanı

:Receiver Stok_Yönetim_Ajanı

:Reply-with sorgu_no_1

```
:Language    SQL
:Content     (select fiyat from DizUstuBilgisayarlar_Tablo)
)
(tell
:Sender      Stok_Yönetim_Ajanı
:Receiver    Sipariş_Yönetim_Ajanı
:In-reply-to sorgu_no_1
:Language    XML
:Content     (<Model> HP PAVILLION DV5-1120 </Model>
              <Fiyat>2100YTL</Fiyat>
              <Model>HP PAVILION DV4-1000 </Model>
              <Fiyat>2600YTL</Fiyat>)
)
```

Fox ve Barbuceanu (1996) tarafından hazırlanan COOL, iletişim bileşenini içeren ve KQML dilinin geliştirilmiş versiyonudur. Cool bileşeninde KQML dilinin mesaj formatı temel alınmıştır. Fakat geliştiriciye istediği takdirde yeni tipler tanımlama şansı verilmektedir.

Kütüphane, yazılım geliştirilmesi için alt program ve sınıf tanımlamalarının koleksiyonudur. Kütüphaneler içerdiği kod ve veriler ile bağımsız yazılım geliştirilmesini sağlamaktadırlar.

FIPA'nın 1999 yılında ajan programlama üzerine başlattığı çalışmada ortaya çıkan ACL üç kütüphaneden oluşmaktadır. Bunlar;

- İletişimsel edin kütüphanesi
- İçerik dil kütüphanesi
- Etkileşim protokol kütüphanesidir.

FIPA ACL mesaj yapısında işletimsel, içerik, gönderici ve alıcı zorunlu alanları oluşturmaktadır. Diğer öğeler ise seçilebilir özelliktedir. Ek-2'de sunulan ACL mesajlarının bir örneği aşağıdaki gibidir;

Sipariş yönetim ajanı DV5-1120 numaralı dizüstü bilgisayar için stok yönetim ajanına soru gönderiyor.

(query-if

:sender (sipariş yönetim ajanı)

:receiver (stok yönetim ajanı)

:content (count(HP PAVILLION DV5-1120))

:reply-with mesaj_no_1

)

Stok yönetim ajanı mesaj_no_1 adlı mesaja cevap veriyor.

(inform

:sender (stok yönetim ajanı)

:receiver (sipariş yönetim ajanı)

:content (102)

:in-reply-to mesaj_no_1

)

3.5 Yapay Zekâ Yaklaşımları

Yapay zekânın zeki ajanlara bakış açıları Sycara ve arkadaşları (1998) tarafından şu şekilde sınıflandırılmıştır.

- Davranışsal yapay zekâ
- Tepkisel yapay zekâ
- Konumlandırılmış yapay zekâ

Ajan mimarileri yapay zekâ tarafından katmanlara ayrılmış, melez ve pratik akıl yürütme mimarileri ile incelenmektedir. Son yıllarda pratik akıl yürütme mimarisi ön plana çıkmaktadır.

Pratik akıl yürütme mimarisi insanlardaki pratik akıl yürütme teorisinden esinlenmiş bir mimari ile ortaya çıkarılmıştır (Jennings vd, (1998)). Kanaat, istek ve niyet karakteristiklerinden oluşmaktadır. Kanaatler ajanın çevresi hakkında sahip olduğu bilgiyi, istekler, ajan için mümkün olan seçenekleri, niyetler ise ajanların seçtiği kaynakların durumunu ifade etmektedir. Ajanların pratik akıl yürütmesi çevredeki bilgiden sürekli kanaatleri güncellemeyi, mümkün seçenekleri kararlaştırmayı ve yeni niyetleri belirlemek için seçenekleri filtrelemeyi ve niyetlere göre eylemlerde bulunmayı kapsamaktadır.

3.5.1 Ajan Temelli Sistemlerde Yapay Zekâ Yaklaşımı

Çoklu ajan temelli tedarik zincirinde birbirleri ile etkileşim içerisinde olan ajanların oluşturduğu ve kendi başlarına çözemeyecekleri problemleri çözmek için kullandıkları işbirlikçi sistemin yanı sıra genetik algoritmalar ve yapay sinir ağları yaklaşımlarıyla da problemler çözülmektedir.

Kavram olarak canlı organizmaların çevrelerine uyum sağlamasına benzeyen ve seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi üç temel işlemde oluşan genetik algoritmalar, çözüm uzayının büyük olduğu problemlerde kullanılmaktadır. Genetik algoritmalarda her çözüm bir dizi olarak kodlanmakta ve bireylerin yığını ile bir çözüme ulaşılmaktadır.

İki taraflı çoklu durum müzakeresi için genetik ajan tabanlı bir model öneren Choi ve arkadaşları (2001) genetik algoritmaları kapsayan ve stokastik tahmine dayalı, karşı öneriler ile rakiplerinin tercihlerini öğrenmeye çalışan müzakere ajanlar tanımlamışlardır. Bu ajanlardan 1 seviyeli ajan rakiplerinin faydaları ile ilgilenmekte 0 seviyeli ajan ise kendisi için olan faydayı ön planda tutmaktadır. Çalışmadaki temel amaç müzakerede iki tarafın da yararlarını en üst seviyede tutmak ve müzakere sürecini yöneten bir otomatik müzakereci geliştirmektir.

Huang ve Liang ise (2005) önerdikleri modelde talep ajanı tahminlerini genetik algoritmalar ile yapmaktadır. Genetik algoritma ile eldeki stok, tedarik edilmesi planlanmış olan stok, tedarik süresi ve iptal edilen siparişleri değerlendirerek talep miktarını hesaplamaktadır.

Yapay sinir ağları düşünme, öğrenme ve hatırlama gibi davranışların oluşmasını sağlayan hücrelerden yola çıkarak geliştirilmiş problem çözme sistemleridir. Yapay sinir ağlarının hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde

karşılaşılmayan girişler için, yapay sinir ağlarının karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Yapay sinir ağları, doğrusal olmama, öğrenme, genelleme, uyarlanabilirlik ve hata toleransı gibi özellikleri ile problem çözümünde etkin olmaktadır.

Yuan ve Chen (2001) elektronik müzakere süreçlerinde ortaya çıkan problemlere çözüm olabilecek öğrenme yeteneğine sahip olan ajan temelli bir model hazırlamışlardır.

Sevklı ve arkadaşları (2008) tedarikçi seçiminde melez metod önermişlerdir. Bu modelde yapay sinir ağlarını oluşturan nöronların bağlantı ağırlıklarını analitik hiyerarşi prosesleri ile belirlemektedirler.

Chiu ve Lin (2003) ise ajanları bulanık sinir ağlarında tedarik zincirindeki fonksiyonlarının benzerliklerine göre gruplamışlardır. Bu çok katmanlı yapı tedarik zincirindeki gibi müşteri talebini karşılamaya yönelik ajanların oluşturduğu bir sistem gibi geliştirilmiştir. Burada da ajanların kısıtları ve kapasiteleri ile sinir ağındaki bağlantı ağırlıkları belirlenmektedir.

Chen ve arkadaşları (2005) tedarikçi seçiminde kullanılan, tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesinde niceliksel ve niteliksel özellikleri göz önünde bulundurarak, bulanık mantık teorisi ile desteklenen çoklu kriterli karar verme modeli geliştirmişlerdir.

3.6 Zeki Ajanlar ve Çoklu Ajan Temelli Sistemler Üzerine Yapılan Çalışmalar

Yüksek öğretim kurulunun ulusal tez merkezinde yapılan taramalarda, zeki ajanlar ve çoklu ajan sistemleri üzerine çalışmalar bulunmasına rağmen (Tablo 4), zeki ajanların tedarik zincirindeki fonksiyonları veya tedarik zinciri yönetiminde alınan operasyonel kararlardaki rolleri üzerine herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Zeki ajanlar veya çoklu ajan sistemleri üzerine yapılan çalışmalar (Tablo 5), genellikle yapay zeka, zeki ajanların

özelliklerinden olan öğrenme, simülasyon ve ajanlar arası koordinasyon konuları üzerinedir.

Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada literatür incelenerek zeki ajanların tedarik zinciri yönetiminde operasyonel kararlardaki fonksiyonları, çoklu ajan temelli tedarik zinciri yönetimine yönelik yapay zeka yaklaşımları, tedarik zinciri yönetiminde sayısal yöntemlere dayalı performans ölçüm teknikleri incelenmiş ve çoklu ajan temelli tedarik zinciri yönetimi için bir model oluşturulmuştur.

Tablo 4. Türkiye’de zeki ajanlar ve çoklu ajan temelli sistemler konularında yapılan çalışmalar

Konu	Yüksek Lisans Tez Sayısı	Doktora Tez Sayısı
Zeki Ajanlar üzerine yapılan çalışmalar	11	6
Çoklu Ajan Sistemleri	9	1

Tablo 5. Zeki ajanlar ve çoklu ajan temelli sistemler üzerine yapılan çalışma konuları

Çalışmaların Konuları	Yüksek Lisans Tez Sayısı	Doktora Tez Sayısı
Üretim Kontrolü	2	2
Eğitim	2	
Sağlık	1	
Yapay Zekâ	9	3
Simülasyon	3	
Müzakere Sistemi	1	1
Planlama Sistemi	1	1
Satış Uygulaması	1	

4. ÇOKLU AJAN TEMELLİ GENEL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİM MODELİ

4.1 Modelin Oluşturulma Amacı ve Modelleme Aşamaları

Günümüzün büyüyen ekonomisinde, rekabet içerisinde olan şirketler, hızlı satın alabilen ve esnek siparişleri yerine getirebilen aynı zamanda her zaman müşteriye cevap verebilen tedarik zincirini oluşturmaktadırlar. Ortaya çıkan tedarik zincirlerinde bilginin farklı birimlerde dinamik, dağıtık ve farklı formatlarda bulunması ve bu birimlerin tedarik zincirindeki karar mekanizmalarını oluşturması şirketler arası gerçek zamanlı karar verme ve entegrasyonu zorunlu kılmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde kullanılan MRP II ve ERP sistemlerinin karmaşık operasyonların çözümüne fonksiyonellik katmasına rağmen, yazılımların kendisinin karmaşık hale gelmesi bu sistemlerin maliyetinin artmasına ve geliştirilme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Bu noktada işletmelerin ve tedarik zincirlerinin, kurulması ve geliştirilmesi daha basit olan dinamik sistemlere ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Daha önceleri bilginin statik olduğunu varsayan, elektronik veri transferi gibi teknolojileri kullanan sistemlerden sonra, daha gelişmiş, gerçek zamanlı karar verebilen ve belirsiz koşullara uyum sağlayan ajan temelli tedarik zinciri yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Temel özellikleri otonom, cevap verebilen, proaktif ve sosyal olan zeki ajanların oluşturduğu, küresel sistem kısıtları dâhilinde yerel kararlar alabilen birimler ile ortaya çıkan çoklu ajan sistemleri dağıtık yapay zekâ, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları ve matematiksel yöntemlerin yardımı ile tedarik zinciri yönetiminde operasyonel kararların alınmasında şirketlere rekabet şansı tanımaktadır.

Ortaya çıkarılan modelde ilk olarak tedarik zinciri yönetiminde operasyonel kararların alınması için, zeki ajanların etkili olacakları bileşenler ve görevleri belirlenmiştir. Daha sonraki adımda ise ajan temelli elektronik tedarik zinciri yönetiminde ortaya çıkan sistemin zekâsını ortaya çıkaran koordinasyonu oluşturan zeki ajanlar arasındaki ilişkiler ve bu ilişki için kullanılacak iletişim protokolü ve iletişim dili belirlenmiştir.

4.2 Entegre Tedarik Zinciri Çerçevesi

Çoklu ajan temelli elektronik tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirini oluşturan birimler, perakendeciler, dağıtım merkezleri, üretim alanları, tedarikçiler ve bu birimler (Şekil 2) arasında malzeme, bilgi ve para akışını sağlayan zeki ajanlar ile ortaya çıkmaktadır.

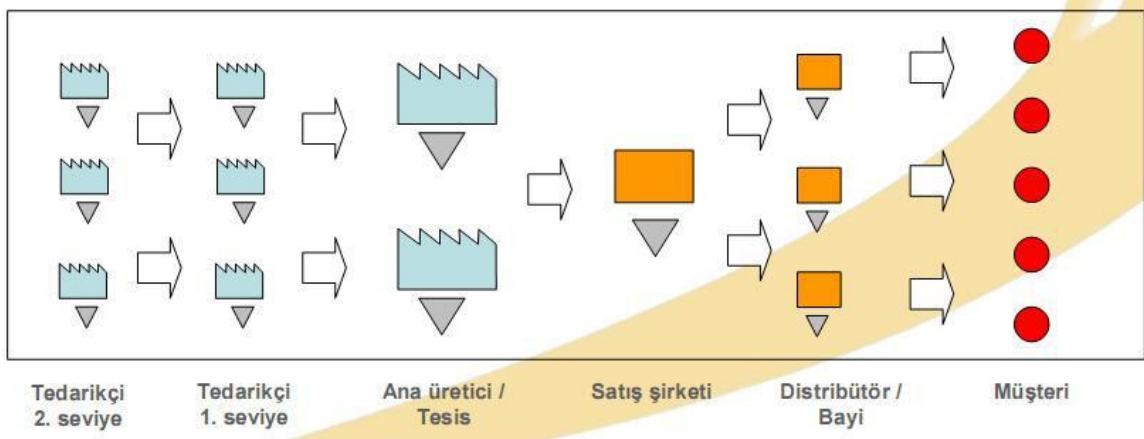
Perakendeci: Buradaki amaç müşteri siparişlerinin devir süresinin ve stok miktarının en alt düzeye indirilmesidir. Müşteriden gelen sipariş stoklarda varsa teslim edilmektedir, stokta yok ise dağıtım merkezi ile iletişime geçilerek ürün sipariş edilmektedir.

Dağıtım merkezi: Dağıtım merkezi üretim merkezinden gelen ürünleri teslim almakta ve gerekli perakendecilere teslim etmektedir. Bu birimdeki asıl amaç stok maliyetini azaltmaktır. Standart bir dağıtım merkezinde üretim merkezlerinden ve tedarikçilerden gelen ürünler yüklenmektedir. Perakendeciden gelen siparişler doğrultusunda ürünler gönderilmektedir.

Üretim Alanı: Perakendeciden veya dağıtım merkezinden gelen siparişler için üretim yapılmaktadır. Buradaki amaç en uygun tedarik miktarı, etkin stok yönetimi ve üretimdir. Üretim iki yöntem doğrultusunda yapılmaktadır. Bunlar itme ve çekme yöntemleridir. İtme yönetiminde üretim gelen siparişlere göre, çekme yönteminde ise talep tahmini doğrultusunda üretim yapılmaktadır.

Tedarikçiler: Amaç düşük teslimat süresi ve stoktur. Teslimat süresi, esnek düzenlemeler, maliyet paylaşımı ve müşteriler ile bilgi paylaşımı kistaslarına göre yapılan kontratlar ile çalışmaktadır.

Şekil 2. Entegre tedarik zinciri



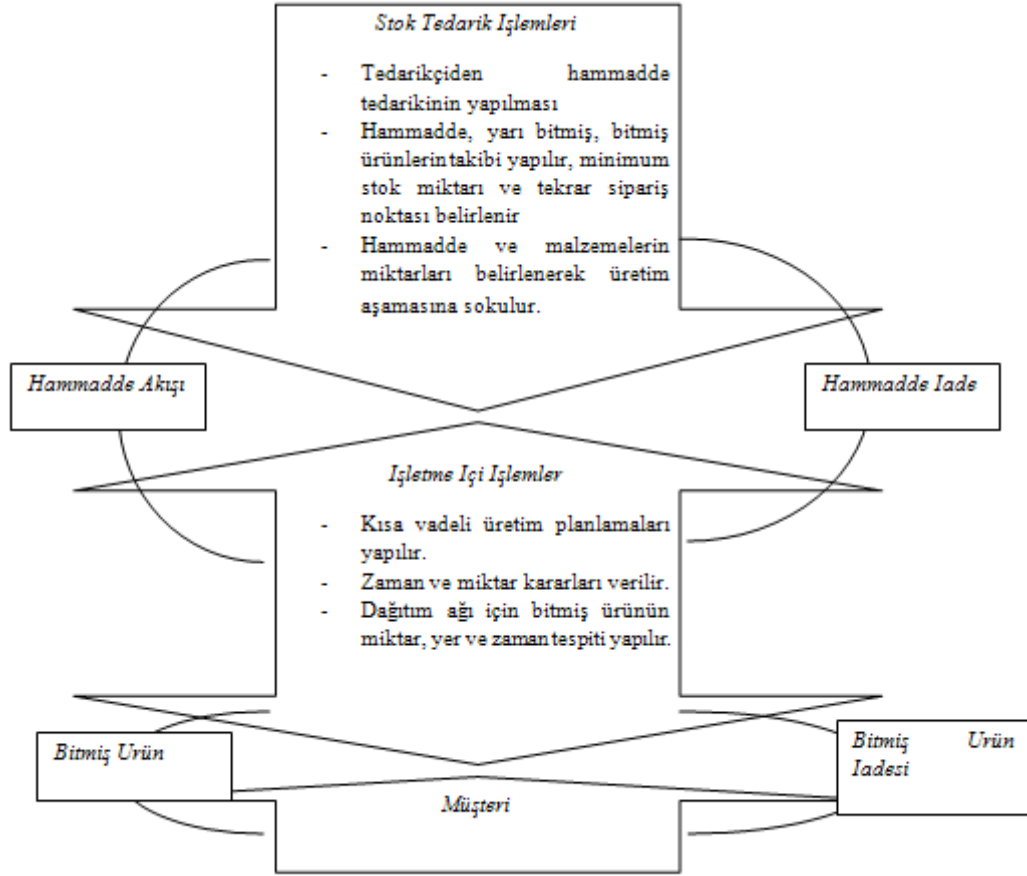
4.3 Tedarik Zincirinde Akışlar

Tedarik zincirinde akışlar Swaminathan ve arkadaşlarının (1996) belirttiği gibi tedarik malzeme, bilgi ve para akışları ile adlandırılmaktadır.

4.3.1 Malzeme Akışı

Bu kategorideki akış (Şekil 3) birimler arasındaki malzemelerin transferini içermektedir. Malzeme akışı tedarik zincirindeki diğer akışları da tetiklemektedir. Zincirde meydana gelecek malzeme akışı aynı zamanda para akışına neden olmakta ve ajanların koordinasyonu sonucunda bilgi akışına da neden olmaktadır. Malzeme akışı tedarikçi ile müşteri arasında veya tedarikçi, dağıtım merkezi ve perakendeci aracılığı ile de yapılabilmektedir.

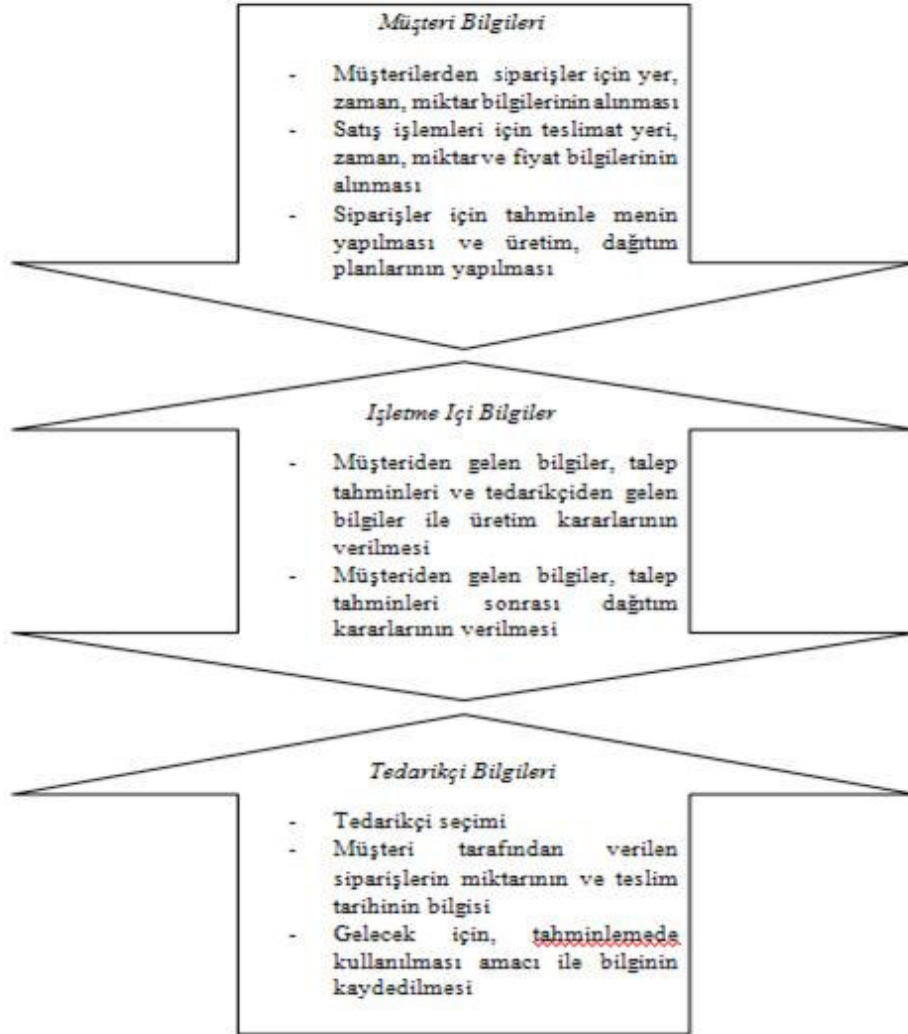
Şekil 3. Malzeme akış şeması



4.3.2 Bilgi Akışı

Ajanlar arasındaki bilgi akışı tanımlanmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü gibi ürünler için talep, kapasite, talep-tahmin bilgisi ve tedarikçi ile ilgili bilgi ve sipariş güncellemesi ve sipariş iptali de bu bilgi akışı içerisinde yer almaktadır.

Şekil 4. Bilgi akış şeması



4.3.3 Para Akışı

Ürünlerin taşınması ve teslim edilmesi sonucunda müşteri ve müşterinin tedarikçisi, üretici ve üreticinin tedarikçisi arasındaki para akışını (Şekil 5) içermektedir.

Şekil 5. Para akış şeması



4.4 Zeki Ajanların Tedarik Zincirindeki Fonksiyonları

Zeki ajanların tedarik zincirindeki rollerini belirlemek için tedarik zincirindeki temel işlemler ve görevler belirlenmelidir. Bu noktada Shaw ve arkadaşlarının (1998) belirttiği gibi tedarik zincirindeki işlemleri üç ana gruba ayırabiliriz. Bunlar, ürün geliştirme, siparişlerin yönetimi ve müşteri servisi olarak sıralanabilir. Siparişlerin yönetimi farklı birimler ile koordinasyonu ile gerçekleşmektedir. Siparişlerin karşılanması için gerçekleştirilen ana aktiviteleri şu şekilde tanımlayabiliriz;

- 1) Üretim, üretim planlaması, malzeme planlaması, kapasite planlaması ve çalışan planlamasıdır.
- 2) Siparişlerin karşılanması ve değerlendirilmesidir.
- 3) Dağıtım, lojistik, stok yönetimi, ürün transferidir.

Tedarik zincirinde zeki ajanların alacakları kararlar bu üç ana grubun altında değerlendirilebilmektedir.

Modelde ajanların tedarik zincirindeki görevleri tanımlanırken Swaminathan ve arkadaşlarının (1996) tedarik zinciri yönetim modelinde belirtildiği gibi ajanlar yapısal ve kontrol ajanları olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır. Yapısal ajanların modeldeki görevleri tedarik zincirindeki operasyonel kararların alınması ve yürütülmesi, kontrol ajanlarının görevleri ise sistemde üretimi, ürün transferlerini, siparişlerin karşılanmasının etkinliğini kolaylaştırmak ve arttırmak için sistemdeki malzeme ve bilgi akışını hızlandırmaktır.

Ayrıca Wilhelm ve arkadaşlarının (1999) belirttiği gibi bütün firmaların kendi ilgileri ve hedefleri olması nedeni ile firmaların kendi çıkarları yönünde hareket etmesi, ajanların işbirliği içerisinde çalışmasını zorlaştırmaktadır. Gerçek ve dışı açık bir çevrede firmalar kendi kararlarına göre sisteme dâhil olabilmekte veya sistemden ayrılabilirler. Sonuç olarak yapısal ajanlar işbirliğini dinamik yollarla sağlamalıdır. Bu nedenle ortaya çıkarılan model müzakere tabanlı dinamik bir modeldir.

Bu modelde yapısal ajanların müzakereleri birbirleri ile direkt değil, kontrol ajanları aracılığı ile olmaktadır.

4.4.1 Yapısal Ajanlar

Yapısal ajanları üretim ve transfer ajanları oluşturmaktadır. Bu yapısal ajanlar Fox ve arkadaşlarının (2000) belirttiği gibi tedarik zincirinde operasyonel işlemlerde görev almakta ve karar mekanizmasını oluşturmaktadırlar.

Sipariş Yönetim Ajansı: Bu ajanın görevi gelen siparişlerin karşılanmak, siparişler hakkında fiyat, teslimat tarihi, miktar gibi detaylı bilgileri almak, siparişi üst tedarikçilere bildirmek ve kontrol ajanları ile iletişim kurarak müşteriye teslimat süresi ile ilgili bilgi vermektir. Sipariş yönetim ajanının diğer görevlerinden bir tanesi de müşteriden gelen isteklerin iptal olması veya değişmesi durumunda, bu bilgileri lojistik, talep tahmin ve stok kontrol ajanına iletmektir. Ayrıca tedarik zincirindeki üretimde veya malzeme tedarikinde bir sorun nedeniyle ortaya çıkacak gecikme durumunda müşteri ile müzakereleri yapmaktadır.

Malzeme Planlama Ajansı: Malzeme planlama ajanının üç önemli rolü bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, üretim işlemleri için gerekli malzeme planlarının Kumar ve arkadaşlarının (2005) geliştirdiği kısıt tabanlı malzeme ihtiyaç belirleme yöntemi ile belirlemek, stokların dağıtımını sağlamak ve tedarikçilerden malzemelerin satın alınması için fiyat, kontrat uzunluğu, miktar, ceza ve tedarik süresi gibi kriterleri belirlemektir.

Malzeme ihtiyaç belirleme yöntemine göre, siparişler kısıtlar ve öncelik kriterleri göz önüne alınarak verilir.

Üretim Planlama Ajansı: Üretim planlama ajanının görevi gelen siparişler için (sipariş yönetim ajanından) teslimat tarihi, kapasite ve malzeme kısıtları ile üretim planlaması yaparak üretimin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemektir. Ayrıca üretim için görevlerin alt görevlere ayrılması üretim planlama ajanı tarafından yapılmaktadır.

Kapasite Planlama Ajanı: Üretim sistemlerinin tüketim kapasitesi ile ilgili bilgileri kaydederek, araç ve makinelerin bakım planlamasını yapmaktadır. Bir diğer görevi ise üretim sistemindeki araç ve makinelerin kullanım maliyetlerini üretim planlama ajanına iletmektir.

Üretim Alanı Planlama Ajanı: Üretim alanındaki donanım, makine, operatörler, malzeme taşıma-yükleme araçları, enerji, dokümantasyon ve işgücünün, üretim planlama ajanı tarafından belirlenen işlere atanması kararlarını vermektedir. Ayrıca üretim alanında üretim kapasitesinin kullanım oranının kapasite planlama ajanına iletmektedir.

Üretim Ajanı: Ortaya çıkan üretim planlarını girdileri kullanarak işleme sokmaktadır.

Transfer Ajanı: Transfer araçları ile oluşmaktadır. Lojistik ajanı tarafından belirlenen taşıma görevlerine gerekli kapasitede ve hızdaki transfer araçlarına atama ve bunların zamanlamasından sorumludur.

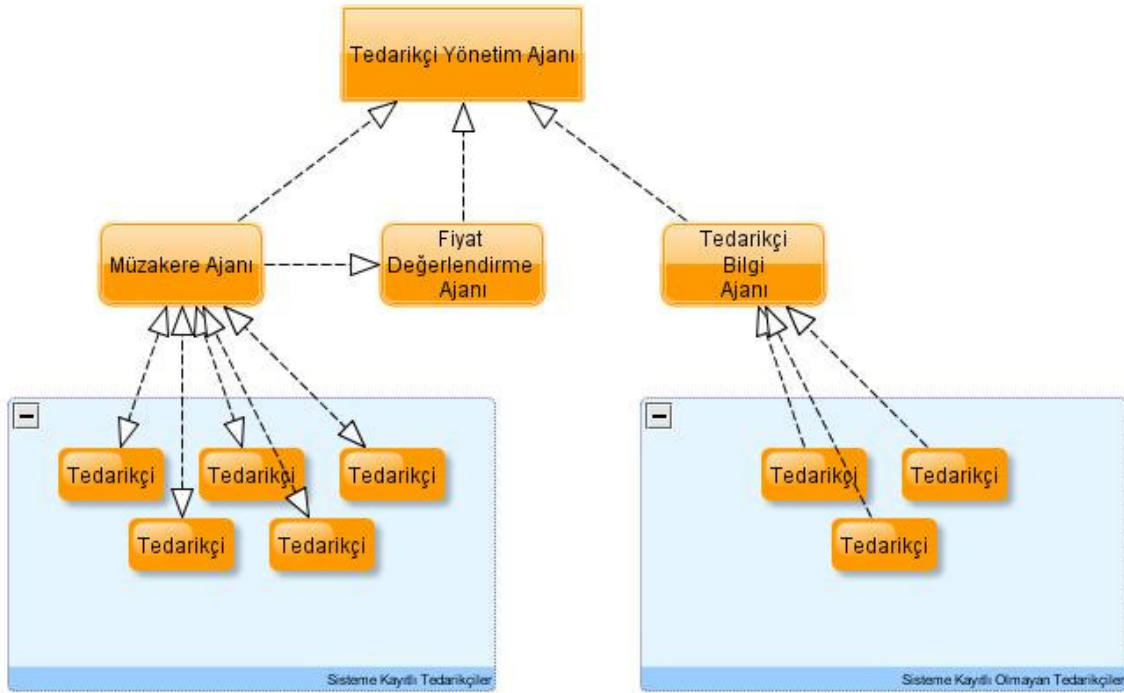
4.4.2 Kontrol Ajanları

Kontrol ajanları tedarik zinciri içerisindeki malzeme, bilgi ve para akışını sağlamakta ve bu sayede sistem etkinliği artmaktadır,

Stok Yönetim Ajanı: Stoklar ile ilgili kararları vermektedir. Bunlar stok kayıtlarının tutulması, tekrar sipariş noktasının belirlenmesi ve diğer ajanlar tarafından gelen mevcut stok durumu ile ilgili sorguların cevaplanmasıdır.

Tedarikçi Yönetim Ajanı: Tedarikçi yönetim ajanının görevi malzeme planlama ajanı tarafından belirlenen kısıtlar dâhilinde tedarikçiler ile müzakerelerin yapılması ve sonucun malzeme planlama ajanına iletilmesidir.

Şekil 6. Tedarikçi yönetim ajanı



Tedarikçi yönetim ajanı Wilhelm ve arkadaşlarının (1999) belirttiği gibi dinamik bir yapıya sahiptir. Tedarikçiler sisteme, tedarikçi yönetim ajanına yeteneklerini bildirerek kayıt olmaktadır. Bu dinamik yapı sayesinde işletmeler istekleri doğrultusunda sisteme dâhil olabilmekte veya sistemden ayrılabilirler. Shin ve Jung'un (2004) belirttiği tedarikçi yönetim ajanının yapısı müzakere ve fiyat değerlendirme ajanlarından oluşmaktadır. Bu modeldeki tedarikçi yönetim ajanı ek olarak tedarikçi bilgi ajanına (Şekil 6) sahiptir. Sisteme dâhil olmak isteyen birimler tedarikçi bilgi ajanına kayıt olduktan sonra, müzakere ajanından gelen tekliflere cevap vermektedirler. Fiyat değerlendirme ajanı ise gelen teklifleri değerlendirdikten sonra sonucu malzeme ajanına iletmektedir.

Lojistik Ajanı (Malzeme Akış Ajanı): Lojistik ajanı tedarik zincirinde tedarikçiden müşteriye kadar olan malzeme akışında, taşınacak olan ürünlerin özelliklerine göre ve transfer ajanından gelen bilgiler doğrultusunda taşıma rotalarını belirleyerek ürünlerin zamanında teslim edilmesini ve maliyetlerin en aza indirilmesini sağlamaktadır.

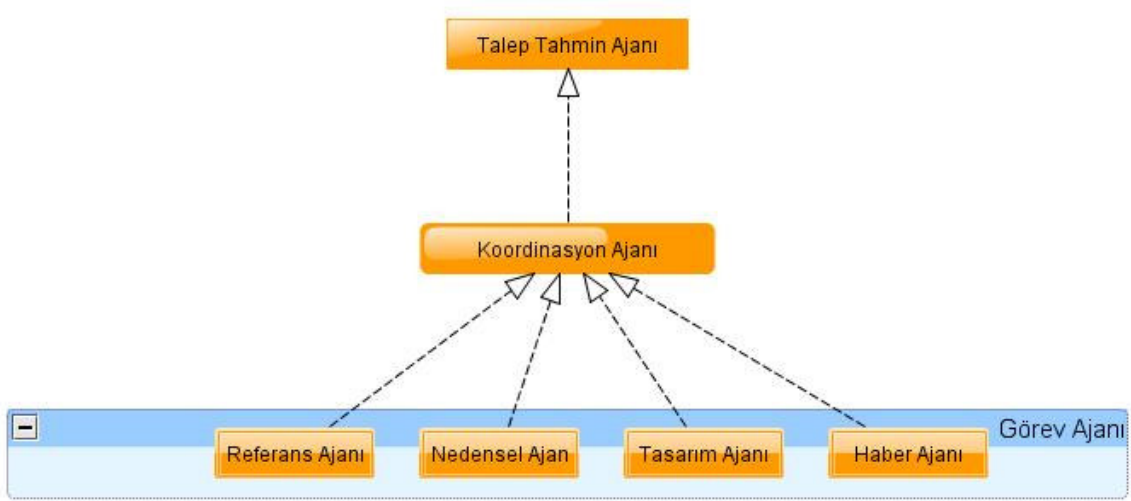
Talep Tahmin Ajanı: Talep tahmin ajanı itme ve çekme sistemlerinde de doğru karar vermek için ileri dönük, istatistiksel bilgileri kullanarak talep tahmini yapmaktadır. İtme sistemlerinde üretim kararları talep tahminlerine dayanmaktadır. Çekme sistemlerinde ise malzeme tedariki ve kapasite planlamasında talep tahmini önemli rol oynamaktadır. Talep bilgisinin sadece müşteri ile perakendeci arasında olması nedeniyle, müşteri taleplerindeki küçük değişiklikler, tedarik zinciri yönetiminde kamçı etkisi gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle talep tahminlerinin tedarik zincirinde her aşamada yapılması, tek bir noktada verilen kararın hata payının ve belirsizliğin azalmasını sağlamaktadır.

Geleneksel tahmin yöntemlerinden olan hareketli ortalama, özbağımlı (Autoregressive) ve öz bağımlı yürüyen ortalama geleceğe dönük tahmin oluşturmada geçmiş verilerden yararlanmaktadır. Bu noktada karşımıza zaman serilerinin karakteristik özelliklerine göre uygun metodu seçme sorunu çıkmaktadır. Venkatachalam ve Sohl (1999) geleneksel tahmin yöntemlerinde bulunmayan öğrenme yeteneğine sahip olan yapay sinir ağlarını, yöntem seçme prosedürü olarak belirlemiştir. Bu prosedürde yapay sinir ağları talep tahmini değil tahmin yöntemi seçimi yapmaktadır. Müşteri davranışlarının değiştiği durumlarda zaman serileri yöntemleri talep tahmininde doğru sonuçları verememektedir. Bu durumlarda talep ile bağımsız değişkenler arasında ilişki kuran nedensel tahmin oluşturma yöntemlerinden olan regresyon analizi kullanılmaktadır.

Ortaya çıkarılan modelde her birimin kendi talep tahmin ajanı bulunmakta ve birimler arası bilgi paylaşımı ile ortaya çıkan veriler ile talep tahmin yöntemleri kullanılarak her birim kendi tahminlerini oluşturmaktadır.

Tedarik zincirindeki her birimde bulunan talep tahmin ajanı Wen-Bin'in (2003) geliştirdiği ajan temelli talep tahmin sistemindeki (Şekil 7) görev ajanları ve koordinasyon ajanlarından oluşmaktadır.

Şekil 7. Talep tahmin ajanı



Görev ajanları: Referans ajanı, nedensel ajan, tasarım ajanı ve haber ajanından oluşmaktadır. Referans ajanı geleneksel tahmin yöntemlerini kullanarak geçmiş veriler ile talep tahmini yapmaktadır. Nedensel ajan tedarik zincirinde talebi etkileyen bağımsız faktörleri göz önüne alarak talep tahmini yapmaktadır. Tasarım ajanı talebi etkileyen tasarım eşleştirme algoritmalarını uygulamaktadır. Bir başka deyişle geleceğe dönük yapılan tahminlere karşılık verebilmek için satış promosyonu, reklam veya pozitif tanıtım gibi stratejilerden hangisinin kullanılmasına gerektiğine karar vermektedir. Son olarak haber ajanı, internet gibi dış kaynaklardan talep tahminini etkileyecek haberleri talep tahmin ajanına iletmektedir.

Koordinasyon ajanı çeşitli görev ajanlarından gelen sonuçların ağırlıklı değerlendirilmesini yaparak talep tahmin ajanına iletmektedir.

4.5 Ajanlar Arası Etkileşimler ve İş Akışları

Tedarik zincirinde ajanlar arasındaki etkileşimi iki seviyede değerlendirmek gereklidir. Bunlar üretim ile ilgili yeteneği olmayan, son kullanıcı ile direk ilişkili olan perakendeci ve perakendeciye stok sağlayan dağıtım merkezi ile sistemde üretimi sağlayan tedarikçilerdir.

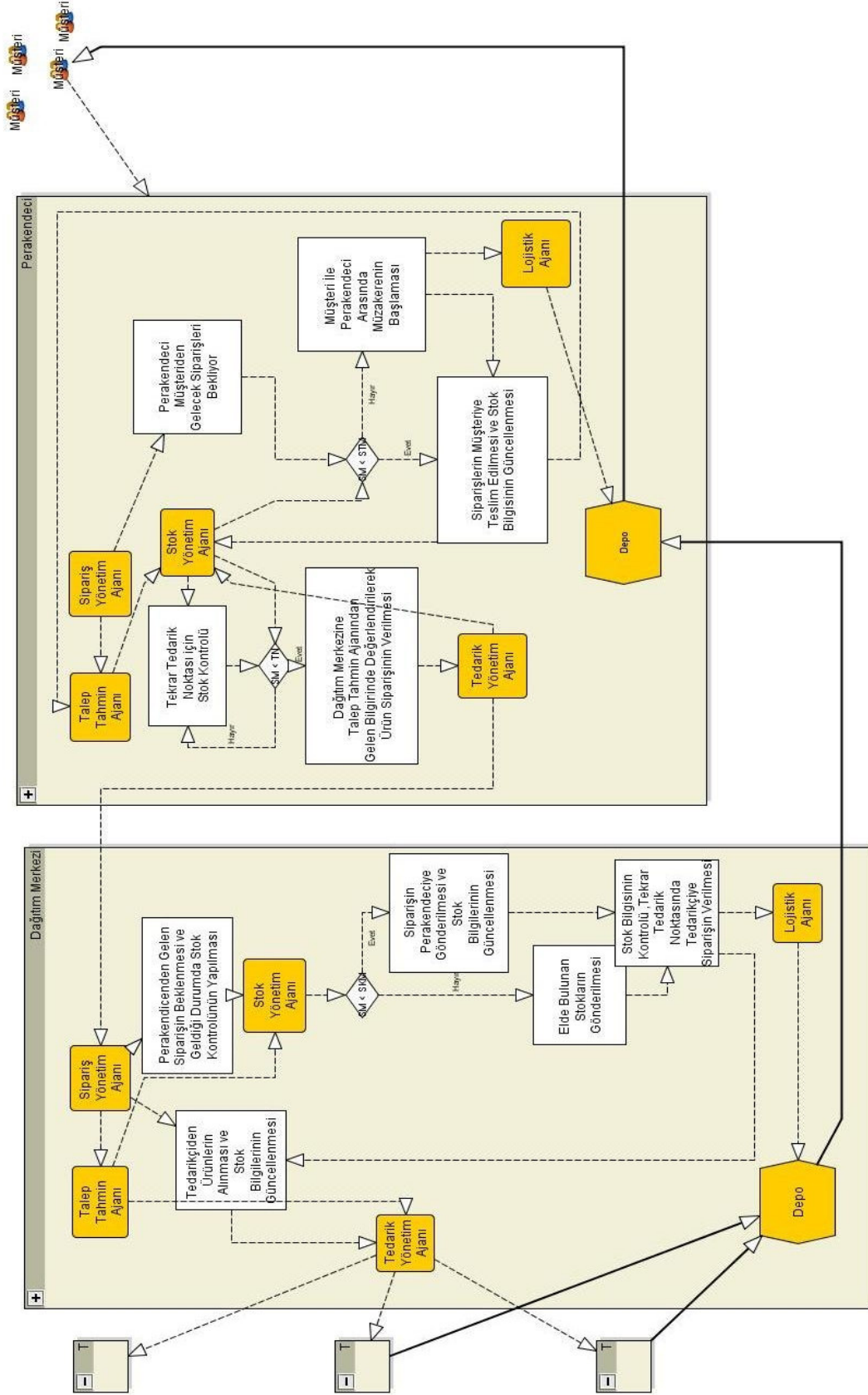
4.5.1 Perakendeci ve Tedarikçiler Arasındaki Bilgi Paylaşımı ve İş Akışları

Müşteriden gelen sipariş, perakendecide sipariş karşılama ajanı tarafından değerlendirilmektedir. Sipariş karşılama ajanı müşteriden aldığı siparişi bilgi olarak talep tahmin ajanına iletmektedir. Daha sonra siparişi karşılamak için gerekli stokun sorgusu stok kontrol ajanı aracılığı ile yapılmaktadır. Şekil 8’de görüldüğü gibi bu noktadan sonra karşımıza iki durum çıkmaktadır;

- 1) İstenilen ürün stoklarda var ise sipariş stoktan karşılanmaktadır. Stok güncellemesi yapıldıktan sonra stok yönetim ajanı stok miktarının güvenli seviyenin altına inip inmediğini kontrol etmektedir. Stok güvenli seviyenin altında ise 2. aşamadan işlemler devam etmektedir.
- 2) İstenilen ürün stoklarda yok ise, talep tahmin ajanından gelen bilgilerin değerlendirilmesi ile yeni ürün için tedarik yönetim ajanı dağıtım merkezleri ile müzakere işlemlerini başlatmaktadır.

Ürünlerin dağıtım merkezi ile perakendeci ve perakendeci ile müşteri arasında iletilmesini lojistik ajanı sağlamaktadır. Transfer ajanı lojistik ajanın verdiği görevler sonucunda, ürünlerin uygun taşıma araçları ve rotalar ile taşınmasını sağlamaktadır.

Şekil 8. Dağıtım merkezi ve perakendeci ilişkisi



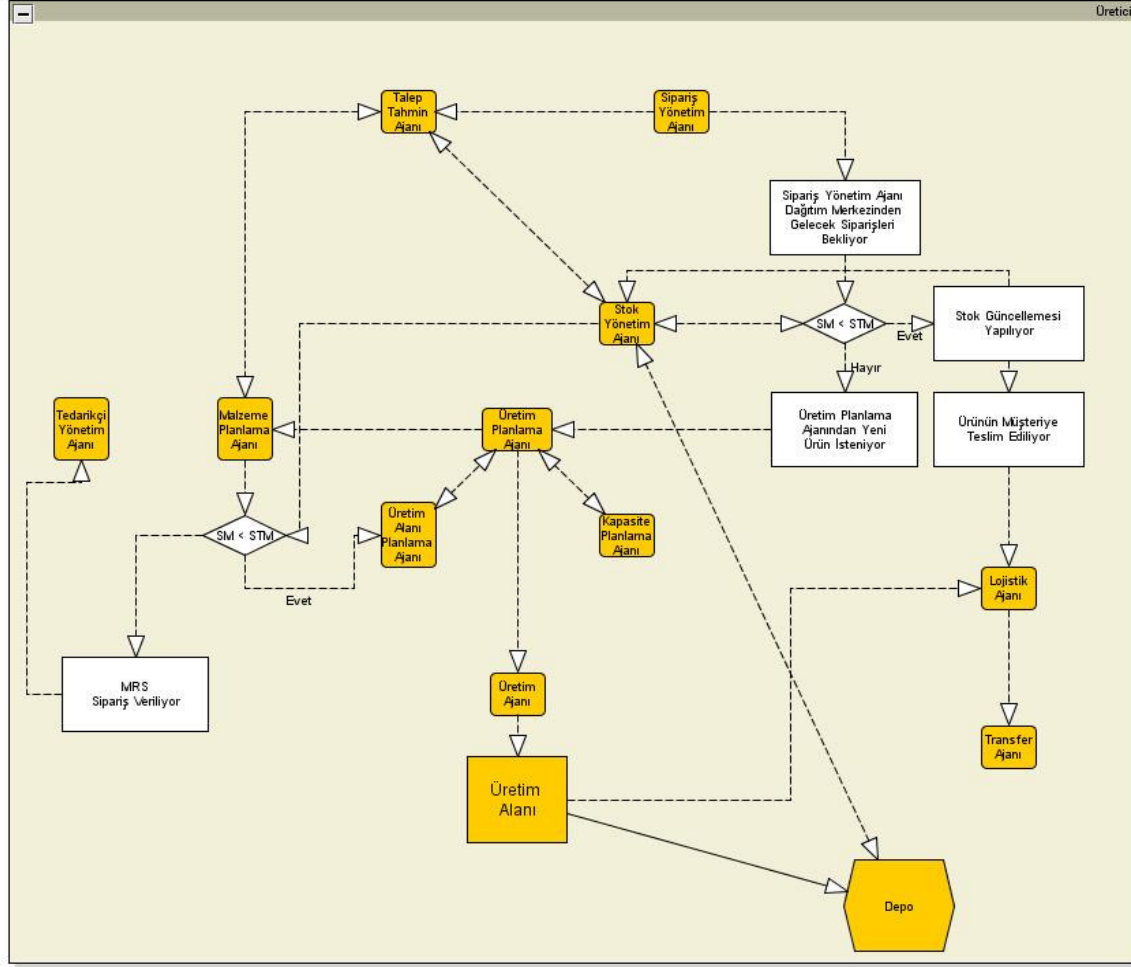
4.5.2 Üretici ve Tedarikçiler Arası Bilgi Paylaşımı ve İş Akışı

Global üretim ve lojistiği etkileyen en önemli etken, üreticilerin geleneksel stok için üretim stratejisinden talep için üretim stratejisine geçmeleridir. Üreticilerin taleplerdeki belirsizlik ve yüksek stok ile çalışma maliyeti nedeniyle dış kaynak kullanımına yönelmeleri sonucunda tedarik zincirinin dinamik bir şekilde tasarlanması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Önerilen modelde, müşterinin perakendeci ile ve perakendecilerin dağıtım merkezleri ile müzakereleri sonucunda ortaya çıkan siparişlerin karşılanması için ilk olarak üretici işletmede stok kontrolü, tedarik ve tahmin mekanizmaları açıklanmıştır.

Şekil 9’da görüldüğü üzere tedarik zincirindeki bir birim çeşitli sayıda zeki ajandan oluşmaktadır. Her birinin farklı fonksiyonu olan zeki ajanlar, firmaların dış çevre ile iletişimini kurmakta, malzeme tedariki sağlamakta ve müşterilerine servis sağlamaktadırlar. Şekil 10’da basit bir tedarik zincirinde işletmeler arasındaki bilgi akışı görünmektedir. İşletmelerin her biri aynı çoklu ajan mimarisine sahiptir. Parunak ve Sauter’in (1999) geliştirdiği görev planlaması için ajan ağları (Agent Networks for Task Scheduling) adlı mimaride belirttikleri gibi, tedarik zincirinde her birimin girdilere ihtiyacı vardır ve bunun sonucunda bir çıktıyı üretmektedir. Ortaya çıkan bu sonuç bir diğer birimin girdisi olmaktadır. Yani tedarik zincirinde bir işletme, bir işletmenin tedarikçisi iken diğer işletmenin müşterisi olabilmektedir. Bu nedenle her işletmede bir sipariş yönetim ajanı ve tedarikçi bilgi yönetim ajanı bulunmaktadır.

Şekil 9. Ajanlar arası bilgi ve malzeme akışı



Müşteriden gelen sipariş, sipariş yönetim ajanına iletilmektedir. Sipariş yönetim ajanı müşteri siparişinin miktar, teslimat süresi gibi kriterlerine göre stok yönetim ajanı ile müzakereler yapmakta, bunun sonucunda karşımıza iki durum çıkmaktadır;

- 1) Sipariş edilen ürün stoklarda var ise müşteriye lojistik ajanından alınan transfer süresi bilgisine göre teslimat tarihi bildirilmektedir.
- 2) Sipariş edilen ürün stoklarda yok ise, sipariş yönetim ajanı sipariş bilgisini üretim planlama ajanına iletmektedir. Üretim planlama ajanı kapasite yönetim ajanı, üretim bölümü yönetim ajanı ve malzeme yönetim ajanından aldığı bilgiler doğrultusunda üretim ve zamanlama planlarını yaparak sipariş yönetim ajanına teslimat süresini bildirmektedir.

Karşımıza çıkan iki durumda da sipariş bilgileri talep tahmin ajanına iletilmektedir. Ayrıca stok yönetim ajanı birinci durumda stoktan sipariş verildiği için, stokların güvenlik stoku seviyesinde olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer stok güvenlik stoku sınırının altında ise stok yönetim ajanı üretim planlama ajanına gerekli stokun sağlanması için istek göndermektedir.

Sistemin işleyişini üretim ve malzeme tedariki açısından ele alırsak, üretim planlama ajanı, kapasite yönetim ajanı, üretim bölümü yönetim ajanı ve stok yönetim ajanından aldığı kişisel bilgiler doğrultusunda üretim ajanına gerekli üretim planlarını iletmektedir. Üretim ajanı da üretim için gerekli olan alt işlemleri belirlemekte ve diğer ajanlara iletmektedir.

Üretim için gerekli olan malzemeye ihtiyaç duyulması durumunda malzeme yönetim ajanı malzeme ihtiyaç belirleme sistemi ile istenilen malzemenin miktarı, fiyatı, kalite seviyesi gibi kriterleri belirlemektedir. Bu kriterlerin belirlenmesinde MRS (Material Requirement Specification) kısıtları ve öncelikleri rol oynamaktadır.

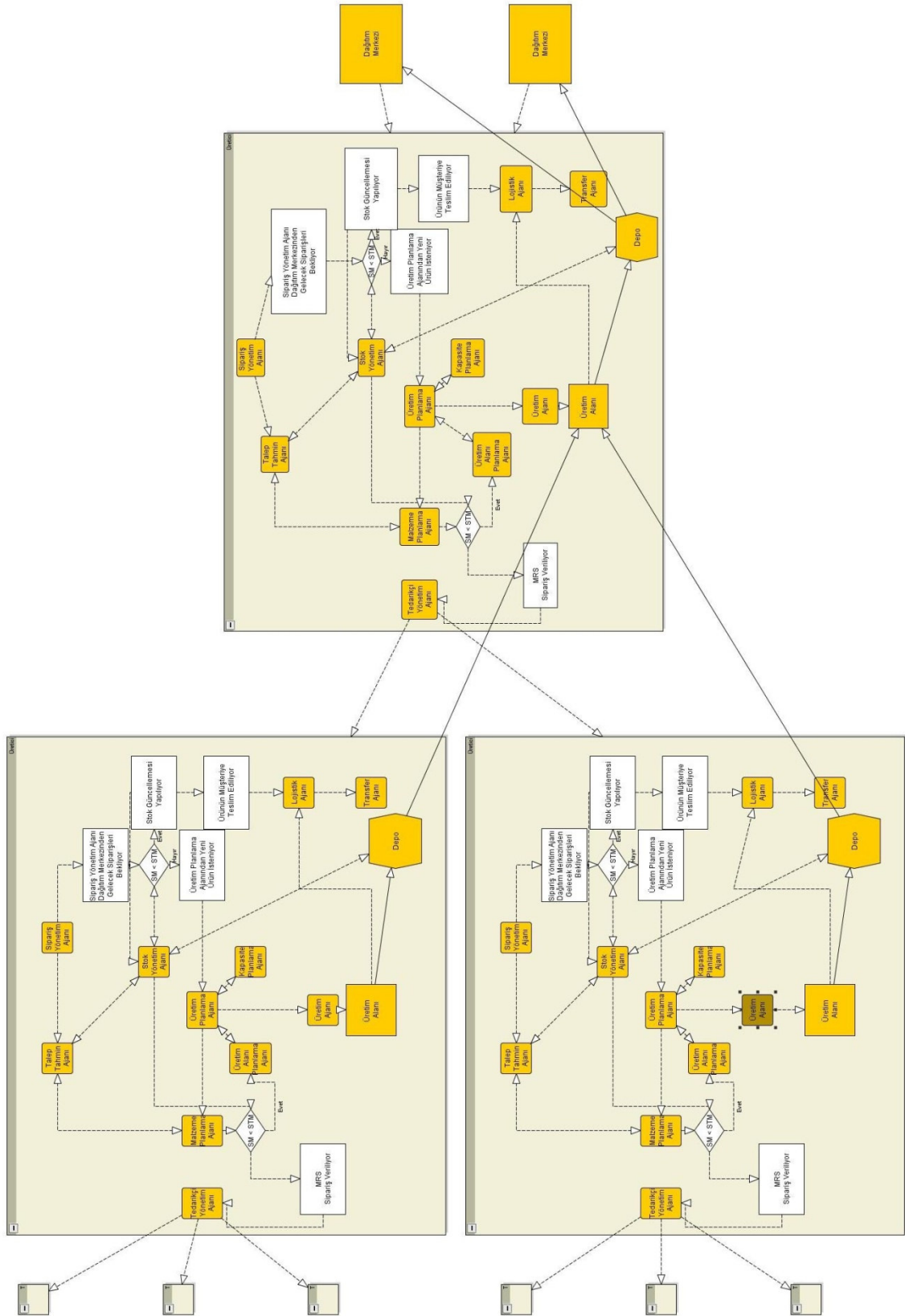
MRS kısıtları: Müşteri tarafından sipariş edilen ürün için gerekli olan bileşenler farklı tedarikçilerden tedarik edilebilir. Tedarik edilecek olan alt bileşenlerin birbirleri ile olan ilişkileri, yani üretim aşamasındaki bağımlılıkları, alt bileşenlerin tedarik miktarlarını, tedarik sürelerini etkilemektedir. A ürünün alt bileşenlerini B ve C ürünleri olarak düşünersek, A ürününü ortaya çıkarmak için B ürününden iki birim ve C ürününden dört birim gerekmektedir. Aynı zamanda B ürününün teslim tarihinden sonra C ürününün en az bir hafta içerisinde teslim edilmek zorunda olması da bir kısıt oluşturmaktadır.

MRS öncelik: Tedarik müzakereleri sırasında uygunsuzluk problemlerinden sakınmak için, siparişlerin farklı müzakere durumlarında güncellenebilmesi gerekmektedir. Üretim için gerekli olan ve kendisine bağlı diğer bileşenlerin olduğu bir siparişin önceliği bağımsız bir siparişe göre daha fazladır ve uyarlanabilme esnekliği daha azdır. Siparişlerin

öncelikleri kritik, normal ve standart olarak sınıflandırılmaktadır. Örnek olarak A ürününün üretilebilmesi için B, C ve D alt bileşenlerinin tedarik edilmesinin gerektiği bir durumda, B ürünü olmadan C ve D ürünleri kullanılmamaktadır. Bu nedenle B ürünün tarih ve miktar özelliklerinde bir değişiklik yapılamamaktadır ve bu ürünün önceliği kritik olarak belirlenmektedir. D ürününün kullanılabilmesi için ise C ürününün tedarik edilmesi gerekmektedir. C ürünün önceliği de normaldir. D ürünü ise bağımsız olduğu için standart olarak belirlenmektedir.

Tedarikçi yönetim ajanı kendisine kayıt olan tedarikçi ajanlara isteği iletmektedir. Tedarikçi ajanlar kendi işletmelerinin kısıtlarına göre tedarik yönetim ajanına tekliflerini sunmaktadırlar. Tedarik yönetim ajanı da bu tekliflerden en uygun olanını değerlendirerek malzeme yönetim ajanına tedarik sürecini bildirmektedir. Sonuç malzeme yönetim ajanının kısıtları ile çakışıyorsa, malzeme yönetim ajanının güncellenmiş siparişi için, katılımcı ajanlara tekrar teklif göndermektedir. Karşılıklı müzakereler sonucunda tedarik edilen ürün talep tahmin ajanına ve lojistik ajanına bildirildikten sonra transfer ajanı aracılığı ile transferi gerçekleştirilmektedir.

Şekil 10. Birimler arası bilgi ve malzeme akışı



4.6 Anlaşma Ağı Protokolü

Smith (1980) tarafından geliştirilen anlaşma ağı protokolü elektronik pazarda ürün alım satımı ve dağıtık problem çözümünde kullanılmaktadır.

Anlaşma ağı protokolü dağıtık problem çözümleri arasında iletişimi sağlayan yüksek seviyeli protokoldür. İşbirliğine dayalı dağıtık görevlerin kontrolünü kolaylaştırmaktadır. Anlaşma ağı protokolü geleneksel protokollerin aksine sadece veri aktarmamakta, aktarılan bilginin semantiğini de değerlendirmektedir.

Anlaşma ağı protokolünde ajanlar iki rol üstlenmektedirler. Bunlar “yönetici” ve “yüklenici” olarak tanımlanmıştır. Gerçekleştirilmek üzere bir rol verildiğinde, ajan ilk olarak görevin koşut zamanlı gerçekleştirilecek alt görevlere bölünüp bölünmeyeceğini belirlemektedir. O ajan, anlaşma ağı protokolünü, transfer edilebilecek görevleri ve modüllerden bu görevlerin herhangi birini gerçekleştirip gerçekleştiremeyecekleri yönünde teklif isteği duyurmak için kullanmaktadır. Görev duyurusunu alan modül, kendisinin görevi nasıl yerine getireceğini düşünüyorsa, o göreve ilişkin önerisini cevaben bildirmektedir. Yönetici ajan önerileri toplayarak görevi en iyi öneriyi getirene vermektedir. Anlaşma ağı, Smith (1980) tarafından sorgulama tekniği olarak geliştirilmiş olmasına rağmen, görev atama için de bir koordinasyon metodu olarak kullanılabilir. Protokol dinamik görev atamasını olanaklı kılmakta, aynı anda ajanların çok sayıdaki göreve teklif getirmesini sağlamakta ve doğal bir yüklenme dengesi sağlamaktadır. Yani meşgul ajanlar teklif getirmemektedir.

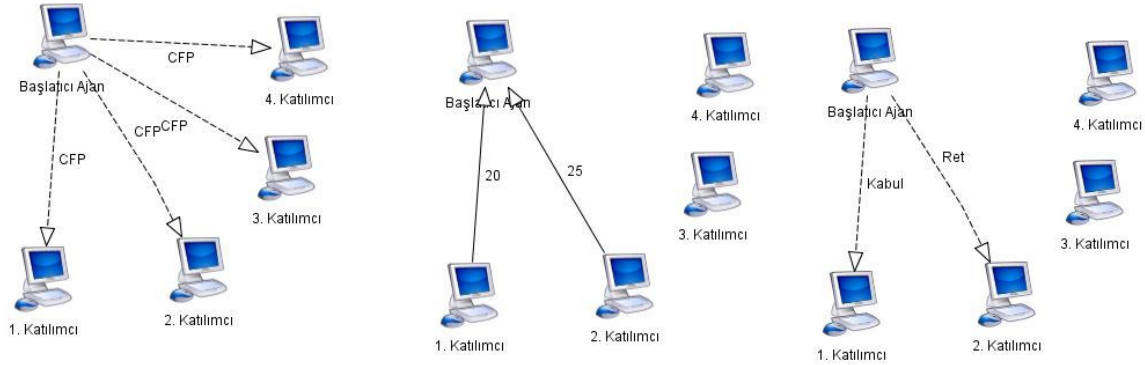
Anlaşma ağı protokolünde müzakereler için altı adet edimsel servis tanımlanmıştır.

Tablo 6. Kontrat net protokolü servisleri

Accept	Bir önce gönderilen teklifin kabul edilmesi
Terminate	Müzakere işlemlerinin sona erdirilmesi
Call for Proposal	Görev için teklif istenmesi
Call for Bidding	Birden çok ajana fiyat teklifi gönderilmesi
Send Proposal	İstenilen görev için teklif gönderilmesi
Send Counter – Proposal	Önceki teklife cevap gönderilmesi

Şekil 11’de görüldüğü gibi bu protokolde yönetici ajan yüklenici ajana CFP (Call For Proposal) mesajı göndermektedir. Her yüklenici ajan CFP’leri görmekte ve bu mesaja karşın kendi kısıtlarını değerlendirerek cevap vermektedir. Yönetici ajan ise yüklenici ajarlardan gelen teklifleri değerlendirerek kendisi için en uygun teklifi veren yüklenici ajana karşı teklifi kabul ettiğine dair mesaj göndermektedir. Diğer ajanlara ise ret mesajı göndererek müzakereyi bitirmektedir.

Şekil 11. Kontrat ağ protokolü mesaj akışı



Anlaşma Ağı Protokolünün Kısıtlı Yönleri: Anlaşma ağı protokolünün kısıtlı bir yönü, bir görevin daha yetenekli bir yüklenici ajanın meşgul olduğu için olumsuz yanıt verdiği bir zaman dilimi içinde, daha az yetenekli bir yüklenici ajana verilmesi olasılığıdır. Anlaşma ağı protokolünde, bir yönetici ajanın aşağıdaki nedenlerden ötürü öneri alamama olasılığı bulunmaktadır:

1. Tüm olası yüklenici ajanlar başka görevler ile meşguldür.
2. Olası bir yüklenici ajan meşgul değildir ancak, söz konusu görevi değerlendirip daha az öncelik vermiş, sıralamada alt sıralara koymuş olabilmektedir.
3. Meşgul olmayan yüklenici ajanların hiçbirisi görevi yapabilecek yetenekte değildir

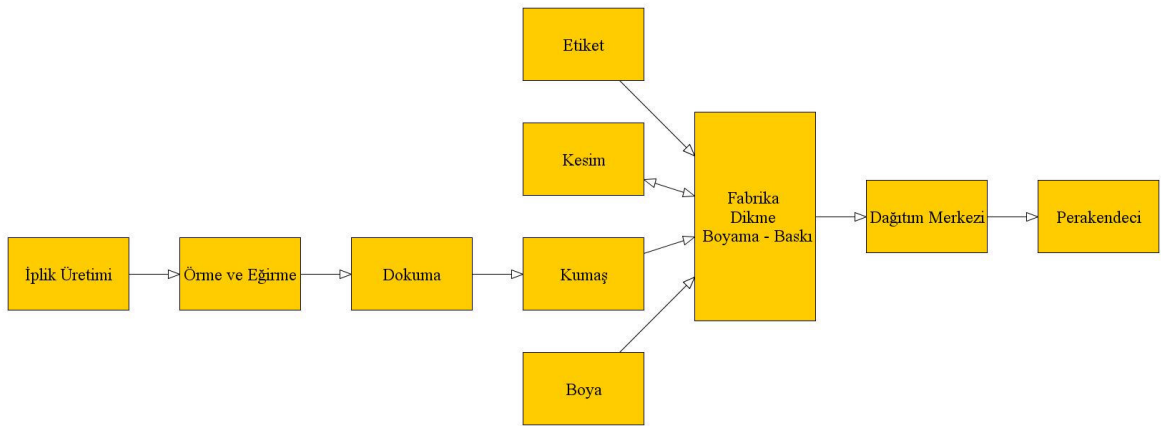
5. ÇOKLU AJAN TEMELLİ GENEL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ UYGULAMASININ MODELLEME DENEMESİ

Bu bölümde hazır giyim üreten bir firmanın tedarikçileri ve dağıtıcıları ile oluşturduğu paylaşıma dayalı tedarik zincirinin çoklu ajan temelli tedarik zinciri yönetiminde operasyonel kararlarının ve müzakere sistemlerinin uygulamasının modelleme denemesi çalışması yapılmıştır.

5.1 Tedarik Zinciri Yapısı

ENT giyim, küreselleşmenin etkisiyle üretim stratejisini değiştirerek iplik üretimi, dokuma, kumaş üretimi gibi aktivitelerinde dış kaynak kullanımına gitmeyi tercih etmektedir. Şekil 12’de görüleceği gibi üretici işletmenin merkez olduğunu varsayarak yaptığımız değerlendirmede model dört katmalı tedarikçi yapısına sahiptir.

Şekil 12. Tekstil tedarik zinciri



ENT giyim’e perakendecilerinden ALPU’nun verdiği sipariş üzerine, ajan temelli sistem harekete geçmektedir. ALPU isimli perakendeci ENT giyime 10000 adet yeni sezon

ürünlerinden t-shirt sipariş vermiştir. Modelde 10000 adet sipariş için ajanlar arası koordinasyonu ve operasyonel karar verme mekanizmalarını incelenmiştir.

5.2 Perakendeci ve Dağıtım Merkezi Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon

Sipariş, perakendecinin elektronik tedarik zincirinin çevrimiçi sistemine siparişleri girmesi ile başlıyor. Sipariş, dağıtım merkezindeki sipariş yönetim ajanı tarafından karşılanmaktadır. ACL mesajlaşması;

Perakendecideki tedarik yönetim ajanı tarafından dağıtım merkezindeki sipariş yönetim ajanına iletilen mesaj;

(cfp

:sender (p tya1⁶)

:receiver (dm sya1)

:content (t-shirt)

:reply-with r1)

Dağıtım merkezinin perakendeciye gönderdiği bilgi mesajında t-shirt fiyatı 3\$ olarak belirlenmektedir.

(inform

:sender (dm sya1)

:receiver (p tya1)

:content (price (t-shirt 3\$)

:reply-with r1)

⁶ Perakendeci tedarik yönetim ajanı

Perakendeci tarafından dağıtım merkezine iletilen mesajda 10000 adet t-shirt sipariş edilmektedir.

(proposal

:sender (p tya1)
:receiver (dm sya1)
:content (t-shirt 10000))
:reply-with r2)

Dağıtım merkezine gelen sipariş stok yönetim ajanına gönderilmeden önce talep tahmin ajanına iletilmektedir. Dağıtım merkezindeki sipariş yönetim ajanı aldığı siparişin stoklarında var olup olmadığının bilgisini stok yönetim ajanından almaktadır. Sipariş yönetim ajanı ile stok yönetim ajanı arasındaki ACL mesajlaşması ise şu şekilde gerçekleşmektedir.

(query-if

:sender (dm sya1⁷)
:receiver (dm stya1⁸)
:content (available (t-shirt 10000))
:reply-with r3)

- Eğer ürün stoklarda var ise lojistik ajanı ile iletişime geçmektedir. Sipariş yönetim ajanının lojistik ajanına gönderdiği mesajda siparişin teslim tarihi, miktarı ve adres bilgisi yer almaktadır. Lojistik ajanı ise aldığı mesaja göre ürün teslimi için taşıma yollarını belirleyerek sipariş bilgilerini transfer ajanına bildirmektedir. Transfer ajanı stoktaki ürünlerin perakendeciye transferi için gerekli kaynak planlamasını yapmaktadır. Stok yönetim ajanı sipariş teslim edildikten sonra stok bilgilerinde

⁷ Dağıtım Merkezi Sipariş Yönetim Ajanı

⁸ Dağıtım Merkezi Stok Yönetim Ajanı

güncellemeleri yapmaktadır. Ürün stokta var ise sipariş yönetim ajanına verilen ACL cevabı inform işletimseli ile verilmektedir;

(inform

:sender (dm stya1)

:receiver (dm sya1)

:content (available (t-Shirt 10000))

:in-reply-to r3)

Eğer ürün stoklarda yok ise şu şekildedir;

(inform

:sender (dm stya1)

:receiver (dm sya1)

:content (not available (t-shirt 10000))

:in-reply-to r3)

- Eğer ürün stoklarda yok ise dağıtım merkezi tedarik yönetim ajanı üretici firmanın sipariş yönetim ajanı ile temasa geçerek istenilen sipariş bilgilerini iletmektedir. Aynı zamanda dağıtım merkezine gelen siparişler buradaki talep tahmin ajanına mesaj ile iletilmektedir.

Dağıtım merkezindeki stok yönetim ajanı stoklarda ürün var ise gelen siparişe cevap verebilmek için sipariş yönetim ajanına bilgi mesajı göndermektedir. Eğer ürün stoklarda yok ise tedarik yönetim ajanından aldığı bilgi doğrultusunda sipariş yönetim ajanına bilgi vermektedir. Dağıtım merkezindeki sipariş yönetim ajanı da sipariş teslim süresi ve fiyatı ile ilgili bilgileri perakendeci tedarik yönetim ajanına iletmektedir.

(confirm

:sender (dm sya1)

:receiver (p tya1)

:content (t-shirt 10000)

(price t-shirt 3000\$)

(delivery date t-shirt one week)

:reply-with r2)

5.3 Dağıtım Merkezi, Üretici ve Mal Sağlayan Tedarikçiler Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon

Dağıtım merkezinden gelen siparişi karşılayan ENT Giyim üretici işletme, gelen siparişin bilgilerin dağıtım merkezi tedarik yönetim ajanından almaktadır.

Sipariş yönetim ajanı gelen sipariş bilgisini ileride talep tahmininde bulunmak için toplayan talep tahmin ajanına iletmektedir. Daha sonra ise ürünün stoklardaki durumu ve siparişi karşılamak için yeterli mi bilgisi stok yönetim ajanından almaktadır. Ajanlar arasındaki mesajlaşmalar, dağıtım merkezinde stok yönetim ajanı ve sipariş yönetim ajanı arasında olan “inform”, “query-if” ACL mesajları ile yapılmaktadır.

Eğer ürün stoklarda yok ise, sipariş yönetim ajanı üretim planlama ajanına istenilen sipariş için istek göndermektedir. Üretim planlama ajanı ise malzeme planlama ajanı ile iletişim kurarak, üretim için gereken malzemelerin stoktaki miktarı için bilgi almaktadır. Eğer yeterli stok var ise üretim alanı planlama ajanı ve kapasite planlama ajanlarından, üretim tesislerindeki insan kaynağı, makine ve kullanım kapasitesi bilgilerini aldıktan sonra gerekli zamanlama ve planlamaları yaparak sipariş yönetim ajanına tamamlanmış ürünlerin teslimat tarihini bildirmektedir. Stoklarda yeterli miktarda üretim için gerekli hammadde yok ise malzeme planlama ajanı tedarik yönetim ajanı ile iletişime geçerek

malzeme ihtiyaç belirlene s¼recinden sonra oluşan kısıtlar dâhilinde istenilen malzemeleri tedarikçilerden tedarik edilmesi için istekte bulunmaktadır.

Malzeme ihtiyaç belirlene s¼reci: Malzeme ihtiyaçları malzeme y¼netim ajanı tarafından belirlenmektedir. 10000 t-shirt için gerekli olan 2500 kg kumaşın boyanması boya, ¼retilen t-shirtlerin etiketlenmesi ve paketlenmesi için etiket ve paket tedarikinin yapılması gerekmektedir.

İhtiyaçlar;

MRS1 : (01;01;Kumaş; Miktar|2500-2750|,Birim|kg, Fiyat|8000\$,S¼re|5 G¼n,Kritik)

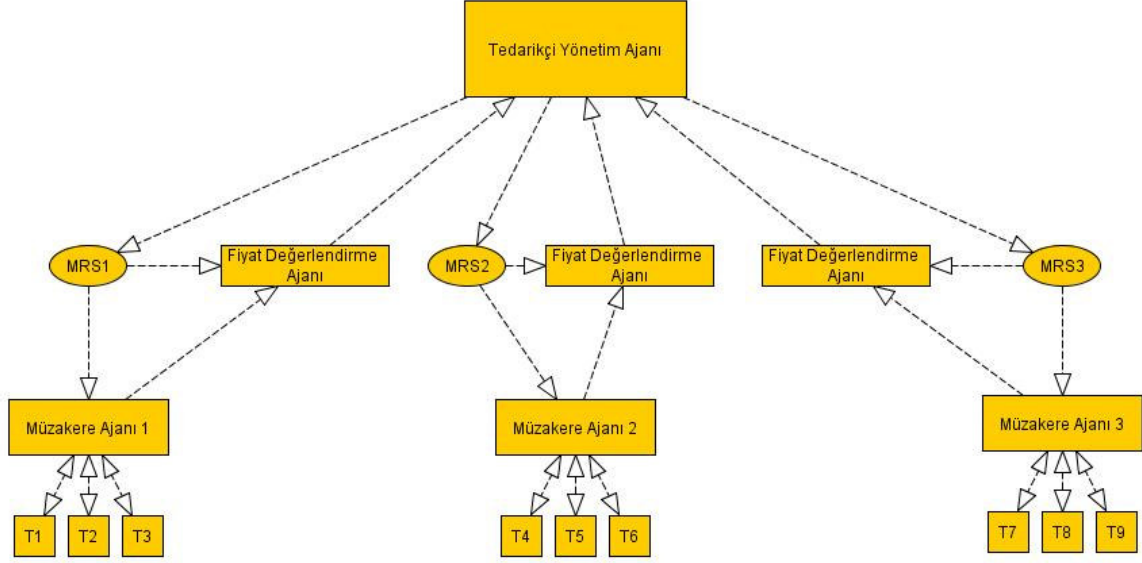
MRS2 : (02;01;Etiket; Miktar|10250-10500|,Birim,|Adet, Fiyat|2000\$, S¼re|5 G¼n,Normal)

MRS3 : (03;01;Paket; Miktar|10250-10500|,Birim,|Adet, Fiyat|4000\$, S¼re|5 G¼n,Normal)

C1: $MRS1.Miktar * 0.015 = MRS2.Miktar$

C2: $MRS2.Miktar = MRS3.Miktar$

Şekil 13. Mal sağlayan tedarikçi seçim şeması



Tedarik ajanı tarafından oluşturulan müzakere ajanları (Şekil 13) , belirlenen malzeme ihtiyaçları doğrultusunda ürüne göre üç grupta tedarikçilerle müzakere işlemi yürütmektedirler. Yapılan müzakereler sonucunda seçilen tedarikçinin fiyatı fiyat değerlendirme ajanı tarafından değerlendirilmekte ve olumlu sonuçlanırsa tedarik yönetim ajanına iletilmektedir. Tedarikçi yönetim ajanı gelen teklifleri, belirlenen kısıtlar çerçevesinde değerlendirdikten sonra kısıtları ihlal etmeyen bir sonuç var ise, kısıtları ihlal eden müzakere ajanı tekrar müzakere işlemlerini başlatmaktadır.

Tedarikçiler tarafından teklif edilen değerler;

Tablo 7. Mal sağlayan tedarikçi teklifleri

Tedarikçi	Müzakere Ajansı	MRS	Fiyat	Miktar	Süre	Birim Fiyat
T1	M1	MRS1	7500\$	2700	5	2.77
T2	M1	MRS1	7200\$	2500	5	2.88
T3	M1	MRS1	8100\$	2550	5	3.17
T4	M2	MRS2	2200\$	10300	5	0.21
T5	M2	MRS2	2100\$	10375	5	0.20
T6	M2	MRS2	2000\$	10100	5	0.19
T7	M3	MRS3	3900\$	10250	5	0.38
T8	M3	MRS3	3800\$	10375	5	0.37
T9	M3	MRS3	4100\$	10250	5	0.4

Yukarıdaki tabloya göre müzakere ajanından fiyat değerlendirme ajanına iletilen bilgilere göre birinci malzeme için kazanan tedarikçi T1 isimli tedarikçidir. İkinci malzeme için kazanan tedarikçi ise T6 adlı tedarikçidir. Üçüncü malzeme için kazanan tedarikçi T8 isimli tedarikçidir. Fakat sonuçlar tedarikçi yönetim ajanına aktarıldıktan sonra ikinci malzeme için tedarikçi tarafından önerilen ürün miktarı, belirlenen ürün ihtiyaç belirleme sonuçlarına göre üretim için yeterli değildir. İkinci ürün için yani etiket miktarı paket miktarı ile uyuşmamaktadır. Yani C2 kısıtı ihlal edilmektedir. Bu nedenle tedarikçi yönetim ajanı Müzakere Ajanı 2'yi tekrar görevlendirerek müzakereye başlamasını sağlamaktadır.

Tablo 8. Kazanan mal sağlayan tedarikçiler

Tedarikçi	MRS	Fiyat	Miktar	Süre
T1	MRS1	7500\$	2700	5
T5	MRS2	2100\$	10375	5
T8	MRS3	3800\$	10375	5

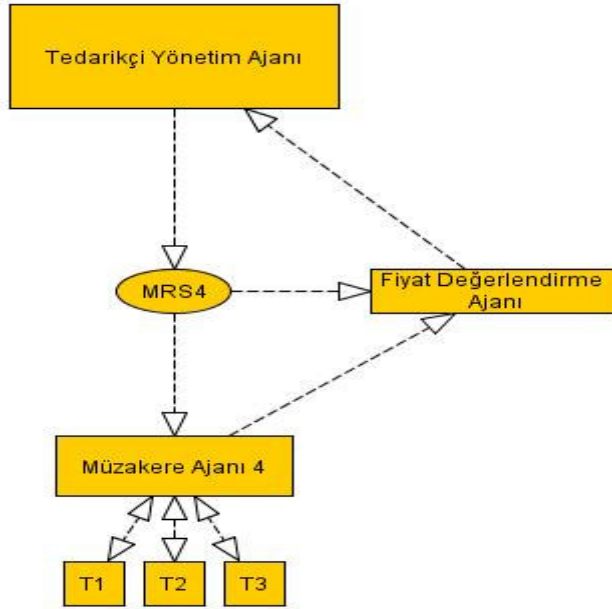
Tedarikçiden istenilen malzemelerin transfer işlemleri için malzeme yönetim ajanı tarafından lojistik yönetim ajanına bilgi gönderilmektedir. Lojistik yönetim ajanı istenilen ürünün özelliklerine göre transfer ajanını görevlendirmekte ve tedarik edilen malzemenin üretim alanına veya depolara taşınmasını sağlamaktadır.

Malzemeler depolara taşındıktan sonra üretim planlama ajanının yaptığı planlama ve zamanlama doğrultusunda üretim ajanı üretim faaliyetlerinin başlamasını sağlamaktadır. Üretimi tamamlanan ürünlerin dağıtım merkezlerine ulaştırılması ise yine lojistik ajanı ve transfer ajanı ile sağlanmaktadır.

5.4 Dağıtım Merkezi, Üretici ve Hizmet Sağlayan Tedarikçiler Arasında Ajanlar Arası Koordinasyon

ENT giyim tarafından üretilecek olan t-shirtlerin kesiminde de dış kaynak kullanılmaktadır. Bunun için ENT giyim işletmesinde bulunan üretim yönetim ajanı tarafından malzeme yönetim ajanına tedarik edilen kumaşların t-shirtler için kesilmesi için istek göndermektedir. Malzeme yönetim ajanı da tedarik yönetim ajanına istek göndererek müzakere işlemlerini başlatmaktadır.

Şekil 14. Servis sağlayan tedarikçi seçim şeması



Üretim ajanı tarafından istenilen kesim doğrultusunda müzakere işlemlerini başlatan tedarikçi yönetim ajanı (Şekil 14) 2500 kg kumaş için kesim işlemini yapacak işletmeler ile müzakerelere başlamaktadır. Malzeme ihtiyaç belirleme sürecine göre ihtiyaçlar ve kısıtlar belirlenmiştir, fakat kesim işleminin herhangi bir ihtiyaç ile ilişkisi bulunmaması nedeni ile ilişkili bir kısıt bulunmamaktadır.

İhtiyaçlar;

MRS4 : (01;01;Kesim; Miktar|2500|,Birim|kg, Fiyat|1200\$,Süre|4 Gün,Kritik)

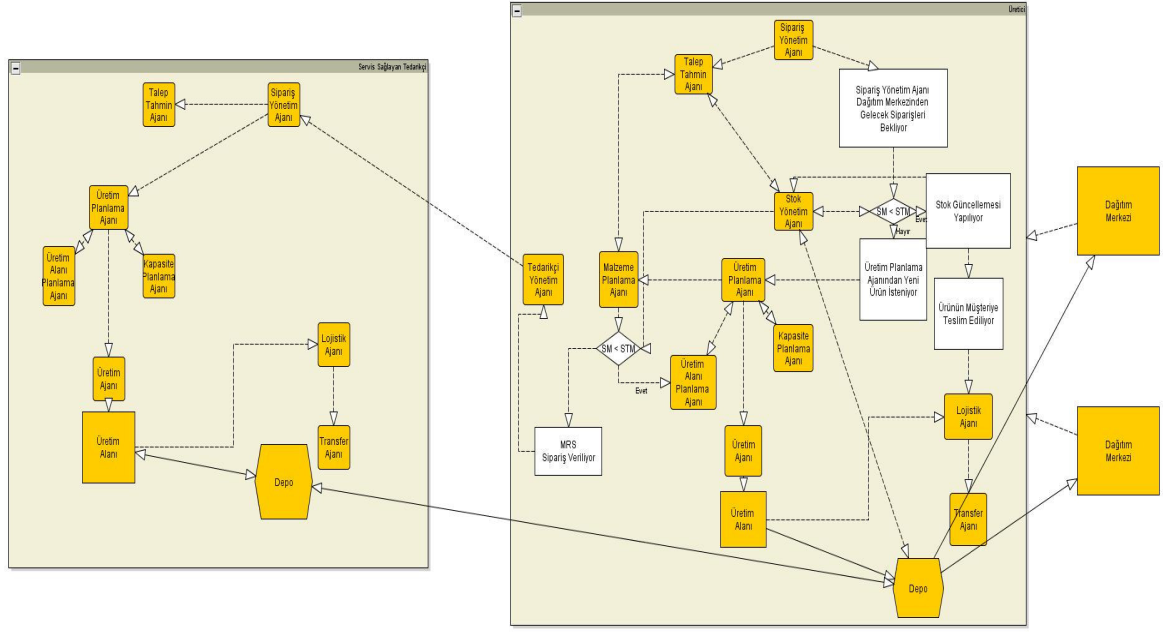
Tablo 9. Servis sağlayan tedarikçi teklifleri

Tedarikçi	Müzakere Ajanı	MRS	Fiyat	Miktar	Süre
T1	M4	MRS4	1250\$	2500	4
T2	M4	MRS4	1120\$	2500	5
T3	M4	MRS4	1400\$	2550	3

Tedarikçilerden gelen teklifler sonucunda, T2 tedarikçisi tarafından önerilen fiyat en uygun gibi görünmesine rağmen, teslimat süresi istenilen seviyede değildir. Bu konuda tedarik yönetim ajanı sonucu malzeme yönetim ajanına malzeme yönetim ajanı da üretim planlama ajanına iletmektedir. Üretim planlama ajanı süre konusunda herhangi bir değişiklik yapabilir ise T2 tedarikçisi seçilmektedir. 5 günlük süre üretim planlarında bir aksamaya neden olmayacağı için T2 tedarikçisi üretim planlama ajanından alınan onay doğrultusunda seçilmektedir.

Servis sağlayan bu tedarikçi ilişkisinde malzeme akışı çift yönlü olmaktadır. Kumaş tedariki yapıldıktan sonra kesim için kumaşlar T2 tedarikçisine gönderilmesi gerekmektedir. Bunun için üretim planlama ajanı lojistik ajanına kumaşların T2 tedarikçisine transfer edilmesi için istek göndermektedir. Lojistik ajanı da transfer ajanına istek göndererek kumaşların taşınmasını sağlamaktadır.

Şekil 15. Servis sağlayan tedarikçi ile üretici arasındaki malzeme ve bilgi akışı



Servis sağlayan işletmede sipariş karşılama ajanı tarafından alınan sipariş sonucunda bilgiler üretim planlama ajanına iletilmektedir. İşletme sadece servis sağladığı için stok yönetim ajanı, tedarikçi yönetim ajanı ve malzeme planlama ajanı bulunmamaktadır (Şekil 15) . Müşteriden gelen siparişler depodan üretim alanına lojistik ajanı ve transfer ajanı koordinasyonu ile taşınmaktadır. Kesilen kumaşlar yine lojistik ajanı ve transfer ajanı ile müşteriye teslim edilmektedir.

Çoklu ajan temelli genel tedarik zinciri uygulama modelleme denemesinde görüldüğü gibi çoklu ajan sistemlerini oluşturan zeki ajanların operasyonel işlemlerde aldıkları kararlar işletmelerin gerçek zamanlı karar vermesini sağlamakta ve karar aşamalarını yalınlaştırmaktadır. Farklı endüstriyel alanlarda kullanılan çoklu ajan temelli sistemler, işletmelerin performansını ve etkinliğini artırarak birçok avantaj sağlasa da, bu sistemlerin geliştirilmesinde ve uygulamasında bir takım sorunlar çıkabilmektedir.

5.5 Çoklu Ajan Temelli Sistem Uygulamaları

Moyaux ve arkadaşları (2006) çoklu ajan sistemi uygulamalarını 4 grupta toplamışlardır. Bu uygulamalar şu şekilde açıklanabilir;

1) Endüstriyel Uygulamalar

- a. Üretim: Parunak tarafından ortaya çıkarılan YAMS (Yet Another Manufacturing System) üretim tesislerinde üretilecek ürünler, mevcut kaynaklar ve zaman kısıtlarının oluşturduğu üretim sürecini etkili bir şekilde yürütmek amacı ile modellenmiştir.
- b. Süreç kontrolü: Elektrik ulaşım yöntemi ve parçacık ivmelendirici kontrolü uygulamalarında ARCHON gibi ajan temelli sistemlerin geliştirilmesini sağlayan yazılımlar kullanılmaktadır.
- c. Telekomünikasyon: Telekomünikasyon sistemlerinin tam zamanlı gözlenmesinin ve yönetilmesinin gerekmesi ayrıca birbirleri arasında bağlantılı bileşenlerden oluşan dağıtık ve büyük yapıları ile çoklu ajan sistemlerinin kullanılması için uygundur. British Telecom tarafından geliştirilen ZEUS isimli sistem kullanılmaktadır.
- d. Hava trafik kontrolü: Cammarata tarafından geliştirilen ve Sydney havaalanında kullanılan OASIS hava trafik kontrol sistemlerini ve uçakları tanımlama için zeki ajanlardan faydalanmaktadır.

2) Ticari Uygulamalar

- a. Bilgi Yönetimi: Maes tarafından 1984'te geliştirilen Maxims adlı çoklu ajan temelli program elektronik postalarda kullanıcı için önceliklendirme, silme, yönlendirme, arşivleme ve sınıflandırma yapmaktadır.
- b. Elektronik Ticaret: Chaves ve Maes tarafından 1996'da geliştirilen Kasbah adlı uygulama oluşturduğu elektronik pazarda alıcı ve satıcı ajanlar ile ürünlerin alınıp satılmasını sağlamaktadır.

- c. İş süreci yönetimi: Jennings tarafından 1996'da geliştirilen ADEPT adlı projede iş süreçleri müzakere ve servis sağlama ajanları yardımı ile tamamlanmaktadır. Bu sistem British Telecom'un 9 bölümünde kullanılmaktadır.

3) Medya Uygulamaları

- a. Oyunlar: Grand ve Cliff tarafından geliştirilen Creatures kullanıcının gerçek zamanlı iletişim kurabildiği çok sayıda ajan içeren uygulama geliştirmişlerdir.
- b. Etkileşimli sinema ve tiyatro: Bu sistemlerde gerçek kullanıcılara, gerçek insan davranış karakteristiklerine sahip bilgisayar karakterlerini canlandırma, yapay etkileşimlerle oyunlarda veya filmlerde analog rol yapılmasına izin verilmektedir.

4) Medikal Uygulamalar

- a. Hasta gözetleme: Hayes ve Roth tarafından geliştirilen Guardian sistemi hasta bakım yönetimini sağlamaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde geliştirilen çoklu ajan temelli uygulamalara ise BPMAT projesini örnek olarak gösterebiliriz. IBM tarafından geliştirilen bu projede işletme içerisindeki iş akışları modellenmiştir.

Jennings ve Parunak tarafından 1996'da geliştirilen ARCHON bilinen en büyük çoklu ajan sistemidir. Bu sistem İspanya'da elektrik dağıtım şirketi olan Iberdola tarafından operasyonel işlemlerin yürütülmesinde kullanılmaktadır.

Pechoucek ve arkadaşları (2002) farklı bileşenlerden oluşan ExPlanTech uygulamasında tedarik zinciri içerisinde ihtiyaçların belirlenmesini, üretim planlamasının yapılmasını, malzeme yönetimini ve tedarik zinciri ilişkilerinin yönetimini sağlamaktadır.

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren SKODA’da kullanılan bu uygulama seri üretim hattının karmaşık problemlerin çözümünde önemli kolaylıklar sağlamıştır.

5.6 Çoklu Ajan Temelli Sistemlerin Geliştirilmesinde ve Uygulamalarda Karşılaşılan Sorunlar

Nimis ve Stockheim (2004) gerçekleştirdikleri senaryolarda ortaya çıkan çoklu ajan mimarilerinin olası dezavantajlarını artan iletişim ve ajanların işbirliği yapmak için harcadıkları zaman ve çabalar olarak belirtmektedir.

Jennings ve arkadaşları (1998) çoklu ajan temelli sistemlerin dezavantajlarını dört grupta toplamaktadır. Bu dezavantajlar; Ajan sayısının sistemde çok fazla olması, iletişim ve etkileşim olasılığının az olması, organizasyonun yapısının modellenmesi için mekanizmaların yetersiz olması ve sistemdeki ortaklar arasındaki sınırların net bir şekilde belirlenebilmesi için harcanan zaman olarak tanımlanmaktadır.

Wooldridge ve Jennings (1998) ajan temelli sistemlerin kısıtlarını şu şekilde tanımlamaktadır;

- Genel Sistem Kontrolü Eksikliği: Global kısıtların sistemin sürekliliğini koruması açısından önemli olması ve gerçek zamanlı cevabın garanti edilmesinin gerekmesi veya bir kaynak için birden fazla ajanın bekleyerek tıkanıklığa neden olmasıdır.
- Küresel Bakış Açısına Sahip Olmaması: Ajanların global bilgiye sahip olmaması sonucunda yerel bilgilerle aldıkları kararların ideal çözümün altında olmasına neden olmaktadır. Ajanlar arası müzakere sistemleri ve uzlaşmaya dayalı karar verme sistemleri, ajanların yerel bilgi ile global sistem için optimal kararlar vermesini sağlamaya yönelik sistemlerdir.

- Güven ve Yetkilendirme: Kişilerin ve organizasyonların görevlerin zeki ajanlara atanması konusunda yaşadıkları güven sorunu nedeni ile zeki ajanların aldıkları kararlarda insanların onayını beklemeleri, zeki ajanların hareket alanlarını kısıtlamakta ve performansını düşürmektedir.

Sycara (1998) tarafından çoklu ajan sistemlerinde karşılaşılan sorunlardan biri olan çakışmalar için uygulanan çözümlerde küresel bakış açısı, küresel bilgi, küresel kontrol gibi özellikler ajanların amaçlarında (plan, bilgi, inanç ve sonuç gibi..) uyumsuzluk ve tutarsızlığa neden olmaktadır. Bunun için her şeyi bilen bir ajan tanımlanabilmektedir, fakat bu tür bir çözüm sistemde tek bir karar merkezine neden olmakta ve sistemdeki tıkanıklık riskini arttırmaktadır.

Çoklu ajan sistemlerinde karşımıza çıkabilecek diğer sorunlar ise şu şekilde sıralanabilir;

- 1) Bir ajanın çok sıklıkla ve aşırı kullanılması, ortak kullanılan kaynaklarda tıkanmaya neden olabilmektedir. Örnek olarak telekomünikasyon hatlarında yoğunluk diğer ajanların çalışmasına engel olabilmektedir.
- 2) Çıkarıcı olan ajanlar salınımlı ve kaotik davranışlar gösterebilmektedir. Thomas ve Sycara (1998) yaptıkları deneysel çalışmalarda salınımlı davranışları engelleme amacı ile alınan kararların sistem performansının düşmesine neden olduğunu belirtmektedirler.
- 3) Ajanlar kendi yararlarını arttırmak için güvenilmez olabilmektedir. Bu engel hem sosyal hem de teknik bir boyuta sahiptir. Bu sorun ajanların görevlerini duyurmaları sırasında ortaya çıkmaktadır ve duyuru geldiği anda bir ajanın diğer ajana güvenmesi gerekmektedir. Bu sorunun nasıl çözüleceğinin belirsizliğini koruması sistem performansında düşüşe neden olmaktadır.

Çoklu ajan sistemlerindeki en temel sorun, çoklu ajan temelli sistem uygulamalarında tasarımcıların oluşturacakları yapıyı açıkça belirtebilecekleri sistematik bir metodolojiye sahip olmamalarıdır. Bu güne kadar geliştirilen uygulamalarda genellikle geçmiş tecrübeler ve sezgilere dayalı sistemler tasarlanmıştır. Bu durum zeki ajanların nasıl oluşturulması gerektiğinin belirlenmesine olanak sağlayan problemin analizinin sistematik bir şekilde yapılmasını engellemektedir.

6. SONUÇ

Küresel rekabet sonucunda üretim yapan veya hizmet sunun işletmeler tedarikçiler, fabrikalar, ambarlar, dağıtım merkezleri ve perakendecilerden oluşan tedarik zincirinde yer almak zorunda kalmışlardır. Bu durum her işletmeyi kendi alanında uzmanlaşmaya itmekte ve dış kaynak kullanımı zorunlu olmaktadır. Fakat bir tedarik zinciri basit bir sipariş üzerine üretim ve ulaştırma işlemlerinden oluşan bir sistemden, işlemlerin ve ilişkilerin karmaşıklaştığı ve heterojen işlemlerden oluşan bir sisteme doğru gidebilmektedir. Aynı zamanda bir işletmenin performansının bütün sistemi etkilediği bu ortamda, işletmeler aralarında işbirliği kurarak bütünleşmiş bir sistem şeklinde çalışmak zorunda kalmaktadırlar.

Bu çalışmanın ana amacı tedarik zincirinde işletmeler arası koordinasyonu sağlayan ve operasyonel kararların alınmasında çevrelerine uyum gösterebilme, otonom ve proaktif olma özellikleri ile ön plana çıkan zeki ajanların rollerini belirlemek ve her biri kısıtlı bilgiye sahip olan birimlerin koordineli ve paylaşımaya dayalı çalıştıklarında ortaya çıkacak sistem zekâsını problem çözümünde kullanacak bir model oluşturmaktır.

Tedarik zincirinde bilginin farklı formatlarda ve farklı birimlerde dağıtık halde olması nedeni ile işletmeler arası koordinasyonu sağlamak için müzakere sistemleri ön plana çıkmıştır. Dinamik bir yapıya sahip olan tedarik zincirinde işletmelerin kendi kararları doğrultusunda dâhil olup ayrıldığı bir yapı olması nedeni ile ajan temelli çoklu anlaşma müzakere sistemi tasarlanan modele dâhil edilmiştir. Bu müzakere sisteminde, tedarik edilen ürünlerin birbiri ile ilişkileri sonucunda, bir ürünün tedarikinin sonucu diğer müzakere sonucunu etkileyebilmektedir. Bu nedenle önerilen müzakere sisteminde malzeme ihtiyaç belirleme sistemi kullanılmış ve tedarik edilecek ürünlerin birbiri ile ilişkileri birer kısıt olarak tanımlanmıştır.

Tedarik zincirinde stoklama maliyetlerinin artması ile ortaya çıkan talep tahmin sistemleri, tedarik zincirindeki bilgi akışını çok önemli bir noktaya taşımıştır. Bu nedenle ortaya çıkarılan modelde ajanlar arası anlık bilgi akışı önem taşımakta ve talep tahmininin sadece bir katmanda değil bütün katmanlarda yapılarak doğruluk derecesinin artmasını sağlamakta ve birimler arasında riski paylaşmaktadır. Modelde belirtilen talep tahmin ajanı klasik geçmiş verilere dayanan tahmin metotları yerine geçmiş veriyi farklı kaynaklardan gelen bilgilerle destekleyerek talep tahmininde bulunmaktadır. Yani sadece geçmişteki müşteri davranışlarını değil şimdiki ve gelecekteki olası müşteri davranışlarını da talep tahminlerini etkileyen faktörler içerisine almaktadır.

Tedarik zincirinde yer alan mal veya hizmet sağlayan tedarikçilerin kendi içlerinde yapılarının farklı olmasına rağmen tedarik zincirinde diğer işletmeler ile kurdukları ilişkilerin aynı formatta olması farklı yapıda olan işletmelerin sisteme dâhil olmasını sağlamaktadır. Bu noktada ajan temelli tedarik zinciri modeli heterojen bir yapıda işletmeler arası bilgi ve malzeme akışını sağlayabilmektedir.

Ayrıca çalışmada ortaya çıkarılan ajan temelli tedarik zinciri yönetim modeli ile zeki ajanların tedarik zincirindeki birimler olan tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve perakendecilerdeki zeki ajanların rolleri, alabildikleri operasyonel kararlar ve müzakere sistemlerinde kullandıkları anlaşma ağı protokolü ile bu protokolün gerçekleşmesi için kullandıkları edimsel servisler belirlenmiş ve mesajlaşma formatları açıklanmıştır.

Zeki ajanların temelini oluşturan yapay zekâ yaklaşımlarının gerek genetik algoritmalar gerekse yapay sinir ağları ile çoklu ajan temelli sistemlerde kullanım biçimleri incelenmiş ve çoklu ajan temelli sistemlerde matematiksel modellerin karar mekanizmalarına olan etkileri ortaya çıkarılmıştır.

Tedarik zincirinde sistemin performansının ölçümü için analitik yöntemler belirlenmiş ve değerlendirme kriterleri ortaya konulmuştur. Sistem performansını maliyet

ve teknik performans olmak üzere ikiye ayrıldığı modelde performans kriterleri de finansal ve finansal olmayan etkenler olarak gruplandırılmıştır.

Ortaya çıkarılan modelin uygulama modelleme denemesi ile açıklanması için tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçileri ve dağıtıcıları arasındaki ilişkileri belirlenmiştir. Bu tedarik zincirinde verilen siparişler üzerine birimler arası koordinasyonu sağlayan ajanların birbirleri ile olan etkileşimleri ve iletişimleri incelenerek, tedarik zincirindeki malzeme ve bilgi ortaya çıkarılmıştır.

Son olarak çoklu ajan sistemlerinin kullanıldığı alanlar açıklanmıştır. Bu alanlarda kullanılan çoklu ajan sistemlerinin dezavantajları, kısıtları ve uygulamaların geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan sorunlar belirlenmiştir.

Zeki ajanların oluşturduğu ajan temelli genel tedarik zinciri yönetim modeli için gelecekteki çalışma doğrultusu, ortaya çıkarılan modelin yazılım ortamında simüle edilmesidir. Bu simulasyonda model içinde yer alan müzakere sistemi, malzeme ihtiyaç belirleme sistemi ve optimizasyon teknikleri kullanılmalıdır. Ayrıca sistemin dinamik olması, bilginin farklı formatlarda ve farklı birimlerde olması, karar vericilerin dağıtık olması kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Chen, C., Lin, C., Huang, S. 2005, A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, **Production Economics**, 12, 289, 301, Elsevier
- Chiu, M., Lin, G. 2003, Collaborative supply chain planning using the artificial neural network approach, *Journal of Manufacturing Technology Management*, **Journal of Manufacturing Technology Management** ,15, 787,796, 2003, Emerald
- Choi, S., P., M., Liu, J., Chan, S., P. 2001, A genetic agent-based negotiation system, **Computer Networks**, 37, 195, 204
- Cristea, P., Arsene, A., Nitulescu, B. 1998, Evolutionary Intelligent Agents, <http://ieeexplore.ieee.org/search/wrapper.jsp?arnumber=870804>
- Datta, P. 2007, An Agent-Mediated Knowledge-in-Motion Model, **Journal of Association for Information**, 8, 287,311, 2007
- Datta, S., Granger CWJ., Barari, M., Gibbs, T. 2007, “Management of Supply Chain: an alternative modelling technique for forecasting”, **Journal of Operational Research Society**, 0160,5682,07
- Fikes, R.E., Cutkosky, M., Gruber, T., Van Baalen, J. 1991, Knowledge sharing technology project overview, Stanford University, <http://www.ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/papers/>
- FIPA, Contract Net Interaction Protocol Specification, www.fipa.org
- Fox, M., S, Barbuceanu, M. 1996, Coordinating Multiple Agents in the Supply Chain, 134,141
- Fox, M., S., Barbuceanu, M., Teigen R. 2000, Agent Oriented Supply Chain Management, **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, 12, 165,188
- Liu, F., F., Hai, H., L. 2004, The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier, **International Journal of Production Economics**, 97, 308, 317

- Gibson R., P., Edwards J. 2004, Strategic Importance of E-Commerce in Modern Supply Chains, **Journal of Electronic Commerce in Organizations**, 2(3), 59,76
- Gjerdrum, J., Shah, N., Papageorgiou, L., G. 2001, A combined optimization and agent-based approach to supply chain modelling and performance assessment, **Production Planning and Control**, 12, 81, 88
- Govindu R., Chinnam, R., B. 2007, MASCF: A generic process-centered methodological framework for analysis and design of multi-agent supply chain systems, **Computers and Industrial Engineering**, 53, 584, 609
- He., M., Jennings, R., N., Leung H. 2003, On Agent-Mediated Electronic Commerce, **IEEE Transaction knowledge and data engineering** , 15,985,1003
- Iyer, L., Singh, R., Salam, A.F. 2005, Intelligent Agents to Support Sharing in B2B E-Marketplaces, **Information Systems Management**, 22:3, 37,49, 2005
- Janssen, M. 2005, The architecture and business value of a semi-cooperative, agent-based supply chain management system, **Electronic Commerce Research and Applications**, 4, 315, 328
- Jennings, N., R., Parsons, S., Noriega, P., Sierra, C. 1998, On argumentation-based negotiation. **Proceedings of the International Workshop on Multi-Agent Systems**, 1-7.
- Jennings, N., R., Wooldridge, M., 1998, Applications of intelligent agents, **Agent technology: foundations, applications and markets**, 3, 28
- Jiao, W., Shi, Z. 1999, A Dynamic Architecture for Multi-Agent Systems, **IEEE**
- Jiao, J., You, X., Kumar, A. 2005, An Agent based Framework for Collaborative Negotiation in the Global Manufacturing Supply Chain Network, **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**
- Jing-yuan, G., Jia, L., Li, Q. 2006, Research on Supply Chain Performance Evaluation, **Asia-Pacific Conference on Services Computing**

- Julka, N., Srinivasan, R., Karimi, I. 2002, Agent-based supply chain management: framework, **Computers and Chemical Engineering**, 26, 1755,1769
- Keskinocak, P, Tayur, S. 2001, Quantitative Analysis for Internet-Enabled Supply Chains, **Inform Global** , 2,70,89
- Kornfeld, W., A., Hewitt, C. 1981, The Scientific Community Metaphor, **Cybernetics**, 11, 24,33, IEEE
- Labarthe, O., Espinasse, B., Ferrarini, A., Montreuil, B. 2007, Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context, **Simulation Modelling Practice and Theory**, 15, 113, 136
- Lau, H., C., Agussurja, L., Thangarajoo, R. 2007, Real- Time supply chain control via multi-agent adjustable autonomy, **Computers and Operations Research**, 35, 3452, 3464
- Lewis, C., M., Sycara, K. 1993, Reaching Informed Agreement in Multispecialist Cooperation, **Group Decision and Negotiation**, 23, 279, 300
- Li, W., Sun, Y., Wang, Z. 2005, Research on a new recognition method of e-commerce models, 1789,1794, IEEE
- Liang, W., Y., Huang, C., C. 2005, Agent-based demand forecast in multi-echelon supply chain, **Decision Support Systems**, 42, 390, 407
- Lou, P., Zhou, Z., Chen, P. Y., Ai, W. 2004, study on multi-agent based agile supply chain management, **Springer-Verlag London** , 23, 197,203
- Lu, L., Wang, G. 2007, A study on multi-agent supply chain framework based on network economy, **Computers and Industrial Engineering**, 54, 288, 300
- Lumms, R., R., Vokurka J., R. 1999, Defining Supply Chain Management: A historical perspective and practical guidelines, **Industrial Management and Data Systems**, 99/1, 11,17

- Martinez, M.T., Fouletier, P., Park, K.H, Favrel, J. 2001, Virtual Enterprise Organization, Evolution and Control, **International Journal of Production Economics**, 74, 225, 238
- Ming, S., Rui-xue, F., Chen, Z., Zhan-hong, X. 2007, Study on agile supply chain management based on agent, **The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications**, 14,115,118
- Moyaux, T., Chaib-draa, B., D'Amours, S. 2006, Supply Chain Management and Multiagent Systems: An Overview, *Studies in Computational Intelligence*, 28, 1, 27
- Narahari, Y., Biswas, S. 2007, Performance Measures and Performance Models for Supply Chain Decision Making, <http://lcm.csa.iisc.ernet.in/hari/recent-publications/>
- Nimis, J., Stockheim, T., 2004, the Agent.Enterprise Multi-multi-agent System, **Proceedings of the Conference on Agent Technology in Business Applications**
- Nissen, M., E. 2001, Agent-Based Supply Chain Integration, **Information Technology and Management**, 2, 289,312
- O'Brien, C., Li, D. 2001, A quantitative analysis of relationships between product types and supply chain strategies, **International Journal Production Economics**, 73,29,39, Elsevier
- Panti, M., Pagliarecci, F., Spalazzi, L. 2005, An agent-based supply chain management, IEEE
- Pechoucek, M., Riha, A., Vokrinek, J., Marik, V., Prazma, V. (2002), ExPlanTech : Applying Multi-Agent Systems In Production Planning, **Internal Journal of Production Research**
- Rabelo, L., Ahmad, A., Mollaghasemi, M. 2005, Ontologies for Supply Chain Management

- Rice, B., Hoppe, M. 2001, Supply chain versus supply chain: the hype and the reality, **Supply Chain Management Review**
- Sadeh, N., M., Hildum, D., W., Kjenstad, D., Tseng, A. 1999, MASCOT: An agent-based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling, **Workshop on Agent-Based Decision Support for Managing Internet-Enabled Supply Chain**
- Sauter, J.A., Parunak, D.V.H. 1999, ANTS in Supply Chain, **Workshop on Agent based Decision Support for Managing the Internet Enabled Supply Chain**
- Sevkli, M., Koh, S., C., L. 2008, Hybrid analytical hierarchy process model for supplier selection, **Industrial Management and Data Systems**, 108, 122,142
- Shaw, T.M., Sikora, R. 1998, A Multi-Agent Framework for the Coordination and Integration of Information Systems, **Management Science**, 44, 65,78, *Inform*s
- Shaw, J.M., Tan, W.G., Lin, Fu. 1998, Modeling Supply-Chain Networks by a Multi-Agent System, **Hawaii International Conference on System Sciences**, 5,105
- Shin, M., Jung, M. 2004, MANPro: mobile agent-based negotiation process for Distributed Intelligent Manufacturing, **International Journal of Production Research**, 42, 303,320
- Smith, G., R. 1980, The Contract Net Protocol : High Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver, **IEEE Transactions on Computers**, C-29
- Swaminathan, M., Tayur, R. 2003, Models for Supply Chains in E-Business, **Management Science**, 49, 1387,1406, *Inform*s
- Swaminathan, M., Smith, F., Sadeh, M. 1996, Modeling Supply Chain: A Multiagent Approach, **Decision Sciences**
- Sycara, K., P. 1998, Multiagent Systems, **American Association for Artificial Intelligence**, 738, 4602

- Sycara, K., P., Jennings, N., R., Wooldridge, M. 1998, A Roadmap of Agent Research and Development, **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, 1, 7, 38
- Tah, J., H., M. 2005, Towards an agent-based construction supply network modelling and simulation platform, **Automation on Construction**, 14, 353, 359
- Thomas, J., Sycara, K., (1998), Stability and Heterogeneity in Multiagent Systems, **Proceedings of the Third International Conference on Multiagent Systems**
- Tsai, J. 2006, An optimization approach for supply chain management models with quantity discount policy, **European Journal of Operational Research**, 177, 982,994
- Wang, M., Liu, J., Wang, H., Cheung, W., K., Xie, X. 2008, On-demand e-supply chain integration: A multi-agent constraint-based approach, **Expert Systems with Application**, 34, 2683, 2692
- Wen-Bin Y. 2003, Agent-Based Demand Forecasting for Supply Chain Management, Yayınlanmamış doktora tezi, Louisville Üniversitesi
- Wilhelm, B., Sun, R., Yao, J., Chu, B., Cost, S., Labrou, Y., Finin, T., Peng, Y., Chen, Y. 1999, **Proceedings of the Agents'99 workshop agent-based decision-support for managing the internet-enabled supply**
- Wong, P., W., Wong, P., K. 2007, Supply chain performance measurement system using DEA modeling, **Industrial Management and Data Systems**, 107, 361, 381
- Wu, D., J. 2000, Shop Floor Production Community Design: Artificial Agents Based Approach, **Hawaii International Conference on System Sciences**
- Xiao, Y., Xiao, M.,Zhang, F. 2007, Intelligent Information Retrieval Model Based on Multi-Agents, <http://ieeexplore.ieee.org/>
- Yang, C., Feng Q.Y. 2006, Integrated Multi-Agent –Based System For Agile Supply Chain Management, **Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics**, 23-27, IEEE

- Yang, C., Yung, K. 1999, Intelligent Multi –Agents for Supply Chain Management, 528,533, IEEE
- Ye, Y. , Yang, D., Jiang, Z., Tong, L. 2007, Ontology based semantic models for supply chain, **Int J Adv Technology**, 37,1250,1260, Springer
- Yuan, S., T., Chen, S., F. 2001, A learning-enabled infrastructure for electronic contracting agents, **Expert Systems with Applications**, 21, 239, 256
- Üreten, S., İlter, K. 2006, Supply Chain Management Ontology : Towards an Ontology-Based SCM Model, **Proceedings of the Fourth Intenational Logistics and Supply Chain Management Congress**, 741,749
- Zhang, D., Z., Anosike, A., I., Lim, M., K., Akanle, O., M. 2006 , An agent-based approach for e-manufacturing and supply chain integration, **Computers and Industrial Engineering**, 51, 343,360
- Zhang, X., Weilong , L., Jin, F. 2006, Intelligent Agent for Knowledge Management E-Commerce, **2006 1st International Symposium on Pervasive Computing and Applications**

EKLER

Ek- 1

KQML İşletimselleri

İşletimsel	Anlamı
Achieve	Göndericinin alıcıdan bir şeyleri doğru yapmasını istemesi
advertise	Göndericinin uygun işletimsel isteğinde bulunması
Ask-about	Göndericinin ilişkili ifadeleri istemesi
Ask-all	Göndericinin bütün alıcılardan soruya cevap istemesi
Ask-one	Göndericinin bir alıcıdan soruya cevap istemesi
Break	Göndericinin kurulu bağlantıyı sona erdirmesi
Broadcast	Göndericinin bütün bağlantılara işletimsel göndermesi
Broker-all	Göndericinin bütün bağlantılardan cevap alması
Broker-one	Göndericinin bir bağlantıdan cevap alması
Deny	İşletimselin desteklenmemesi
Delete-all	Göndericinin alıcıdan bütün ifadeleri silmesini istemesi
Delete-one	Göndericinin alıcıdan bir ifadeyi silmesini istemesi
Discard	Göndericinin beklediği bir cevabı göz ardı etmesi
Eos	Önceki sorguların cevaplarının bittiğini gösteren ifade
Error	Göndericinin alıcının cevabını hatalı bulması
Evaluate	Göndericinin gönderdiği sorguyu güncelleme isteği
Forward	Göndericinin mesajı diğer ajanlara iletme isteği
Generator	Bütün akışlar için bekleme durumuna geçilmesi
Insert	Göndericinin alıcıdan içeriğine bilgi ekleme isteği
Next	Göndericinin diğer cevabı beklemesi
Ready	Göndericinin alıcının bir önceki işletimseline cevap için hazır olduğunu gösteren işletimsel
Recommend-all	Göndericinin ifadeye cevap verebilecek ajanları öğrenme isteği
Recommend-one	Göndericinin ifadeye cevap verebilecek bir ajan öğrenme isteği
Recruit-all	Göndericinin ifadeye cevap verebilecek uygun ajanları öğrenme isteği
Recruit-one	Göndericinin ifadeye cevap verebilecek uygun bir ajan öğrenme

	isteği
Register	Göndericinin belirli bir ajandan işletimsel alabileceğini belirtir
Reply	Beklenen mesaja verilen cevap
Rest	Göndericinin alıcıdan cevabı beklemesi
Sorry	Göndericinin daha fazla cevap veremeyecek olması
Subscribe	Belirli bir durumun değiştğinde bildirilmesi isteği
Tell	Göndericinin alıcıdan ifadenin alıcı sanal bilgisinde bulunmasını istemesi
Transport-address	Göndericinin sembolik adını transfer adresi ile ilişkilendirmesi
Unregister	Kayıt isteğinin ret edilmesi
Untell	Göndericinin alıcıdan ifadenin alıcı sanal bilgisinden kaldırmasını istemesi

Ek-2

FIPA ACL İşletimselleri

İşletimsel	Anlamı
Accep-proposal	Gönderici ajanın diğer ajan tarafından verilen teklifi kabul etmesi
Agree	Gönderici ajanın istenilen eylemi kabul etmesi
Cancel	Gönderilen teklifin kabul edilmemesi
Cfp	Ajan arasındaki müzakerenin başlaması
confirm	İçeriğin kabul edilmesi
Disconfirm	İçeriğin yanlışlığının kabul edilmesi
Failure	İstenilen eylemin gerçekleştirilememesi
Inform	Bilgi paylaşımı işletimseli
Inform-if	İfadenin doğruluğunun bildirilmesi
Inform-ref	Değerin doğruluğunun bildirilmesi
Not-understood	Göndericinin bir ajanın bir eylemi neden yaptığının anlaşılması üzerine gönderdiği işletimsel
propagate	Mesajın belirlenen ajanlara gönderilme isteği
propose	Teklif verilmesi
proxy	Vekil ile propagate işletimselinin kullanılması
Query-if	İfadenin doğruluğunun sorgulanması
Query-ref	Değerin doğruluğunun sorgulanması
Refuse	İsteğin ret edilmesi
Reject-Proposal	Teklifin ret edilmesi
Request	Eylemin yapılmasını isteği
Request-when	Belirli koşula göre eylemin yapılma isteği
Request-whenever	Her koşulda eylemin yapılma isteği
Subscribe	Belirli bir durumun değiştiğinde bildirilmesi isteği