

*Ferentinos, K.P., I.K. Kookos, K.G. Arvanitis, and Nick A. Sigrimis. 2006. Section 8.2 Quality Issues for Agricultural Product Chains, pp. 480-500 of Chapter 8 From Production to the User, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.*

*Çevirmen: Cumhuri ERDEM*

*Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN*

## 8.2 Tarımsal Üretim Zincirinde Kalite Sorunları

*Yazarlar: K.P. Ferentinos, I.K. Kookos K.G. Arvanitis ve N.A. Sigrimis*

*Çevirmen: Cumhuri ERDEM*

**Özet:** *Bu bölümde tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili bazı teorik bilgiler sunulmaktadır, yeni ortaya çıkan teknolojilerin tedarik zinciri yönetimi üzerindeki rolünü incelemek ve tarımda çevreye duyarlı tedarik zincirlerini garantileyecek önlemler hakkında bilgi sağlamaktır. Daha sonra tarımsal işletmecilikte tedarik zinciri yönetiminin uygulama yollarına odaklanılmaktadır. Son olarak, tarımsal üretimde izlenebilirlik ve etiketleme sistemindeki en son teknolojik ilerlemeler sunulmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Tedarik zinciri yönetimi, Tarımsal işletmecilik, İzlenebilirlik, Etiketleme sistemi*

### 8.2.1 Giriş

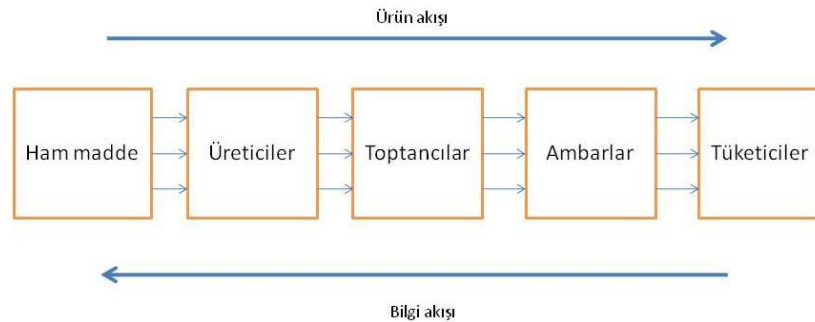
Geçmişte organizasyonlar, tedarik zinciri boyunca birleşimde yer alan bağımlılıklar ve etkileşimleri dikkate almadan, tesis içerisinde stratejik kararlar alarak bağımsız bir şekilde yönetiliyordu. *Tedarik zinciri* konsepti imalat ortamında artan üretim maliyetleri, azalan kaynaklar, kısalan ürün yaşam ömrü ve piyasa ekonomilerindeki küreselleşme gibi değişimlerden ortaya çıkmıştır [1]. Mevcut piyasaların rekabetçi gerçekleri ve bunların çağdaş operasyonlar yöneticisi üzerindeki etkisi Skinner [2] tarafından uygun bir şekilde özetlenmiştir: “daha küçük geçişler ile daha kısa tedarik süresine sahip ve kusursuz kalite de ürün çeşitliliği yap. Süreçlerde ve materyallerde otomasyon ve yeni teknolojiler vasıtasıyla yatırımın getirisini (ROI, Return On Investment) artırılmalıdır ki yerel ve uluslararası rekabet etmek amacıyla fiyatlar düşürülebilir. Makineleş fakat esnek iş takvimini, az miktarda stok bulundurmamayı, en az sermaye maliyeti sağlamayı ve çalışanları memnun etmeyi koru”. İstikrarlı ve kusursuz kalite elde etmek için toplam kalite yönetiminin (TKY), makul bir maliyette faal üretim ve çabuk yanıt verebilmek için esnek üretim sistemleri (EÜS) ve düşük stok ile ürün dağıtımının çabuk yapılması için tedarik zinciri yönetimi (TZY) mekanizmasının ortaya çıkışı bu yeni rekabet baskılarına karşılık verme olarak kabul edilmektedir [3].

Stevens'a göre [4] tedarik zinciri; malzemelerin ileri beslemeli akışı ve bilginin geri yönlü akışıyla birbirleriyle bağlanan malzeme tedarikçileri, üretim tesisleri, dağıtım servisleri ve tüketicileri içeren bileşenlerden oluşan bir sistemdir (Şekil 1). Diğer bir söyleyişle, çoklu iş alanları ve ilişkilerin bir ağıdır. Birbirleriyle bağlantılı beş ticaret sistemi şeklinde tanımlanabilir (1) mühendislik, (2) pazarlama, (3) üretim, (4) dağıtım ve (5) yönetim sistemleri.

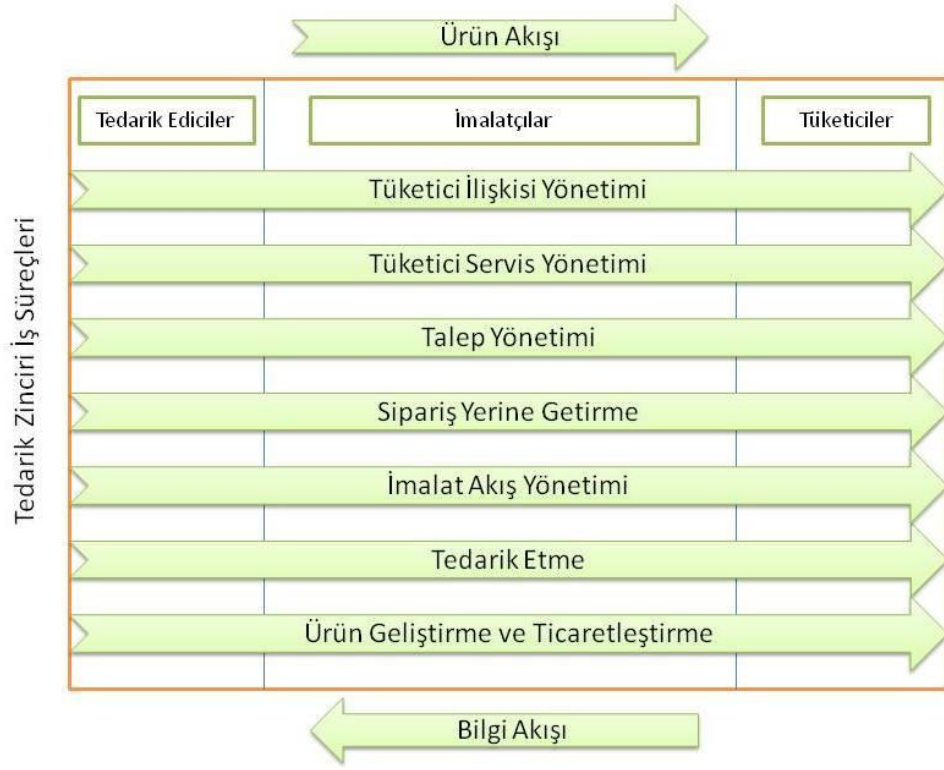
Beamon [1]'a göre tedarik zinciri iki temel ve ileri derece entegre olmuş süreçler gerektirmektedir. Bunlar (1) üretim planlaması ve stok kontrol süreci ve (2) dağıtım ve lojistik sürecidir. Üretim planlaması ve stok kontrol süreçleri imalat ve depolama süreçlerinin yanında onların arayüzlerini kapsamaktadır. Üretim planlaması tüm üretim süreçlerinin yönetimi ve tasarlanmasını tanımlarken, stok kontrol; depolama politikaları ve prosedürlerinin yönetimi ve tasarlanması ile ilgilenmektedir. Dağıtım ve lojistik süreçleri ambarlardan ürünlerin nasıl çıkartılacağını ve dağıtım tesislerine nasıl taşınacağını ve son olarak perakendecilere nasıl ulaştıracağını belirler. Entegre olmuş tedarik zinciri bu iki sürecin yoğun etkileşiminden elde edilmektedir.

Küresel pazarların genişlemeye devam etmesi ve daha çok firmanın uluslararası nitelik kazanması günümüzde tedarik zincirlerinin karmaşasını arttırmakta ve birbirinden bağımsız olarak yönetilen tesislerin daha zayıf bir performans ortaya koymalarına sebep olmaktadır [5]. Bugün çok açıktır ki tedarik zincirinde tek bir unsura odaklanmak bütün sistemin etkinliğini garanti edemez. Verilerin kalitesi ve tedarik zincirinin aşırı karmaşıklığı tedarik zinciri problemlerinin formüle edilmesini çok zorlaştırmaktadır ve entegre tedarik zinciri yönetimini zorunlu kılmaktadır.

*Tedarik zinciri yönetimi* terimi orijinal olarak 1980'lerin başında uzmanlar tarafından ortaya konulmuştur [6]. TZY'nin bir çok tanımı mevcuttur. Bunlardan bir çoğu kaynak [7]'de verilmektedir. Küresel tedarik zinciri forumuna göre, TZY son kullanıcıdan itibaren tüketicilere ve diğer paydaşlara değer kazandıran ürünleri, servisleri ve bilgiyi sağlayan orijinal tedarikçilere kadar giden kilit iş süreçlerinin bir entegrasyonudur.



Şekil 1. Tedarik zincirinin genel bir şematik sunumu.



Şekil 2. Tedarik zinciri boyunca TZY esnasında iş süreçlerini birleştirme ve yönetme.

Buna göre, iş süreçleri şirket içi veya şirketler arası sınırlar boyunca birbirleriyle bağlanmış tedarik zinciri iş süreçleri haline gelir [8] (Şekil 2). Bu bütün aktivitelerin organizasyonlar arası seviyenin yanında bölüm seviyesinde yönetildiği anlamına gelir. Firmalar arası stokların ve ulaştırma kapasitelerinin yönetimine odaklanmak yerine, TZY; malzeme ve ürün bileşenleri temininden nihai ürünlerin son tüketicilere dağıtımına kadar olan tüm organizasyon kümesinin aktivitelerini birleştirmeyi amaçlar [9]. Son yıllarda TZY, pazarlama ve şirket stratejisi arasındaki ilişkide ortaya çıkan temel değişimleri yansıtmak için gelişme göstermiştir. TZY sadece firma merkezli olmayıp tüm bağlantı üyeleri arasındaki bağlantı performansındaki gelişmelere öncülük etmektedir. Bu gelişmeler aşağıdaki sebeplerle [10]:

- Esas yetkinliklere konsantre olarak düplikasyon etkilerinden kaçınma,
- *Faaliyet temelli maliyetlendirme* ve *elektronik veri değiş tokuşu* gibi organizasyonlar arası standart kullanma ve
- Tedarik zincirinin sonuna doğru isteğe göre düzenlemeleri erteleyerek gereksiz stok seviyelerinden kurtulmak.

TZY'nin anahtar elementi faaliyet entegrasyonudur. Lojistik uygulamaları yanında TZY'nin yönetim kanalı ile hem bağlantı üyeleri arasındaki işlemlere odaklanmayı hemde bağlantı içerisindeki ilişkilere odaklanmayı birleştiren bir

stratejidir. Örgütsel yapıların ve alıcılar ile satıcılar arasındaki sözleşmeye dayalı ilişkileri tanımlayarak, bir karşılıklı menfaat ilişkisi ortaya çıkarmayı gözetir.

### **8.2.2 TZY Teorisi ve Prensipleri**

TZY hakkında bir literatür taraması ve analizi, deneysel çalışmalara kıyasla teorik çalışmaların nispeten yetersiz olduğu sonucuna varmıştır [7]. TZY'nin kavramsal çerçevesi, TZY'nin birbiri ile ilişkili yapısı ve bir tedarik zincirinin başarıyla yönetme ve tasarlamak için bir çok basamak vasıtasıyla ilerleme ihtiyacı üzerine odaklanmaya çalışır [8]. TZY tedarik zinciri ağı yapısı, tedarik zinciri iş süreçleri ve tedarik zinciri yönetimi bileşenleri olmak üzere birbiri ile yakın ilişkili üç unsurdan oluşur. Ağ yapısı, üye firmalar ve bu firmalar arasındaki bağlantılardan oluşur. İş süreçleri tüketicilere değer kazandıran belirli bir çıktı üreten tüm aktivitelerdir. Yönetim bileşenleri içinde tedarik zinciri boyunca iş süreçlerinin entegre edildiği ve yönetildiği yönetsel değişkenlerdir.

Bir tedarik zincirinde bütün firmalar, ham maddeden nihai tüketicilere kadar iştirak ederler. Bu zincirin istenen yönetim derecesi birçok faktöre bağlıdır. En önemlileri; ürün karmaşıklığı, mevcut tedarikçilerin sayısı ve ham madde mevcudiyetidir. Yapının karmaşıklığının boyutu, tedarik zincirinin uzunluğu ve her bir seviyedeki tedarikçilerin ve müşterilerin sayısı ile belirlenir. Tedarik zincirinin farklı noktalarındaki ilişkilerin birbirine yakınlığı farklı olabilir. Yönetim özel bir tedarik zinciri bağlantısı için uygun olan ortaklık seviyesini seçmelidir [11]. En uygun ilişkiler, özel durumlar kümesine en iyi uyanlardır [12].

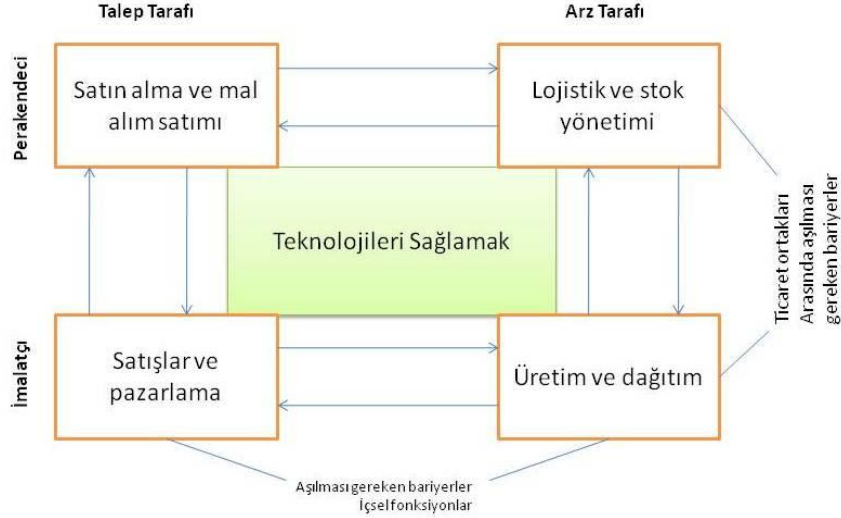
Bir tedarik zincirinin performansı; iş süreçlerinin yapısı, bilgi sistemleri ve karar destek kurallarının yanında tedarik zinciri üyeleri arasındaki ortaklığın yapısından etkilenmektedir. Eğer tedarik zinciri, kendisinin fiziksel öznitelikleri ile ölçüldüğü gibi uygun bir şekilde yapılandırılmamışsa ortaya çıkan zararları tamir etmek için çok az şey yapılabilir. Eğer tedarik zinciri altyapısı uzunca ve değişken tedarik zamanına, zayıf tüketici talep şekilleri anlayışına, zayıf ürün kalitesine ve belirsiz üretim kapasitesine sahip ise, o halde daha yoğun bilgi sistemi adaptasyonu, karar destek araçları veya ortaklar ile işbirliği yapma çabaları vasıtasıyla çok az bir rekabet avantajı elde edilebilir. Bu nedenle, eğer sadece tedarik zincirinde birçok kilit unsur yer alıyorsa, rekabet avantajı ortaya çıkar. Bunlar; müşterileri bilmeyi, israfı, geçerliliği ve belirsizliği ortadan kaldıran yalın bir tedarik zinciri organizasyonu oluşturmayı, sıkıca birleşmiş bilgi altyapısı ve iş süreçleri inşa etmeyi ve son olarak, sıkıca birleşmiş karar destek sistemi oluşturmayı içermektedir.

### **8.2.3 TZY'nin Önemli Şekilleri**

Bugün kullanılan tedarik zinciri yönetim sistemleri zamanla gelişmiştir ve genelde yöneylem araştırma modellemesi paradigmasına dayalıdır. TZY'nin en önemli iki şekli aşağıda özetlenirken, modelleme yaklaşımı 8.2.4'nolu bölümde sunulacaktır.

### ***Etkin Tüketici Dönüşü (ETD)***

TZY'nin son zamanlarda ortaya çıkan ve en önemli stratejilerinden birisi *etkin tüketici dönüşü (ETD)*'dir. ETD; "distribütörlerin, tedarikçilerin ve komisyoncuların market tüketicilerine daha fazla değer katmak için birlikte çalışmaya beraberce söz vermesi ile oluşan bir market endüstri stratejisi" şeklinde tanımlanır [13]. Bu TZY yaklaşımı; etkin yerine koyma, etkin promosyon, etkin mağaza çeşitliliği ve etkin ürün tanıtımından oluşan dört bölümlü bir sürecin uygulamaya konması ile tüketici isteklerinin daha iyi karşılanması hedefine ulaşmayı amaçlar [10]. ETD stratejisinin



Şekil 3. Odak alanlarına göre ETD uyum süreci.

gerçekleştirilmesi, bilgi sistemleri ve geliştirilmiş iş süreçleri gibi imkan sağlayan teknolojilerin kullanımını gerektirmektedir [14]. Sonuç olarak, çeşitli bağlantı üyeleri arasındaki uyum sağlanır (Şekil 3). Şekil 3'de gösterilen dört odak alanı (satışlar ve pazarlama, üretim ve dağıtım, satın alma ve alım satım, lojistik ve stok yönetimi) iştirak eden şirketler içerisinde düzenlenmesi beklenir. Onlar organizasyonlar arası ve bölümler arası çalışma grubu olarak yorumlanmalı, böylece onların uygulanması firma içinde ve firmalar arasında fonksiyonel ve organizasyon sınırlarının yok olmasını akla getirir. Bu yolla, bağlantıdan finansal ve prosedür ile ilgili kayıplar ortadan kaldırılır ve takım üyeleri bütün bağlantıların performansını arttırmak için çalışmaya teşvik edilir.

Bazı durumlarda sonuçların gerçekleştirilmesi için fazla zamana ihtiyaç olmasına rağmen, ETD stratejileri genelde olumlu sonuçlar vermiştir. Organizasyon seviyesinde daha fazla ampirik bulgulara ihtiyaç olduğu doğrudur ve yeni araştırmalar ETD'den elde edilen sonuçlara ve ETD'nin firmanın toplu performansı üzerine etkilerinin değerlendirmesine odaklanmalıdır.

### ***Tam Zamanında (TZ)***

Tam zamanında (TZ); güvenli stok tutma gibi gereksiz uygulama ve aktiviteleri belirleyerek ve elimine ederek tedarik zinciri boyunca materyal akışına kesinlik ve pürüzsüzlük kazandırmayı amaçlayan bir sürekli gelişmenin yönetim felsefesidir. Gelecekteki talep seviyesinde veya imalat için tedarik süresinde veya stokları yeniden doldurulması hususlarından birisindeki belirsizliklerden dolayı işletmeler stok bulundurlar. Her zaman doğru miktarı doğru yere doğru zamanda dağıtabilen kalite garantili tedarik ortakları ağını oluşturmak TZ yaklaşımının hedeflediği şeydir. Malzemeler, pahalı güvenlik stokunu gereksiz kılarak tedarik ortaklarının istemiş olduğu günde kesinlik kazanmış zamana göre dağıtımını yapılmaktadır.

Amerikan Üretim ve Envanter Kontrol Topluluğu (APICS, The American Production and Inventory Control Society) TZ'nin tanımını şu şekilde yapmıştır: “Bütün israfları planlanmış bir şekilde elimine etmeye ve üretkenliğin devamlı geliştirilmesine dayalı bir imalat felsefesidir”. Tasarım mühendisliğinden dağıtıma kadar nihai bir ürünün üretimi ve hammaddeden başlayarak dönüştürmenin ileri bütün aşamalarını kapsayan tüm üretim aktivitelerinin başarılı bir şekilde yerine getirmeyi içerir. Ana unsurlar sadece gerekli olan mal mevcudiyetinin gerekli olan zamanda sahip olunmasını; kaliteyi sıfır hatayla iyileştirmesini; kurulma zamanını, bekleme uzunluğunu ve sipariş miktarını azaltarak tedarik süresinin düşürülmesini; işlemlerin kendilerini artarak gözden geçirmesini ve bütün bunları en az maliyetle tamamlamasını içerir”.

TZ uygulamalarının esas amaçları; maliyetleri düşürmek, teslim zamanını iyileştirmek, kalite ve performansını arttırmak, esneklik getirmek ve yenilikçiliği arttırmaktır. Elimine edilecek bazı belirgin artık tipleri şunlardır: fazla üretim ve bekleme zamanı, taşımacılık, stok ve işleme artıklarının yanında teklif artığı ve üretim kusurlarından ortaya çıkan artıklar. TZ prensipleri başarılı bir şekilde uygulandığı zaman, önemli bir rekabet avantajı ortaya çıkar. Bununla beraber, TZ'nin başarılı bir şekilde uygulanması için bazı gereksinimler vardır. Bu gereksinimlerin bazıları şunlardır:

- Satış tahminlerinin ve uygun olduğu yerde üretim planlaması geliştirilmesi ki alıcılar ve satıcılar gereksinimler hakkında daha iyi bilgilendirilebilsin;
- Etkili bir bilgi sistemi oluştur böylece tedarikçiler program ile ilgili herhangi bir değişiklikten hemen haberdar olsun;
- Tedarikçilerin kalite için sorumluluğu kabul ettiği, kaliteyi üretimden sonra değil üretin esnasında takip ettiği ve sıfır kusur için çalıştığı bir kalite garanti programı ve
- Tüm tedarik zinciri boyunca katma değer yaratmayan aktiviteleri kaldırmak.

### **8.2.4 Tedarik Zinciri Modellemesi**

Şekil 1'de görülen genel tedarik zinciri beş aşamadan oluşur. Her bir aşama takip eden aşamaların veya önde olan aşamaların ardında kalan aşamaların kaynağı

olarak düşünülebilir. Her bir aşama kendilerinin şu özellikleri ile karakterize edilir [15]:

- konumu,
- ürünlere ve hammaddeye talep,
- her bir ürün veya aşama içerisindeki süreçler ile ilgili maliyet,
- müşteri servisi gereksinimleri,
- teknik, hukuki veya işlemsel kısıtlayıcılar,
- kapasite kısıtlayıcıları (ürün ve konuma göre maksimum ve minimum),
- maksimum demirbaş yatırım kısıtlayıcısı ve
- sipariş işlemlerini yapma gereksinim ve kısıtlayıcıları.

Tedarik zincirleri tasarımı ve analizi için çok aşamalı modeller, tanımlayıcı modeller veya optimizasyon modelleri olarak sınıflandırılabilir [16]. Tanımlayıcı modeller; modelleme uygulayıcıları tarafından şirket içerisinde ve dışarıdaki fonksiyonel ilişkiler hakkında anlayışlarını arttırmak amacıyla geliştirilir. Tanımlayıcı modeller şunları içermektedir [16]:

- *öngörü modelleri*, tarihi verileri kullanarak talep veya hammadde maliyetinin tahmin edilmesi için kullanılır;
- *maliyet ilişkileri*, maliyet belirleyicilerinin fonksiyonlarına göre maliyetin nasıl değiştiğini tanımlar;
- *kaynak kullanım ilişkileri*, kıt kaynakların nasıl tüketildiğini tanımlar ve
- *simülasyon modelleri*, gerçek veri mevcut olmadığında, belirgin durumları ve şartları değerlendirmeye yardım eder veya simüle edilmiş veri oluşturmak için model olarak kullanılır.

Optimizasyon modelleri yöneticilere daha iyi kararlar almada yardımcı olmak için modelleme uygulayıcıları tarafından geliştirilmiştir. Açık olarak, optimizasyon modellerinin geliştirilmesi veriye ve girdi olarak modellere gereksinim duyar ve sonuç olarak tanımlayıcı modeller bu görev için kullanılır.

Min ve Zhou [17] tedarik zinciri modellerini dört ana grupta sınıflandırmıştır: deterministik (olasılığa dayalı olmayan), stokastik (olasılıklı), hibrit (melez) ve BT güdülü. Deterministik modellerde parametrelerin ve verilerin bilindiği varsayılırken, stokastik modellerde bu bilgilerde belirsizlik söz konusudur. Son çalışmaların birinde Melachrinoudis ve Min [18] tedarik zinciri sistem modellemesinin çok yönlü mahiyetinin aydınlatıcı irdelenmesi ile birlikte temsili bir deterministik modelleme yaklaşımını sunmuştur. Lee ve ark. [19] üretimi yerine getirme kapasitesi kısıtlayıcılarına bağlı olarak üretimin beklenen maliyeti, stok tutma ve talep fazlası müeyyidesini minimize etmeyi amacıyla dinamik bir programlama modeli geliştirerek temsili bir stokastik modelleme yaklaşımını sunmuşlardır. Hibrit modeller, deterministik ve stokastik modellerin unsurlarını içermektedir. Temsili bir örnek kaynak [20]'de sunulmuştur. Yazarlar, dağıtım ve işleme merkezlerinin sayısı ve konumuna ilave olarak her bir dağıtım merkezinin kapsadığı bir piyasa alanı grubu

belirlemek için karışık tamsayı programlama modelleri ve simulasyondan oluşan bir kombinasyon kullanmışlardır.

BT güdülü modeller, uygulama yazılımları kullanarak gerçek zaman tabanlı tedarik zinciri planlamasının çeşitli safhalarını entegre ve koordine etmeyi amaçlar. Buradaki amaç, bütün tedarik zinciri boyunca görünürlüğü arttırmaktır. Bu kategorideki modellerin içeriklerinden bazıları şunlardır: ambar yönetim sistemi (AYS), nakliye yönetim sistemi (NYS), dağıtım kaynağı planlaması (DKP) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS)'dir. Temsili bir örnek kaynak [21]'de verilmiştir.

### ***Tedarik Zinciri Performans Ölçümleri***

Tedarik zincirinin davranışını tanımlamaya yarayan bir model ihtiyacından başka, performansını değerlendirmeye de ihtiyaç vardır. Performans ölçümleri; mevcut sistemin verimliliğini ve etkinliğini belirlemek ve daha önemlisi karar verme değişkenlerinin değerlerini belirleyerek önerilen sistem dizaynı için alternatif sistemleri karşılaştırmak için kullanılır. En yaygın kullanılan performans ölçümleri kalitatif (nitel) ve kantitatif (sayısal) performans ölçümleri olarak sınıflandırılabilir.

Beamon [1] kantitatif performans ölçümleri tek bir sayısal değerle doğrudan ifade edilemeyen durumlar için kullanılır. *Tüketici memnuniyeti* (tüketicinin ürün ile memnun olma derecesi) en önemli kantitatif performans ölçümlerinden birisidir ve üç unsurdan oluşur: işlem öncesi memnuniyet (ürün satın alımından önce), işlem memnuniyeti (ürünün fiziksel dağıtımı ile ilgili) ve işlem sonrası memnuniyet (ürün kullanımı ile ilgili). Tedarik zinciri *esnekliği* (talepteki rassal dalgalanmalara tepki verme derecesi) ve *risk yönetimi* (tedarik zinciri içerisindeki bütün ilişkilerin özünde olan riskin etkilerini en aza indirmek) de en önemli kantitatif performans ölçümleri arasındadır.

Kantitatif performans ölçümlerinin birçoğu tedarik zincirinin kârı veya maliyeti ile direkt ilişkilidir. Maliyet minimizasyonu, demirbaş yatırımının minimizasyonu, satışların maksimizasyonu veya kâr maksimizasyonu (hasıla maliyet) doğrudan maliyet veya kâr ile ilgili olan performans ölçümleridir. Diğer kantitatif ölçümler müşteri duyarlılığına dayalıdır. Tam zamanında karşılanan müşteri siparişleri oranının maksimizasyonu ve ürünün siparişi ile ürünün ulaştırılması arasındaki zamanı minimize etmek, maliyet ve kâr ile direkt bağlantılı olmayan yaygın kullanılan performans ölçümleri arasındadır.

### ***Tedarik Zinciri Modellemesinde Tasarım Değişkenleri***

Tedarik zinciri sisteminin yürütülmesi ve yapısı ile ilişkili kararlar almaya yardımcı olması için yukarıda tartışılan performans kriterleri ve modelleri bütünleştirilebilir. Bu kararlar, tedarik zincirinin tasarım değişkenleri yönünden ifade edilir ve üç seviyede sınıflandırılabilen tedarik zinciri yönetimi aktiviteleri ile ilişkilidir [22]: işletme seviyesi, taktik seviye ve stratejik seviye. Tasarım değişkenleri; yapılandırma seviyesinde tasarım değişkenleri veya işletme yönetimi ve



kontrol seviyesinde tasarım değişkenleri şeklinde sınıflandırılabilir [23]. Yapılandırma seviyesine ait değişkenler, normal olarak taktik ve stratejik seviye faaliyetleri ile ilişkilidir ve dahil olan iştirakçiler, uygulanması gereken roller, işbirliğinin tarzı, yürütülen roller için kısıtlayıcılara göre ve kullanılan BT veya fiziksel altyapıya göre tedarik zincirinin yapılandırılmasını (topoloji) belirler. İşletme yönetimi ve kontrol seviyesine ait değişkenler, normal olarak taktik ve işletme seviyesi faaliyetleri ile ilişkilidir ve belirli bir topoloji için işlemlerin işbirliği ve bütünleşik planlamasını belirler.

Bir tedarik zincirinin performansı ile fonksiyonel olarak bağlı olan karar değişkenlerinin en önemlileri aşağıda verilenler ile ilişkilidir:

- *konum kararları*: üretim ünitesinin, ambarların, ve dağıtım merkezlerinin sayısı, ebadı ve fiziksel konumu;
- *üretim kararları*: tedarikçilerin tesislere dağıtımı, her bir tesiste üretilen ürünler vb. gibi;
- *stok kararları*: stok seviyesi yönetimi ve
- *ulaştırma kararları*: ulaşım araçları tipi, sevkiyat ebadı vb. gibi.

### ***Optimizasyon Modelleri ve Çözümleri***

Bir model, ele alınan problemin esas özelliklerini tanımlanması için araç olarak kullanılabilir. Bir matematiksel modelin ortaya koyduğu bütünlük ve hassasiyetin yanında modelin gelişmesindeki var olan anlayış, modelleri (ve modelleme gelişimi); tedarik zinciri gibi karmaşık, karşılıklı etkileşim içinde olan ve ileri düzeyde bütünleşik sistemler hakkında anlayışımızı arttıracak çok değerli araçlar yapar. Tedarik zinciri modellerinin en büyük değeri, karar verme aşamasında yardımcı olmak için uygun bir modelin kullanılabilir olma gerçeğinden gelmektedir.

Geçmişte, optimizasyon modellerinin kullanımı büyük ve pahalı bilgisayarların mevcudiyeti ile belirleniyordu. Sonuç olarak kullanımları ve değerleri sınırlıydı ve birçok kullanıcı, karar değişkenlerinin optimum değerlerini belirlemede deneye dayalı veya simülasyon yaklaşımlarında karar kılmaya mecbur bırakılıyordu. şu an bilgisayar gücü kabul edilebilir düşük maliyet ile mevcuttur ve maliyet etkin veri işleme sistemleri ile birleştirilmiştir. Bilgisayarlar bir tedarik zincirinin yapısı, kontrolü ve yürütülmesi ile ilişkili tasarım değişkenlerinin optimum değerlerini belirlemek için optimizasyon tekniklerinin yaygın kullanımına izin verir.

Tedarik zincirinin optimizasyonunda kullanılan matematiksel modeller iki değerli değişkenlerle birlikte sürekli değişkenleri içerir ve genel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}
& f(x,y) = 0 \text{ ve } g(x,y) \text{ ve} \\
& g(x,y) \leq 0, l_i \leq x_i \leq u_i, \forall i, y_j \in \{0,1\}, \forall j \\
& \text{Kısıtlayıcısı altında} \quad \min_{x,y} J(x,y)
\end{aligned} \tag{1}$$

Burada

Burada:

$x$  = sürekli değişkenler vektörü,

$y$  = iki değerli optimizasyon değişkenleri vektörü,

$j$  = tek veya çok amaçlı kantitatif performans kriteri,

$f$  ve  $g$  = tedarik zinciri davranışını ve kısıtlayıcılarını tanımlayan vektör değerli fonksiyonlar.

Matematiksel programlama probleminin bu genel formu karmaşık tamsayı, doğrusal olmayan programlama problemi (KTDP, [24]) olarak bilinir. Amaç fonksiyonunun ve kısıtlayıcıların doğrusal olması durumunda Eşitlik (1) aşağıdaki gibi basitleştirilir:

$$\begin{aligned}
& Ax + By = 0 \\
& \text{ve } Dx + Ey \leq 0, l_i \leq x_i \leq u_i, \forall i, y_j \in \{0,1\}, \forall j \\
& \text{Kısıtlayıcısı altında} \quad \min_{x,y} e^T x + d^T y
\end{aligned} \tag{2}$$

Bu form karmaşık tamsayı doğrusal programlama problemi (KTDP) olarak bilinir ve KTDP'a kıyasla çözümü oldukça kolaydır. Bununla beraber,  $y$  değişkeni alanının tümleşik yapısı sebebiyle, bütün alternatif çözümlerin ( $n$  tane iki değerli değişken için  $2^n$  alternatif kombinasyon mevcuttur) tamamının belirtilmesinin başarısız olacağı görülmektedir. Ayrıca, KTDP modelleri  $NP$  tam problemleri sınıfına aittir. Tam sayı değişkenleri kullanan modelleme ve KTP problemlerinin (karmaşık tam sayı, doğrusal veya doğrusal olmayan programlama problemleri) çözümü üzerine hazırlanmış ulaşılabilir kaynaklar arasında Floudas [24] ve Williams [25]'in hazırladığı kitaplar sayılırken, Wolsey [26] daha ileri düzey (daha okunabilir) bir sunum önermektedir.

KTDP problemlerini çözmek için algoritma yaklaşımı; *branş ve sınır* metotları, *kesen düzlem* metotları, *ayrışım* metotları, *mantık tabanlı* metotlar veya branş ve sınır ve kesen düzlem metotlarının kombinasyonu olan *branş ve kes*.

KTP problemlerinin çözümünde çok önemli bir fikir, gevşetme fikridir [26]. Eğer  $W \subseteq T$  ve  $\varphi(z) \leq \theta(z), \forall z \in W$  ise  $(RP) z^{RP} = \min\{\varphi(z) : z \in T \subseteq R^n\}$  problemi  $(IP) z^{IP} = \min\{\theta(z) : z \in W \subseteq R^n\}$ 'nin bir gevşetilmesidir. Eğer  $RP$   $IP$ 'nin gevşetilmesi ise,  $z^{RP} \leq z^{IP}$ 'dir. En çok bilinen gevşetilme, doğrusal programlama gevşetilmesi olarak ifade edilen bütünsellik kısıtlayıcılarının ( $y_j \in \{0,1\}$  kısıtlayıcıların  $y_j \in [0,1]$ 'e gevşetildiği zaman) gevşetilmesidir. Bu durumda ortaya çıkan problem, KTDP problemine kıyasla çözümü çok daha kolay

olan doğrusal programlama (DP) problemidir. DP problemini çözme ile başlangıçtaki KTDP probleminin bir alt sınır çözümünü elde ederiz. KTDP probleminin üst sınır çözümü, iki değerli değişkenleri isteğe bağlı olarak sabitleme ile elde edilebilir (*kısıtlayıcı*).

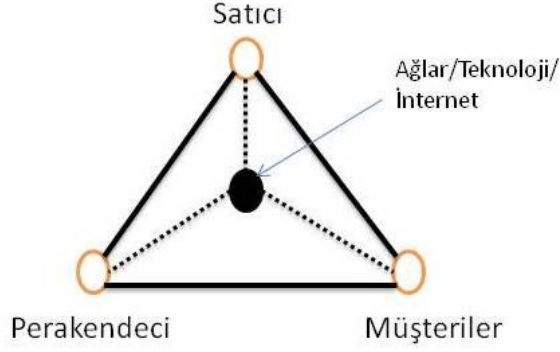
KTP problemlerinin çözümü için branş ve sınır metodolojisi y değişkenlerinin tüm kombinasyonlarını incelemeyen, alternatiflerin “akıllıca” dökümünün yapılması fikri üzerine kuruludur. Bu tür bir dökümde anahtar eleman iki değerli ağaç yoluyla alternatiflerin sunumudur. Bu ağacın her bir boğum noktasında bir doğrusal programlama gevşetilmesi çözülür. Sonra, dallandırma kısıtlarına bağlı olarak, çocuklar boğumu oluşturulur. Eğer doğrusal programlama gevşetilmesi olumsuz ise, eğer doğrusal programlama gevşetilmesinin çözümü bir tam sayı çözümü ise veya eğer doğrusal programlama gevşetilmesinin çözümü mevcut en iyi tam sayı çözümünden daha kötüyse, boğum dallandırılmamıştır (derinliğine inilmemiştir).

Modelleme dillerinin yanında son zamanlardaki matematiksel programlama sistemlerinin birçoğunun detayları, Yöneylem Araştırması ve Yönetim Bilimleri Enstitüsü tarafından yönetilen web sayfalarında verilmiştir. Örnek olarak en son incelemeler için [www.lionhrtpub.com/orms/surveys/LP/LP-survey.html](http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/LP/LP-survey.html) adresine bakılabilir. AMPL ([www.ampl.com](http://www.ampl.com)), GAMS ([www.gams.com](http://www.gams.com)), ve XPRESS-MP ([www.dash.co.uk](http://www.dash.co.uk)) en çok bilinen diller arasındayken CPLEX ([www.ilog.com](http://www.ilog.com)), OSL ([www.research.ibm.com/osl](http://www.research.ibm.com/osl)) ve XPRESS ([www.dash.co.uk](http://www.dash.co.uk)) en başarılı genel KTP çözücüleri arasındadır.

### 8.2.5 TZY’de Yeni Teknolojilerin Rolü

TZY geçmişte bugün olduğundan daha basitti. İmalatçılar toptancılara veya perakendecilere direkt satış yapıyordu. Satış elemanları tedarik zincirindeki müşterilerini arıyor ve siparişleri alıyordu veya perakendeciler siparişleri için arıyor veya siparişleri e-posta ile gönderiyordu. Bu düşük düzey teknolojiye sahip tedarik zinciri, 1980’lerde ortadan kalmaya başladı ve 1990’ların ortasında neredeyse görünmez oldu. Dünya ekonomisinin şebekelenmiş hale gelmesi ile tedarik zincirleri önemli ölçüde değişim göstermekte ve internet ve diğer yeni teknolojiler, tedarik zinciri üyeleri arasındaki karşılıklı ilişkilerde önemli bir rol oynamaktadır.

Kaynak [27]’den alınan Şekil 4, ağlar/teknoloji ve internetin satıcı/perakendeci/müşteri üçgeninin bağlantısında yer aldığı genişletilmiş tedarik zincirini göstermektedir. Lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin geleneksel alanı; demirbaş kontrol sistemi, sınıflandırma yönetimi, bağlantı koordinasyonu, bağlantı işbirliği ve perakendeci ağları gibi konuları içeren satıcı perakendeci bağlantısı olmaktadır. Perakendeci müşteri bağlantısında, veri depoları ve bağlılık programları,



Şekil 4. Ağ tabanlı ekonomi-tesir etmiş tedarik zinciri [27].

çoklu satış kanalları, çeşitlilik planlaması, üçüncü taraf lojistik araçlar ve tersine lojistik (bağlantı yoluyla satış yapılan ürünü geri alma işlemi) gibi süreçler ile yönetilen birçok yeni problemler ve araştırma soruları ortaya çıkmıştır. Son olarak, internetin gelişmesi, satıcı müşteri bağlantısında ve genel olarak tedarik zincirinde özellikle maliyet düşürme ve hizmet gelişmeleri için araştırma fırsatlarını genişletmiştir [28]. İmalatçıların direkt olarak nihai tüketiciye satması ile araçların ortadan kalkması, internetin bir sonucu olarak artan sıklıkta ve yoğunlukta görülmektedir. Ek olarak üreticiler, müşteri yönelimlerini güçlendirmede artan ilgi ve kabiliyete sahiptirler [27].

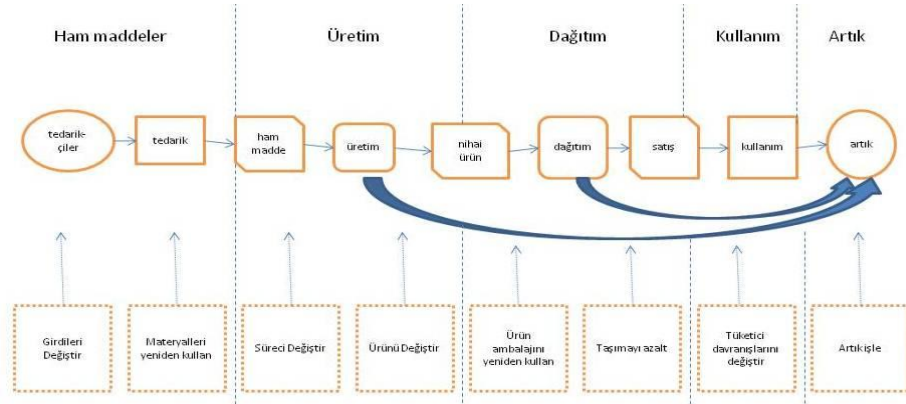
### 8.2.6 Çevreye Duyarlı TZY

Tedarik zinciri ham madde çıkarma, üretim, dağıtım ve malların kullanımını içerir. Tedarik zincirinde her bir bileşende ortaya çıkan artıklar, zincirin sonunda toplanmaktadır. Tedarik zincirinin emisyonları ve artıkları taşınır ve dönüştürülür ve çevreye zarar verme etkisi ile su, hava ve toprak kirliliğine sebep olur. Artık ve emisyonların miktarı tedarik zinciri içerisinde bazı eylemler ve değişiklikler ile azaltılabilir. Yani, emisyon ve artık akışını düşürmek için yeni kararlar gereklidir. Hukuki gereksinimler ve değişen tüketici tercihleri, tedarikçileri ve imalatçıları artan bir şekilde hatta satış ve dağıtımın ötesinde ürünlerinden sorumlu yapar [29].

Şekil 5 bir tedarik zincirindeki potansiyel çevresel eylemleri göstermektedir. Artık değerlendirme gibi ilk eylem, etkiye yönelik olmaktadır. Teknolojideki materyallerin yeniden kullanımı ve ürünlerin paketlenmesi ve geri kazanılması gibi artışa yönelik ve emisyonla yönelik uyarlamalar bir miktar daha bütünlüktür. En fazla bütünlük yaklaşım kaynağa yöneliktir ve hammaddeler, ürünün yeniden tasarımı ve süreç değişikliklerinin uyarlanması ile ilgilenmektedir [29].

Düzeltilici politikalardan koruyucu politikalara genel geçişle uyumlu olarak son yıllarda, TZY’de çevresel konular için artan bir ilginin bulunduğu bilinmektedir. Bu gelişme, TZY ve çevresel yönetim arasındaki yakın bir karşılıklı etkileşime öncülük etmiştir. Tedarik zinciri durumlarının çoğunda çevresel yönetim, çevresel duyarlı kararlara ve sonuçlara öncülük eden uygun eylemler ile genel TZY şeması içerisinde

gömülmüştür. Dahası, bu çevresel eylemler birkaç yıl önce olduğu gibi düzeltme ölçümü olarak tedarik zincirinin sonunda alınmaz, tüm tedarik zinciri süreci boyunca daha çok önleme ölçümü olarak alınır.

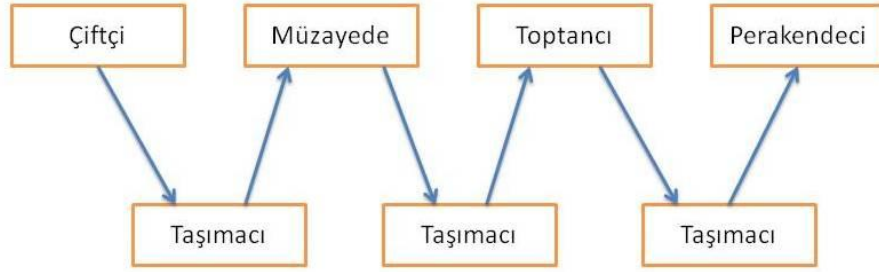


Şekil 5. Çevresel Duyarlı Tedarik Zinciri [29].

### 8.2.7 Tarım İşletmeciliğinde TZY

TZY'nin parçaları olan lojistik ve pazarlama alanlarındaki ilk akademik çalışma, tarım ürünleri dağıtımına yönelik olarak hazırlanan bir rapor olduğu görülmektedir [30] ([27]'de atıfta bulunulmuştur). Süt ürünleri, meyveler ve çiçekler gibi tarımsal ticari ürünlerin tedarik zinciri tasarımı çok karmaşıktır çünkü tedarik zincirinin her bir halkasında ürünün kalitesi isteyerek ve istemeyerek etkilenmektedir [31]. Tarımsal gıda tedarik zinciri yöneticileri, gıda kontrol ve güvenliğini ve potansiyel hava durumuna bağlı arz değişkenliği ile alakadar olmalıdır. Gıda sektörüne has bu alakalar tedarik zinciri yönetimine genel yönetim teorisinde tavsiye edilen ürün temelli yaklaşımdan başka bir yaklaşımı belki haklı gösterir [32]. Gıda gibi kolay bozulan ürünler hızlı dağıtımın maliyetli olsa bile etkin zamanlı bir tedarik zinciri gerektirir.

Bir ürünün tedarik zincirinin genel üyeleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Örnek üyeler; fabrikalar, çiftçiler, açık artırmacılar, taşımacılar, toptan satıcılar ve perakendecilerdir. Tarımsal olmayan zincirlerde zincirin her bir üyesinin eylemleri, hedef özelliklere göre ürünün son kullanıcıya ulaşacak şekilde ürün karakteristiklerini değiştirir. Aslında taşımacılık ve depolama esnasında ürün hallerine hiçbir şey olmaz. Bunun tersine, tarım ürünleri için tedarik zincirinde devamlı değişmeye tabi olan ürün kalitesi çok önemli bir özelliktir.



Şekil 6. Tarımsal bir zincirin üyelerine örnek.

Bu devamlı süreç; yavaşlatılabilen ve hızlandırılabilen *kalite geliştirme* anlamına gelir. Genellikle değişim geri dönüşsüzdür. Tarımsal ürünlerin kalite geliştirilmesi büyük oranda biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçlere dayalıdır [33]. Aşağıdaki faktörler kalite gelişmesini etkiler [34]:

- *süreç şartları*, sıcaklık, bağıl nem, ışık yoğunluğu, gazların yoğunluğu ve ürün üzerindeki fiziksel kuvvetler gibi ürün karakteristiğini etkileyen çevre şartlarıdır;
- bir ürünün süreç şartlarına maruz kalması sırasında bir bağlantıdaki *iş yapma zamanı* ve
- Paket ve tane boyutu gibi *ürünün görünüm durumu*.

Aşağıdaki üç tip eylem tarımsal zincirde gözlemlenebilir [31]:

- *elden geçirme*, paketleme, kesme ve etiketleme gibi isteyerek ürünün görünüm hallerini değiştiren veya modifiye eden eylemler;
- *işleme*, soğutma ve kurutma gibi isteyerek ürünün kalite durumlarını değiştiren veya modifiye eden eylemler;
- *taşıma ve depolama*, isteyerek veya istemeyerek ürünün kalite durumlarını değiştiren eylemler.

Bu süreçler esnasında şartların kontrolü maliyetli olabilir. İlave bir zorlukta, bazı durumlarda yukarıdaki kategorilerin birisi olarak eylem kolaylıkla tanımlanamayabilir. Spesifik süreç şartlarından dolayı ürünlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerini ve bunlarla ilgili maliyetleri tanımlayan modeller var ise, örneğin dinamik programlama kullanarak kaynak [31]'de yapıldığı gibi tarım zincirlerinin aşamalı karar problemlerini optimize etmek mümkündür.

Genelde tarımsal işletmecilik araştırması iki paralel seviyedeki analiz boyunca gelişmektedir. Bunlar tarımsal işletmecilik ekonomisi olarak bilinen tarım zinciri içerisinde, dikey ve yatay iştirakçiler arasındaki koordinasyon çalışması ve tarımsal işletmecilik TZY'si olarak bilinen alternatif tarımsal zincir yönetimi içinde karar alma çalışmasıdır [35].

1990'lı yıllar süresince, piyasa politikalarındaki artan liberalleşme ve küreselleşme olgusu vasıtasıyla tarımsal işletmecilik tedarik zinciri daha karmaşık hale gelmesi sonucunda, gelişmekte olan ülkelerde bile TZY yönetimi ileri düzey

metodolojilere ve stratejilere gereksinim duymaktadır (gelişmekte olan ülkelerde tarımsal ürün TZY'si ile ilgili son çıkan makalelerin koleksiyonu için kaynak [36]'ya bakılabilir). İşlem maliyetlerinin azaltılmasına ek olarak eğer kalite, inceleme, hayvan güvenliği, izlenebilirlik ve toplum kalkınması gibi diğer amaçların da ortaya çıktığı dikkate alınması durumunda, tarım zincirinin bütünleşik yönetimi için şebeke modelleri, sistem simülasyonları, ekolojik izleme ve tersine lojistik gibi yeni taslaklar gereklidir.

### ***Tarımsal İşletmecilik TZY'sinde Yeni Teknolojiler***

Bir grup yeni teknoloji TZY'nin tarımsal işletmecilikteki çalışma şeklini değiştirmektedir. BT ürün özneliklerinin geniş bir yelpazesi hakkında bilgi sağlayabilir ve tedarik zincirindeki faaliyetlerin koordine edilmesinde etkin ve önemli bir yoldur [37]. Hollanda'daki EDI-domuzlar ve EDI-çiçekler gibi elektronik veri değiş tokuşu (EDI, Electronic Data Interchange), ürün tanımlama ve kayıt sistemleri ve ürün kalitesini garanti etmek için kalite garanti sistemleri ve bunları yaparak rekabeti arttırmak BT metodolojilerine örneklerdir.

Tarımsal ürünlere ait karakteristiklerin, tedarik zincirinin BT tabanlı koordinasyonu hakkında karar vermede göz önünde bulundurulması tavsiye edilmektedir [38]. Satılan ürünün mahiyeti burada ilgilenilen esas karakteristiklerdir ve daha spesifik olarak ürünün "fonksiyonel" veya "yenilikçi" olup olmadığını anlamaktır [32]. *Fonksiyonel* ürünler, tahmin edilebilir talebe sahip olanlardır. *Yenilikçi* ürünler farklılaştırılmış, birçok çeşide sahip olan ve genellikle kısa yaşam döngüsü gösterirler.

Fisher [38]'e göre bir fonksiyonel ürün için TZY'nin esas amacı zincir boyunca fiziksel fonksiyonların maliyetlerini düşürmek olmalıdır. Fiziksel fonksiyonlar için tipik BT örnekleri sipariş süreçlerinin ve ödeme mekanizmasının otomatikleştirilmesi, üretimde kalite garantileme için depolama, dağıtım ve kontrol sisteminin zamanlamasını içermektedir [32]. Yenilikçi ürünlerin TZY'si maliyetlere daha az, tüketicilerin arzu ettiği öznelikleri sağlamaya daha fazla odaklanmalıdır. Tüketici talebi analiz edilmesi gereken esas faktördür ve tedarikçilerin seçimi hız ve esnekliğe dayalı olmalıdır. Yenilikçi ürünlerle ilgili problem, bu tür ürünleri tanıtan firmaların önceden tüketim oranlarını bilememeleridir, böylece ideal TZY duyarlıdır. Bu duyarlı yürütme için esas araçlar, stoksuz kalmayı veya fazla stokla çalışmayı sınırlamak için siparişleri satışlara bağlayan TZ üretim ve sistemleridir. Diğer taraftan kullanılan BT sistemleri gıda perakendecilerine tüketici arzularını tahmin etme imkanı tanıyan tarayıcı veri toplama ve müşteri bağlılığı kartlarıdır.

Gıdaya özgü konulara çözüm önermek için birçok BT sistemi, tarımsal işletmecilik TZY durumlarında uygulanmıştır. Örneğin gıda güvenliği konuları tarım zincirinde çok önemlidir. Hızlı tespit ve gıda güvenliği problemlerine karşılık verme, küçük ürün miktarlarının bile kökenine, perakendeciden üreticiye veya çiftliğe kadar takip edebilme yeteneği gerektirir [32]. Barkodlanmış ürünleri kapsayan BT

sistemleri, işleme bölümlerinin tüm aşamalarındaki gerekli olan çözümü üretir. TZY’de BT sistemlerini uygulamasıyla yönetilebilecek gıdaya özgü bir diğer konu, biyolojik döngü ve hava koşulları sebebiyle arz değişimidir. Bu değişim gıda girdi maliyetlerinin değişmesine sebep olur çünkü ham madde maliyeti kolayca kontrol edilebilir değildir ve belkide tahmin bile edilemez. Bu arzın tahmin edilemezliği TZY için çeşitli bilgi kaynakları kullanarak ürün piyasalarını daha iyi anlamayı gerekli kılar [39]. Son olarak, tarımsal üretimdeki mevsimsellik (özellikle daneli ürünlü için), TZY yaklaşımlarını etkileyebilir. Ancak hiçbir BT yatırım miktarı ürünlerin uzun dönemli depolama gereksinimini ortadan kaldıramaz [32].

E-ticaret tarımdaki son BT metodolojisidir. İnternetin gelişmesi ile birlikte büyük bir yaygınlık kazanmıştır. Satın alma, satma, ticaret yapma, dağıtım yapma ve sözleşme yapma gibi yaygın tarımsal işletmecilik işlemleri e-ticarete dönüşümde doğal hedefler olduğu görülmektedir [40]. Tarımsal işletmecilikte e-ticaretin esas teorik faydaları; bilgi akışı, piyasa şeffaflığı ve fiyat belirleme ile ilgili işlemlerin hızlandırılması, endüstri koordinasyonunu kolaylaştırma, işlem maliyetlerini azaltmayı veya ortadan kaldırmayı içermektedir [41]. İnternet tabanlı e-ticaret çok yeni bir olgudur. Açık artırma, borsalar ve kataloglar gibi birçok e-ticaret işletme modelleri mevcuttur. Sachs [42] internet tabanlı e-ticaret adaptasyonu için işletmeler tarafından bahsedilen genel engelleri tartışmıştır. Bunlar yatırımlarla ilgili belirsiz geri dönüş, paydaş desteğinin eksikliği ve karmaşık teknolojidir.

Özet olarak, tarımsal gıda TZY’de uygun BT sistemleri kullanılarak (bilginin paylaşma miktarına bağlı olarak) oluşturulan bilgi ile tüm tedarik zincirine rekabet avantajı getirilebilir. BT çabuk karşılık verme kabiliyetine sahip fakat limiti de olan tarımsal işletme tedarik zinciri yönetme için değerli bir araçtır. Bununla beraber, BT ve internetin hızlı gelişimi bu limitleri yakın zamanda en aza indirmeyi vaat etmektedir.

### **8.2.8 Tarımda İzlenebilirlik ve Etiketleme Sistemleri**

Küresel gıda sisteminin dinamikliği ile birlikte son yıllardaki tarımın hızlı gelişmesi tarım gıda tedarik zinciri içerisinde bilgi elde etmek ve paylaşmak için yüksek taleple sonuçlanmıştır. Bu, uygun izlenebilirlik ve etiketleme sisteminin gelişmesi ile elde edilir. *İzlenebilirlik* bir ürün yığınının ve bütün üretim zinciri boyunca (veya bir bölümünde) hasattan taşımacılığa, depolamaya, işlemeye, dağıtıma ve satış (*zincir izlenebilirliği*) geçmişini veya kaynak [43]’deki üretim basamağı örneğinde olduğu gibi zincirdeki basamaklardan birisinde içsel olarak (*içsel takip edebilme*) takip etme kabiliyetidir. İzlenebilirlik genel bir konsepttir ve temelleri; ürün, üretim ve hizmet ettiği kontrol sistemi tipinden bağımsızdır [44].

#### ***İzlenebilirlik Sistemlerinin Prensipleri***

Basit izlenebilirlik sistemi, gıda endüstrisinin ilk zamanlarından itibaren var olmuştur. İyi Üretim Uygulaması [45] ve gıda üretiminde ISO 9000 kalite



yönetiminin artarak uygulanması ile izlenebilirlik sistemleri daha ileri düzeye ulaşmıştır. Şimdi üretim zincirinde daha fazla bilgi ve daha fazla adım içerir. Kaynak [43]'e göre izlenebilirliğin dört temel özelliği şunlardır:

1. *ürün*, dağıtımdan sonra malzemeleri, onların orijinlerini, işleme geçişini ve onların dağıtımlarını ve konumunu ilişkilendirebilir;
2. *veri*, kalite döngüsü boyunca üretilen veriyi ve hesaplamaları ilişkilendirir;
3. *ayarlama*, ölçüm araçlarını ulusal ve uluslararası standartlara, temel fiziksel değişmezlere veya özelliklere veya referans materyallere ilişkilendirir ve
4. *BT ve programlama*, tasarım ve uygulamayı başta belirlenen sistemin gereksinimlerine ilişkilendirir.

Kaynak [46]'ya göre, tarımda ve gıda işletmeciliğinde bütünleşik bir tedarik zinciri izlenebilirlik sistemi şu özellikleri ihtiva etmek zorundadır: ürün izlenebilirliği, süreç izlenebilirliği, girdi izlenebilirliği, hastalık izlenebilirliği, genetik izlenebilirliği ve ölçüm izlenebilirliğidir. Ürün izlenebilirliğinin esas kavramı ürün benzerliğinin tanımlama kabiliyetidir. Bu tanımlama, ürün veya paketi üzerinde fiziksel bir işaret konularak yapılabileceği gibi ürünün kayıtlarını kullanarak da yapılabilir [47]. Bilgisayarların ve BT'nin kullanımı büyük çapta veri işlenmesine imkân tanır, böylece ürün ve işleme geçmişi hakkında çok detaylı bilgi ile izlenebilirlik sistemleri geliştirilebilir.

İzlenebilirlik, zincir izlenebilirliği ve içsel izlenebilirlik şeklinde ayrıştırılabilir. Zincir izlenebilirliği bilgiyi iki ayrı ana yol ile yöneterek uygulanabilir: (1) tedarik zincirindeki adımların her birinde sadece ürün ile birlikte ürün tanımlama bilgisini göndererek bilgi lokal olarak depolanabilir ve (2) eğer zincirdeki ilk basamaklardan tüketiciye bilgi getirmek veya bir ürünün spesifik özelliklerinin ilan edilmesi arzu edilirse, bilgi ürünü zincir boyunca takip edebilir. Pratikte, bilgilerin çoğu yerel olarak depolanır azı ürünü takip eder. Zincir izlenebilirliğinin avantajları [43]:

- kayıpları en aza indirmek için etkin bir geri çağırma prosedürü için temel oluşturur;
- daha iyi kalite ve süreç kontrolü için kullanılacak ham maddeler hakkında bilgi sağlar;
- iki veya daha fazla birbirini takip eden basamaklarda ölçüm tekrarlarından kaçındırır;
- özünde olan kaliteyi veya ham maddeleri korumak için teşvikler geliştirir;
- özel ham madde veya ürün özelliklerinin pazarlamasını mümkün kılar ve
- şimdiki ve gelecekteki hükümet isteklerini karşılar.

Diğer taraftan içsel takip edilebilirlik, zincirdeki bir adım içerisinde uygulanır. Takip edilebilirliğin bu tipiyle elde edilebilecek bazı avantajlar:

- süreç kontrolünü artırma olasılığı vardır;
- ürün standartları karşılamadığı zaman sebep ve etki belirtileri oluşturabilir;
- ürün verileri ile ham madde karakteristiklerini ilişkilendirme olasılığı vardır;

- her bir ürün tipi için ham madde kullanımı optimizasyonu için daha iyi planlamaya imkan verir;
- yüksek ve düşük kaliteli ham maddelerin ekonomik olmayan karışımından kaçındırır;
- kalite kontrol denetimlerinde bilgi elde etme kolaylığı sağlar;
- bilgisayar tabanlı kalite yönetimi sistemleri gibi kontrol ve yönetim sistemleri için BT çözümlerinin uygulanabilme için daha iyi zemin oluşturur;

Yalın kesikli işlemler için içsel takip edilebilirliğin oluşturulması çok kolaydır, fakat sürekli veya yarı süreklilik gösteren işlemler için çok zordur.

### ***Ürün Tanımlama ve Etiketleme Sistemleri***

*Uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve küresel konumlama sistemleri* gibi mekansal coğrafya (Geospatial) bilimi ve teknolojisindeki ilerlemeler, hayvanlar, bitkiler, toprak özellikleri, olgunluk, verim ve kalite ile ilgili alana özgü veri toplamanın yanında çevresel ve iklimsel veri toplamada ve hayvan hareketlerinin ve hastalık epidemiyolojisini gözlemlemek için kullanılabilir [48]. Özellikle her bir çiftlikten arz edilen miktar ayrı bir tedarik zincirini ortaya çıkaracak kadar yeterli olmadığı zaman, daneli ürünler ve taze ürünler genelde farklı çiftliklerden gelen malzemeleri içeren yığınlar halinde işlem görür. Yine de orijine gidilebilecek şekilde her bir ürünü ve daneli ürün poşetini etiketlemek mümkündür [46].

Barkodlar ham gıda maddelerini ve işlenmiş ürünleri tanımlamada kullanılan en yaygın teknolojilerdir. Çiftlik hayvanı endüstrisinde hayvana soy, doğum tarihi, çiftlik/otlak, hareketler, aşılar vb. gibi bilgiler içeren sayılar veya harflerden oluşabilen kulak etiketi takılır. Hayvan kesildiği zaman kesim tarihi, depoya konduğu zaman ve depolanma yerindeki çevresel koşullar gibi ilave bilgiler etikete eklenebilir. Etiketin içerdiği bilgilere ilave olarak çiftlik kayıtları; hayvanın yetiştirilmesinde kullanılan yem cinsi ve kaynağını, diğer muameleleri ve girdileri de belgelemelidir. Büyük ölçüde veri kaydedebilen elektronik tanımlama etiketleri, günümüzde temas etmeden elektronik kart okuyucuları kullanılarak etiketlerdeki verileri otomatik olarak okuma imkânı tanımaktadır. Bu kartlar bilgisayara bağlanabilir veya ölçüm alanı dışında daha sonra indirilebilir.

Bir ürün kendisine iliştilen etiketin okunmasıyla, görüntü işleme teknikleri kullanarak ürünün tanınmasıyla veya bulunduğu pozisyondan ürüne bakılarak tanımlanabilir. Bu metotlar aşağıda açıklanmıştır.

### ***Etiketler***

Eğer bir ürün okuyucuya yeterince yakın ise, kendisine iliştilmiş bir tanımlama etiketini okumak genelde etkin bir yöntemdir. Birçok etiket teknolojileri mevcuttur [49]:

• *Kızıl ötesi etiketler*: bir etiket bir şeye takılan düşük maliyetli, düşük güçlü kızıl ötesi bir “aktif işaret” [50] veya bir şeye iliştilen “işaret ışığı” olabilir. Bu araçlar, PDA’ları içeren kızıl ötesi ekipman araçları tarafından algılanma için IrDA üzerinde bir tanımlama sinyali yayar.

• *Optik algılı etiketler*: bu araçlar günlük kullanılan birçok üründe halen kullanılan standart barkodları ve dijital kamera ile kolayca yakalanmak için özel tasarlanmış “siber kodları” [51] ve “kabartmaları” [52] içeren sembolleri kapsar. Barkodları kolayca yazdırılabilir ve pahalı olmayan okuyucular piyasada mevcuttur.

• *RFID etiketleri*: Radyo frekans tanımlama (RFID) etiketleri uzaktan okunabilir ve indüksiyon ile çalıştığı için kendi güç gereksinimine gerek yoktur [53].

• *Bağlantı etiketleri*: i-butonlar (Dallas Semiconductor, <http://www.ibutton.com>) dış kılıflarındaki elektrik kontağı vasıtasıyla okunur. RFID etiketleri gibi kendi güç gereksinimlerine ihtiyaç yoktur.

Bu etiketleme teknolojileri, farklı fiziksel çevreler için maliyet ve uygunluk açısından avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Örneğin, bazen uzaktan okumak arzu edilebilir (IR, RFID, kabartma tanımlama); başka durumlarda barkod taramada olduğu gibi kullanıcının kesin ve tartışmasız tanımlama için okuyucuyu yakına getirmesi tercih edilebilir.

### ***Bilgisayar görüşü***

Stereo bilgisayar görüşü (nesne tanıma) etiketleme yerine kullanılabilir [54]. Stereo bilgisayar görüşü, etiket gereksinimini ortadan kaldırır fakat oldukça güçlü bilgisayara ihtiyaç duyar. Bu metodun rutin olarak kullanılabilmesinden önce belirli bir iş yüküne ihtiyaç vardır.

### ***Konumlama***

Nesnelerin bazen veya hiç hareket etmediği durumlarda veya otomatik olarak takip edildiğinde, üçüncü bir tanımlama ürün koordinatlarını belirlemede konumlama sensörü kullanımıdır ve böylece bu nesnelerle ilgili bilgilere veri tabanı içerisinde aranabilir. Uzaktaki nesneler, elektronik pusula eklenmesi ve bu nesnelerin uzaktan işaretlenmesiyle belirlenebilir. GPS oldukça yaygın olmasına rağmen ancak dış ortamlarda kullanılabilir. Gerek iç ortam gerekse dış ortam uygulamaları için kısa mesafe radyo dalgalı (RF) nirengi kullanılabilir. Ultrason teknikleri birkaç santimetreye kadar düşen daha hassas konumlamalar için kullanılabilir [55].

Tarımsal ürünlerde yüksek kaliteye talep arttıkça, öncelikli olarak yeni düzenleyici gıda standartlarının ve sürdürülebilir çevre duyarlılığının artması sebebiyle, izlenebilir küresel tarım ticaretinde önemli bir faktör haline gelmektedir. İzlenebilirlik ürünlerin tedarik zincirinde zaman ve mekana göre geri ve ileriye dönük tam tanımlamasına imkan verir ve dolayısıyla herhangi bir kusur

görüldüğünde ve güvenlik standartları ihlal edildiğinde, düşük maliyetle ürünlerin geri çekilmesini kolaylaştırır [46]. İzlenebilir zincirler teknoloji yoğunudur ve bilgi güdülüdür. Hassas tarım için tarımda bilgisayar ve elektronikteki (mekatronik) mevcut ilerlemeler ve mekansal coğrafya bilimi ve teknolojisi araçlarındaki gelişmeler, mevcut tarımsal mekanizasyon sistemine izlenebilirliğin başarılı bir şekilde entegre edilmesini kolaylaştıracaktır.

### **Kaynaklar**

1. Beamon, B. M. 1998. Supply chain design and analysis: Models and methods. *International J. Production Economics* 55: 281-294.
2. Skinner, W. 1985. *Manufacturing: The Formidable Competitive Weapon*. New York, NY: Wiley.
3. Erenguc, S. S., N. C. Simpson, ve A. J. Vakharia. 1999. Integrated production/planning in supply chains: An invited review. *European J. Operational Research* 115: 219-236.
4. Stevens, G. C. 1989. Integrating the supply chain. *International J. Physical Distribution and Materials Management* 19: 3-8.
5. Thomas, D. J., ve P. M. Griffin. 1996. Coordinated supply chain management. *European J. Operational Research* 94: 1-15.
6. Oliver, R. K., ve M. D. Webber. 1982. *Supply-chain management: Logistics catches up with strategy*. Outlook; 1992. *Logistics, The Strategic Issue*, ed. M. G. Christopher. London, UK: Chapman and Hall.
7. Croom, S., P. Romano, ve M. Giannakis. 2000. Supply chain management: An analytical framework for critical literature review. *European J. Purchasing and Supply Management* 6: 67-83.
8. Lambert, D. M., ve M. C. Cooper. 2000. Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management* 29: 65-83.
9. Schary, P., ve T. Skjtt-Larsen. 1995. *Managing the Global Supply Chain*. Copenhagen, Denmark: Handelshojskolen Forlag.
10. Alvarado, U. Y., ve H. Kotzab. 2001. Supply chain management; The integration of logistics in marketing. *Industrial Marketing Management* 30: 183- 198.
11. Lambert, D. M., M. A. Emmelhainz, ve J. T. Gardner. 1996. Developing and implementing supply chain partnership. *The International J. Logistics Management* 7(2): 1-17.
12. Cooper, M. C., ve J. T. Gardner. 1993. Good business relationships: More than just partnerships or strategic alliances. *International J. Physical Distribution and Logistics Management* 23(6): 14-20.
13. Salmon, K. 1993. *Efficient Consumer Response: Enhancing Consumer Value in the Grocery Industry*. Washington, DC: Food Marketing Institute.
14. *Efficient Consumer Response Europe*. 1996. European value chain analysis. Final Report.
15. Gattorna, J. L., ve D. W. Walters. 1996. *Managing the Supply Chain: A Strategic Perspective*. London, UK: MacMillan Press Ltd.
16. Shapiro, J. F. 2001. *Modeling the Supply Chain*. Duxbury, CA: Thomson Learning.
17. Min, H., ve G. Zhou. 2002. Supply chain modeling: Past, present and future. *Computers and Industrial Engineering* 43: 231-249.
18. Melachrinoudis, E., ve H. Min. 2000. The dynamic relocation and phase-out of a hybrid, two-echelon plant/warehouse facility: A multiple objective approach. *European J. Operational Research* 123: 1-15.

19. Lee, H. L., V. Padmanabhan, ve S. Whang. 1997. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science* 43: 546-558.
20. Karabakal, N., A. Gunal, ve W. Ritchie. 2000. Supply-chain analysis at Volkswagen of America. *Interfaces* 30(4): 46-55.
21. Al-Mashari, M., ve M. Zairi. 2000. Supply chain re-engineering using enterprise resource planning (ERP) software of a SAP R/3 implementation case. *International J. Physical Distribution and Logistics Management* 30: 296-313.
22. Lee, Y. H., M. K. Cho, S. J. Kim, ve Y. B. Kim. 2002. Supply chain simulation with discrete continuous combined modelling. *Computers and Industrial Engineering* 43: 375-392.
23. van der Vorst, J. G. A. J., A. J. M. Beulens, ve P. van Beek. 2000. Modeling and simulating multi-echelon food systems. *European J. Operational Research* 122: 354-366.
24. Floudas, C. 1995. *Nonlinear and Mixed-Integer Optimization: Fundamentals and Applications*. New York, NY: Oxford University Press.
25. Williams, H. P. 1993. *Model Building in Mathematical Programming*. 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
26. Wolsey, L. A. 1998. *Integer Programming*. New York, NY: John Wiley and Sons.
27. Levy, M., ve D. Grewal. 2000. Guest editor's overview of the issue: Supply chain management in a networked economy. *J. Retailing* 76: 415-429.
28. Lancioni, R. A., M. F. Smith, ve T. A. Oliva. 2000. The role of the Internet in supply chain management. *Industrial Marketing Management* 29: 45-56.
29. Bloemhof-Ruwaard, J. M., P. van Beek, L. Hordijk, ve L. N. van Wassenhove. 1995. Interactions between operational research and environmental management. *European J. Operational Research* 85: 229-243.
30. Crowell, R. 1901. *Report of the Industrial Commission on the Distribution of Farm Products*. Washington DC: Government Printing Office.
31. Gigler, J. K., E. M. T. Hendrix, R. A. Heesen, V. G. W. van den Hazelkamp, ve G. Meerdink. 2002. On optimisation of agri chains by dynamic programming. *European J. Operational Research* 139: 613-625.
32. Salin, V. 1998. Information technology in agri-food supply chains. *International Food and Agribusiness Management Review* 1: 329-334.
33. Zwietering, M. 1993. *Modeling of the microbial quality of food*. PhD diss. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University.
34. Zwietering, M., ve K. van't Riet. 1994. Management of Agrichains. *Managements Studies and the Agribusiness*, ed. G. Hagelaar, 108-117.
35. Cook, M. L., ve F. R. Chaddad. 2000. Agroindustrialization of the global agrifood economy: Bridging development economics and agribusiness research. *Agricultural Economics* 23: 207-218.
36. Johnson, G. I., ve P. J. Hofman, eds. 2004. *Agriproduct supply-chain management in developing countries*. Proc. of a Workshop by the Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research.
37. Hannus, T., O. Poignee, ve G. Schiefer. 2003. The implementation of a webbased supply chain information system—Experiences with a regional quality grain program. Presented at the EFITA 2003 Conference.
38. Fisher, M. L. 1997. What is the right supply chain for your product. *Harvard Business Review* Mar-Apr: 105-116.
39. Champion, S. C., ve A. P. Fearne. 2001. Supply chain management: A “First Principles” consideration of its application to wool marketing. *Wool Tech. Sheep Breed* 49: 222-236.

40. Shapiro, C., ve H. Varian. 1999. *Information Rules*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
41. Leroux, N., M. S. Wortman Jr., ve E. D. Mathias. 2001. Dominant factors impacting the development of business-to-business (B2B) e-commerce in agriculture. *Intl. Food and Agribusiness Management Review* 4: 205-218.
42. Sachs, G. 2000. B2B: 2B or not 2B, the second survey. Accessed from <http://www.gs.com/high-tech/research/b2b-second-survey.pdf>.
43. Moe, T. 1998. Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science and Technology* 9: 211-214.
44. Kim, H. M., M. S. Fox, ve M. Gruninger. 1995. Ontology of quality for enterprise modeling. *Proc. of WET-ICE, IEEE*, 105-116.
45. Anderson, K. G. 1990. Regulations and factory enforcement arising from the UK Food Safety Bill. *Food Control* 1: 199-203.
46. Opara, L. U. 2002. Engineering and technical outlook on traceability of agricultural production and products. *Agricultural Engineering International: The CIGR J. Scientific Research and Development*. Vol. IV, Invited Article No.18.
47. Early, R. 1995. *Guide to Quality Management Systems for the Food Industry*. Blackie Academic and Professional.
48. Bossler, J. D. 2001. *Manual of Geospatial Science and Technology*. Philadelphia, PA: Taylor and Francis Group.
49. Want, R., ve D. M. Russell. Ubiquitous electronic tagging. *Distributed Systems Online, IEEE*. <http://www.computer.org/dsonline/articles/ds2wan.htm>.
50. Want, R., A. Hopper, V. Falcao, ve J. Gibbons. 1992. The active badge location system. *ACM Transaction on Information Systems* 10: 91-102.
51. Rekimoto, J., ve Y. Ayatsuka. 2000. CyberCode: Designing augmented reality environments with visual tags. *Proc. of Designing Augmented Reality Environments*. ACM.
52. Hecht, D. L. 1994. Embedded data glyph technology for hardcopy digital documents. *Proc. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers Symposium on Electronic Imaging, Science and Technology* 2171: 341-352.
53. Sigrimis, N. A., N. R. Scott, ve C. Czarniecki, 1985. A passive electronic identification system for livestock. *Trans. ASAE* 28: 622-629.
54. Brumitt, B., B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, ve S. Shafer. 2000. EasyLiving: Technologies for intelligent environments. *Proc. of the 2nd Intl. Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*. 12-29.
55. Harter, A., A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, ve P. Webster. 1999. The Anatomy of a context-aware application. *Proc. 5th Annual ACM/IEEE Intl. Conference on Mobile Computing and Networking*, 59-68