

TEDARİK ZİNCİRİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN DEĞİŞKENLERİN YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuzhan YAVUZ*

Abdullah ERSOY**

Öz:

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerin tedarikçilerinden başlayan ve son ürünün tüketici ile buluşmasına kadar geçen, mal ve hizmetlerin depolanması, taşınması, dağıtımı ve kontrolü gibi bir takım faaliyetler dizisini kapsayan bir süreci ifade etmektedir. Bu süreç içerisinde faaliyetlerin etkinliği ve verimliliğinin ölçülmesi ise, işletmeler açısından ayrı bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tedarik zinciri performansının ölçülmeye çalışıldığı bu süreçte, kullanılacak değişkenler işletmeden işletmeye farklılık göstermekle birlikte, perakende sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde hangi değişkenlerin daha önemli ya da hangi değişkenlerin daha az önemli konumda olduğunu belirlemek, çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Belirtilen amaç doğrultusunda, öncelikle geçmiş çalışmalar esas alınarak belirlenen temel ve alt değişkenlere göre modelimiz oluşturulmuş, daha sonra değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Tedarik zinciri performansının ölçülmesinde kullanılan değişkenlerin önem derecelerinin belirlenmesinde yapay sinir ağları kullanılmıştır. Çalışmada, yapay sinir ağlarından radyal tabanlı yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri, Tedarik Zinciri Performansı, Yapay Sinir Ağları, Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı

* Dr., Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, oyavuz@gazi.edu.tr

** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, aersoy@gazi.edu.tr

***AN EVALUATION OF THE VARIABLES USED IN THE
EVALUATION OF SUPPLY CHAIN
PERFORMANCE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

Abstract;

Supply chain management is a process including a number of activities such as the storage, transportation, distribution and control of goods and services and a process extending from suppliers to suppliers to the end product purchased by the customers. The measuring of the effectiveness and efficiency of the operations in this process is a separate problem for the businesses activities. The variables used in the measuring the supply chain performance vary from business to business. The main purpose of this study is that which variables are more important or which variables are less important for the companies operating in the retail sector. In this study, first the model is formed by the base and sub variables according to previous studies, then the variables measuring the supply chain performance are classified by the neural network method. The artificial neural network is an artificial intelligence method which is developed by the human brain inspired, mimicking the biological nerve cells and which produces new knowledge through learning. In this study, radial basis neural network which is an artificial neural network method is used.

Keywords: Supply Chain, Supply Chain Performance, Artificial Neural Network, Radial Basis Neural Network

GİRİŞ

Küreselleşen dünya ile beraber, işletmeler için en önemli etmenlerden birisini rekabet gücü oluşturmaktadır. Rekabetin yoğunlaşması, işletmelerin faaliyetlerini daha etkin ve verimli yapmayı mecbur kılmaktadır. İşletmeler, üretimde kullanılan hammaddenin temin edilmesi, ürünün üretimi ve daha sonra nihai kullanıcılara ürünün aktarılması faaliyetlerini mümkün olan en düşük maliyetle, en optimal zamanda yerine getirmek durumundadırlar.

1980’li yıllardan sonra, özellikle toplam kalite yönetiminde meydana gelen gelişmelerle birlikte, üretim teknolojileri gelişme göstermiş ve üretim esnasında son teknoloji üretim yöntemleri kullanılır hale gelmiştir. Günümüzde, işletmeler üretim teknolojileriyle beraber tedarikçiler, tedarikçilerin tedarikçileri, dağıtım kanalları ve müşterilerden oluşan tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerinde daha etkin olmaya çalışmaktadırlar. Dolayısıyla, tedarik zinciri sisteminin etkinliğini ve verimliliğini ortaya koymak ve gelecekte tedarik zinciri açısından işletmelerin nerde olduğunu daha iyi kavrayabilmesini sağlamak çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, hammaddenin temininden, ürünün üretimi ve nihai tüketiciye ulaştırılması esnasında gerçekleştirilen her türlü depolama, taşıma ve nakliye faaliyetlerini kapsayan, sadece işletmeyi değil tüm paydaşlarını ilgilendiren faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, işletmelerin üretim işlemler yönetimi faaliyetlerini etkin ve verimli bir şekilde yerine getirebilmesi için, tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerine gereken önemi göstermesi gerekmektedir.

Günümüzde gelinen noktada, işletmelerin kapalı bir organizasyondan daha çok, açık bir organizasyon yapısına sahip olması gerekmektedir. İşletmeler, tek başına faaliyetlerini yerine getirememektedir. İşletme ve paydaşları işletmenin amacını yerine getirebilmek ve başarılı olabilmek amacıyla birlikte hareket etmekte ve birbirlerini etkilemektedirler. İşletme, işletmenin birimleri ve işletmenin paydaşları olarak görülen diğer işletmeler (tedarikçiler, üreticiler, lojistik işletmeleri vb.) amaçlarını ve hedeflerini beraber koymak, amaçlarına ulaşabilmek için etkin ve verimli çalışmak zorundadırlar. Dolayısıyla, tedarik zinciri yönetiminin en uygun şekilde yerine getirilmesi gerekmektedir.

Tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerinin etkin ve verimli yapılabilmesi için tarih boyunca çeşitli yöntem ve teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerin bir kısmı, geçmiş tecrübeleri ele alan deterministik modeller olduğu gibi, bir kısmı geleceğe yönelik tahminlerde bulunan stokastik yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapay sinir ağları, deterministik yada stokastik yöntemlerden farklı olarak, “insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan, paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır” (Elmas, 2003:23). Yapay sinir ağları, nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarını kullanarak sisteme girilen girdi değerleri ile en optimal sonuca nasıl ulaşılacağını göstermektedir. Özellikle tahmin, optimizasyon, sınıflandırma gibi problemlerde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Çalışmamızda, literatür araştırması sonucunda tedarik zinciri performansını etkileyen değişkenler belirlenmiş, daha sonra bu değişkenler yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak önem derecelerine göre sınıflandırılmıştır. Tedarik zinciri performansını etkileyen etmenlerin ortaya konulması ve

belirlenen değişkenlerle en uygun tedarik zinciri performansının nasıl olması gerektiği bir model çerçevesinde incelenmeye çalışılmıştır.

I) LİTERATÜR ÖZETİ

A) Tedarik Zinciri

Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre tedarik, “arayıp bulma, sağlama, elde etme ve hazırlık” anlamlarında; tedarikçi ise, “gerekli malzemeyi sağlayan kimse” olarak kullanılmaktadır. İşletme yöneticileri açısından ise, tedarik sadece kelime anlamı olarak kullanılmamakta, işletmenin birden fazla fonksiyonunu ilgilendiren, üretim sürecinin tamamına yayılan tedarik zinciri anlamında kullanılmaktadır.

Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği (APICS) tedarik zincirini, “bilgi, fiziksel dağıtım ve paranın akışını sağlayan mühendislik uygulamaları vasıtasıyla, ürün ve hizmetlerin hammadde halinden son kullanıcının tüketimine sunuluncaya kadar geçen küresel bir şebeke” (<http://www.apics.org/gsa-main-search#supply%20chain|allResults>, 29.11.2012) olarak tanımlamaktadır.

Ayers (2000:4) ‘e göre tedarik zinciri, “ürün ve hizmetleriyle birden çok tedarikçi sayesinde son kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanmasını amaçlayan, fiziksel, finansal ve bilgi akışlarından oluşan yaşam devir sürecidir”. Tedarik zinciri yönetimi ise, “son kullanıcı ihtiyaçlarının tatmini için temel ve geliştirilmiş ürünü içeren tedarik zinciri sürecinin tasarımı, korunması ve işletilmesidir” (Ayers ve Odegaard , 2008:10).

Tedarik zinciri, tedarikçiler, montajcılar, dağıtımıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşmaktadır. Basit bir tedarik zincirinde her bir tedarikçi bağımsızdır ve bir veya daha fazla tamamlayıcı parçayı sadece bir üst tedarikçi ya da montaj tesislerine sağlayan tedarikçilerden oluşmaktadır. Karmaşık bir tedarik zincirinde en azından bir tedarikçi, bir veya daha fazla tamamlayıcı parçayı iki veya daha fazla sayıda üst sıradaki tedarikçilere veya montaj tesislerine sağlamaktadır (Vergara vd., 2002:407,408). Tedarik zinciri üyeleri aşağıda belirtildiği gibidir (Hugos, 2003:24-26);

- **Üreticiler:** Bir ürün üreten organizasyonlardır. Bu işletmeler, hammadde üreten yada son ürünü üreten işletmeler olabilirler.
- **Dağıtıcılar:** Dağıtıcılar, üreticiden toptan aldıkları ürünleri ilgili ürün hattını kullanarak müşterilere götüren işletmelerdir. Dağıtıcılar toptancılar olarak ta bilinirler. Toptancılar, ürünleri diğer işletmecilere yada bireysel müşterilere satan organizasyonlardır.
- **Perakendeciler:** Perakendeciler, stok bulundururlar ve topluma küçük miktarlarda satış hizmetinde bulunurlar. Bu örgütler satış yapacakları müşteri tercihlerini yakından izlerler ve müşteri talebini dikkate almak zorundadırlar. Müşterilerine reklam faaliyetlerinde bulunurlar ve fiyat, ürün seçimi, hizmet ve yarar kavramlarının bir bileşimini müşterilere uygularlar.
- **Müşteriler:** Müşteriler ve tüketiciler, ürünü satın alan ve kullanan organizasyonlardır. Bir müşteri organizasyonu, diğer müşterilerin ihtiyaç duyduğu ürünü başka bir ürünle birleştirip onlara satmak

amacıyla satın alma yapabilir. Ya da müşteri, onu tüketmek, ürünün son kullanıcısı olmak amacıyla satın alma yapabilir.

- **Hizmet sağlayıcılar:** Bütün bu saydıklarımızın yanında üreticilere, dağıtıcılara, perakendecilere ve müşterilere hizmet sağlayan bir takım organizasyonlar vardır. Bu hizmet sağlayıcılar, özel uzmanlık alanlarında kendilerini geliştirmişler ve bir tedarik zincirinde ihtiyaç duyulan belirli alanlara odaklanmışlardır.

Tedarik zinciri, tedarikçilerden fabrikaya ve müşteriye kadar uzanan çeşitli birimler ve faaliyetler bütünüdür. Bir ürün ya da hizmetin üretiminde ve müşteriye ulaştırılmasında yer alan çeşitli işletmelerden ve birimlerden oluşan bu zincir içinde çeşitli tesisler yer alır. Zincir içerisinde yer alan tesisler arasında; depolar, fabrikalar, işletme merkezleri, dağıtım merkezleri, perakende satış noktaları ve bürolar bulunur. Bu tedarik zinciri boyunca yerine getirilen faaliyetler ise, satış, satış tahmini, satın alma, stok yönetimi, bilgi yönetimi, kalite yönetimi, üretim programlaması, üretim, dağıtım, teslimat ve satış sonrası hizmetlerdir (Ersay ve Ersay, 2011:346).

B) Tedarik Zinciri Performansı

Performans ölçümü, bir faaliyetin etkinliğini ve verimliliğini ölçülmesi süreci olarak tanımlanabilir. Tedarik zincirinin performansı, örgütün finansal durumunu gösteren bazı standart finansal ölçüler biçiminde ortaya çıkmaktadır. Bu standart finansal ölçülerin yanı sıra, hatalı ürün oranı, teslim süresi, stok devir hızı, verimlilik gibi bazı göstergeler yoluyla da tedarik zincirinin performansı ölçülüp izlenebilmektedir (Ersay ve Ersay, 2011:355,356).

Tedarik zinciri performans değerlendirme metotları geleneksel ve bütünleşik performans ölçüm yaklaşımları olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Geleneksel performans ölçüm yöntemleri, muhasebe sistemlerine ya da finansal bir takım verilere göre belirlenmektedir. Bütünleşik performans ölçüm yöntemleri ise, yöneticilere günlük kararlarında yardımcı olan bilginin zamanında sağlanması üzerinde durmakta ve esnek, finansal olmayan veya ihtiyaç duyulduğunda değiştirilebilir değişkenler üzerinde durmaktadır. Maliyet, faaliyet zamanı, müşteri memnuniyeti ve esneklik tedarik zinciri performans ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Li vd., 2007:1131-1133).

Literatürde kullanılan tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenleri ve uygulamalarına bakılacak olursa, öncelikle Beamon (1998)'ın yapmış olduğu çalışma dikkat çekmektedir. Beamon (1998), literatür araştırması yaparak tedarik zinciri performansında kullanılan değişkenleri belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada, tedarik zinciri performansına yönelik olarak yapılmış araştırmalar; deterministik, stokastik, ekonomik ve simülasyon olmak üzere dört modele göre incelenmiş ve performans ölçüleri olarak da kalitatif ve kantitatif performans ölçüleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kalitatif performans ölçüleri olarak; müşteri memnuniyeti, esneklik, bilgi ve malzeme akış entegrasyonu, risk yönetimi, tedarikçi performansı değişkenleri; kantitatif performans ölçüleri olarak ta; maliyet ve müşteriye cevap verme yeteneği değişkenleri belirlenmiştir.

Beamon (1999)'da ise, daha önce yapmış olduğu çalışmaya göre biraz daha farklı bir model ortaya koymuştur. Yazar, bu çalışmasında tedarik zinciri performans ölçülerini kaynak, çıktı ve esneklik olarak üç kısımda değerlendirmiştir. Kaynak olarak, toplam maliyet, dağıtım maliyeti, üretim maliyeti, stok, yatırım getiri oranı gibi muhasebe ve finansal verileri esas alan

değişkenleri bir grup altında toplamıştır. Çıktı olarak da, satışlar, kar, doluluk oranı, zamanında teslim oranı, sipariş döngüsü, müşteriye cevap verme süresi, üretim hazırlık zamanı, nakliye hataları, müşteri şikayetleri değişkenlerini bir grup altında toplamıştır. Ayrıca, esneklik konusuna önem vermiş, hacim esnekliği, teslim esnekliği, karma esneklik ve yeni ürün esnekliği konularını örneklerle açıklamıştır.

Pires ve Aravechia (2001) ile Angerhofer ve Angelides (2006) de, çalışmalarında Beamon (1999)'ın çalışmasından esinlenerek tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde kaynak, çıktı ve esneklik olmak üzere üçlü bir ayrıma gitmiştir. Chan vd (2003a) ise, Beamon (1998)'in çalışmasından esinlenerek tedarik zinciri performansını bir örnek üzerinde göstermeye çalışmışlardır. Daha sonra, Chan (2003b) çalışmasında, elektronik sektöründe Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) modelini kullanarak, tedarik zinciri performansını değerlendirebilmek amacıyla bir model geliştirmiştir. Modelde, tedarik zinciri performansı kantitatif ve kalitatif değişkenlere göre belirlenmiş, kantitatif değişkenler maliyet değişkenleri iken, kalitatif değişkenler, kalite, esneklik, güven, görünürlük ve yenilikçiliktir. Çalışmada, elektronik sektöründe faaliyet gösteren bir işletme yedi değişken esas alınarak, AHP modeli ile değerlendirilmiş ve işletmenin en iyi tedarik performansını seçebilmesi amaçlanmıştır.

Li vd. (2007), çalışmalarında, tedarik zinciri performansına yönelik değişkenleri yapısal ve organizasyonel seviyede ayırarak bir model geliştirmişlerdir. Model, teorik olarak ele alınmış ve araştırmacılar tedarik zinciri performansında kullanılacak değişkenleri yapısal ve süreç bazlı olmak üzere belirlemeye çalışmışlardır. Yapısal seviye olarak, maliyet

faktörlerini; süreç seviyesi olarak ta, katma değer, müşteri memnuniyeti ve esneklik değişkenlerini kullanmışlardır.

Gunesekekan vd. (2004) çalışmalarında, yirmi bir İngiliz işletmesi üzerinde ampirik bir çalışma yaparak tedarik zinciri performans ölçülerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmada, modellerini ortaya koyarken SCOR modelini esas almışlar ve plan, kaynak, üretim ve teslim olmak üzere dört kategoriye ayrılmış anket soruları ile ampirik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Gunasekekan ve Kobu (2007) çalışmalarında ise, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi üzerinde yapılmış olan performans değerlendirme ölçülerini analiz ederek, tedarik zinciri performans ölçülerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, literatür Dengeli Sonuç Kartı (Balanced Scorecard) bakış açısı, performans ölçülerinin bileşenleri, tedarik zincirinde ölçülerin konumu, karar seviyesi, ölçülerin özellikleri, ölçümün temeli ve geleneksel ve modern ölçüler başlıkları açısından değerlendirilmiştir. 1994 ile 2004 yılları arasında yapılan çalışmaları inceleyen yazarlar, tedarik zinciri performansını belirleyen yirmi yedi değişken ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, belirledikleri yirmi yedi değişkeni finansal ve finansal olmayan değişkenler açısından daha önce yapmış oldukları çalışmaya uyarlamışlar ve plan, kaynak, yap ve teslim açısından ayrıma tabi tutmuşlardır.

Belirtilen çalışmaların yanında, Yeong –Dong Hwang vd (2008), çalışmalarında tedarik zinciri performans sürecini SCOR modeline göre değerlendirmişlerdir.

Brewer ve Speh (2000), tedarik zinciri performansını nihai müşteri faydası, amaçlar, gelişim ve finansal fayda açısından ele almışlar ve Dengeli

Sonuç Kartı yöntemiyle konuyu açıklamışlardır. Modelde müşteri bakış açısı, işletme içi bakış açısı, yenilik ve öğrenme bakış açısı, finansal bakış açısı değişkenlerini kullanmışlardır.

Tao (2009), çalışmasında, tedarik zinciri performansını değerlendirmeye yönelik yeni bir model ortaya koymuştur. Çalışmada, müşteri memnuniyet derecesi, bilgi paylaşım derecesi, lojistik düzeyi ve finansal durum olmak üzere dört temel kategoride on altı değişken kullanılmıştır. Altı tedarik zincirinde, belirtilen on altı değişkenle performans değerlendirme sürecinde entropi modeli kullanılarak ağırlıklar belirlenmiş ve tedarik zincirinin performansını değerlendirmek amacıyla bulanık önem-unsur teorisi kullanılarak bir model ortaya konulmuştur.

Jiulong Zhu (2010) çalışmasında, tedarik zinciri performansını değerlendirebilmek amacıyla yapay sinir ağları yardımıyla bir model geliştirmiştir. Çalışmada, Tao (2009) tarafından belirlenen on altı değişken kullanılmıştır. Sekiz tedarik zinciri üzerinde, belirtilen on altı değişkenle, çok katmanlı ileri beslemeli bir ağ yapısı oluşturulmuş ve hata geriye yayılma algoritması olarak bilinen BP algoritması ve öğrenme düzeyi olarak bağlantı ağırlıklarının tanımlanmasında da delta kuralı uygulanmıştır. Böylece tedarik zinciri performansını değerlendirmeye yönelik yapay sinir ağları yardımıyla bir model ortaya konulmuştur.

Jun (2009), çalışmasında, kümeleme yeşil tedarik zinciri performans ölçülerini bulanık mantık yaklaşımı yardımıyla belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, yeşil tedarik zinciri üzerinde durması ve bulanık mantık yaklaşımını kullanmasıdır. Çalışmada belirtilen değişkenlerin ağırlıkları Delphi yöntemi ve AHP yöntemi ile belirlenmiştir.

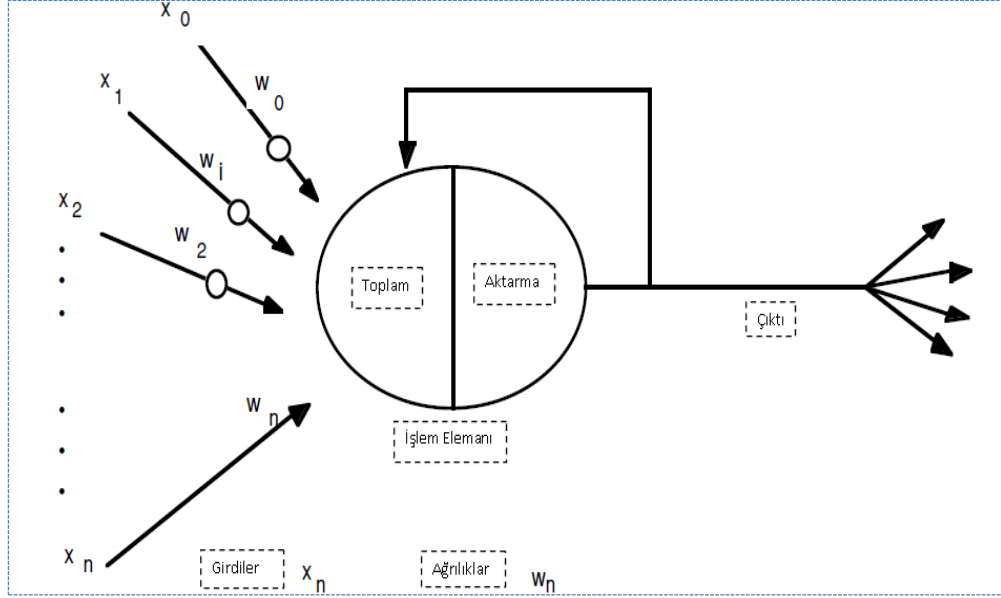
Belirtilen çalışmaların yanında, Narasihman ve Jayaram (1998), tedarik zinciri performansını müşteriye cevap verme yeteneği ve üretim performansına göre seçmektedir. Persson ve Olhager (2002), maliyetler, stoklar, kalite, hazırlık süresi ve hazırlık süresi değişim oranı değişkenlerini kullanmışlardır. Rabelo ve Helal (2004), çalışmalarında üretim dönüşüm zamanı, minimum sipariş süreci zamanı, montaj tamamlanma süresi, gecikmiş ürünler, algılanan talep dönemleri, kapasite kazanç erteleme, tahmin ve geri dönüşüm değişkenlerini kullanmıştır. Bierlein ve Miller (2000), müşteri memnuniyeti (kalite), zaman, maliyet, varlıklar değişkenlerini kullanarak tedarik zinciri performansını ölçmüşlerdir. Fleisch ve Tellkamp (2005) ise tedarik zinciri performansını bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenler cinsinden değerlendirmiştir. Çalışmaya göre, bağımlı değişkenler; hırsızlık, satılamaz ürünler ve süreç kalitesi iken, bağımsız değişkenler; stok hataları, stokdışı, kaybolan değer dışında kalan maliyet ve kaybolan değer dahil maliyet kalemlerinden oluşmaktadır.

C) Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarının ne olduğunu anlayabilmek için, öncelikle biyolojik beyin sisteminin nasıl işlediğinin anlaşılması gerekmektedir. Biyolojik sinir ağları, yapay sinir ağlarının temelini oluşturmaktadır.

Biyolojik beyin, öğrenirken bilgiyi ve gücü dağıtmaya yarayan, nöron olarak tanımlanan milyarlarca birbirine girmiş unsurdan oluşmaktadır (Vaisla ve Bhatt, 2010:2104). Biyolojik beyin olarak tanımladığımız insan beyni, nöron olarak adlandırılan yaklaşık 10^{11} hesap elemanından oluşmaktadır (Gupta vd., 2001:2). Biyolojik sinir ağını oluşturan bu nöronlar temelde üç bölgeye ayrılırlar (Nabiyev, 2010:550);

- **Soma:** Bu hücre gövdesi, hücreyi denetler ve hücre etkinliklerinin tümünü yönetmekle sorumludur. Soma, metabolizma merkezi olarak, kendini oluşturan çeşitli bileşenlerin sentezi için gerekli tüm malzemeyi de içermektedir.
- **Akson:** Gövdedeki (soma) bilgiyi diğer nöronların dendritlerine taşımakla sorumludurlar. Aksonun son bölümü ağaçsal bir yapıya sahiptir. Bu dalların sonunda, sinaptik terminaller denilen küçük ve yuvarlak uçlar vardır. Bir nöron diğeri ile doğrudan temas etmez.
- **Dendrit:** Hücre gövdesinden dışarı uzanan ağaç dalları biçimindedirler. Dendritler, bilgiyi iletim hatları olarak kullanılan uzun fiberlerden oluşmuş aksonlar boyunca diğer nöronlardan alırlar ve hücre gövdesine (soma) taşırlar. Dendritlerde yoğun bir metabolizma etkinliği ve protein sentezi vardır.



Şekil: 1
Basit Bir Yapay Sinir Nöron Yapısı

Kaynak: (Anderson ve McNeill, 1992:4)

Biyolojik sinir ağlarında, yukarıda bahsedildiği gibi sinir hücreleri olduğu gibi, Şekil: 1'de görüleceği üzere, yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücrelerinin de girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş temel süreç elemanı bulunmaktadır.

Yapay sinir ağları birbirine bağlı doğrusal ve/veya doğrusal olmayan birçok elemandan oluşmaktadır. Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Biyolojik sinir sistemi ile yapay sinir sistemi arasındaki benzerlikler Tablo 1'de gösterilmektedir (Sağiroğlu vd., 2003:33);

Tablo:1
Biyolojik Sinir Sistemi ile Yapay Sinir Sisteminin Benzerlikleri

BİYOLOJİK SİNİR SİSTEMİ	YAPAY SİNİR SİSTEMİ
Nöron	İşlemci Elemanı
Dentrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Aktivasyon Fonksiyonu
Aksonlar	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Kaynak: (Sağıroğlu vd., 2003:33);

Literatürde, birçok yapay sinir ağı modeli kullanılmaktadır. Bu ağlar farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bazı kaynaklarda ileri veya geri beslemeli olarak ikiye ayrılırken, bazı kaynaklarda dinamik ve statik, veya danışmanlı veya danışmansız olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Çok Katmanlı Algılayıcı, Radyal Tabanlı Sinir Ağı, Vektör Kuantalamalı Öğrenme Ağı, Olasılık Tabanlı Yapay Sinir Ağı ve Genel Regresyon Yapay Sinir Ağı modelleri ileri beslemeli danışmanlı ağlar iken; Adaptif Rezonans Yapay Sinir Ağı, Kohonen Ağı, Elman Ağı, Jordan Ağı, Geri Dönüşümlü BP ağları gibi ağlar ise geri beslemeli ağlardır (Sağıroğlu vd., 2003:53). Çalışmamızda, bu ağlardan sadece Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı üzerinde durulacaktır.

II) YÖNTEM

A) Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Tedarik zinciri performansının ölçülmesinde kullanılan değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerin önem derecelerine göre sıralanması çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla, öncelikle literatür araştırması sonucunda tedarik zinciri performansını etkileyen değişkenler belirlenmiş ve bu değişkenler yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak önem

derecelerine göre sınıflandırılmıştır. Değişkenlerin önem derecelerine göre sınıflandırılmasında, Türkiye genelinde faaliyet gösteren bir perakende kuruluşun 2012 yılı gerçek verileri kullanılmıştır.

Perakende işletmenin iki farklı üretim merkezinde kendi üretmiş olduğu ürünler (private label), üretim depolarından kendi lojistik merkezine aktarılmakta, buradan da kendi dağıtım kanalları vasıtasıyla Ankara ilinde bulunan mağaza depoya gönderilmekte, depodan da mağaza ihtiyaçlarına göre kullanılmaktadır. İşletmenin kendi üretmiş olduğu 101 üründen 22 tanesi bir üretim merkezinde üretilirken, geriye kalan 79 ürün diğer üretim merkezinde üretilmektedir. İşletmenin üretmekte olduğu ürünlerin tamamı çalışma kapsamında değerlendirildiği için, evrenin tamamı çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

B) Araştırmanın Yöntemi

Çalışmamızda, satın alma, stok kontrolü, üretim faaliyetleri, dağıtım vb. birçok faaliyeti bir arada bulunduran tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle, tedarik zinciri performansının değerlendirilmesine yönelik kullanacağımız değişkenler belirlenmiştir. Bu konuda yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve araştırmacıların üzerinde hem fikir oldukları performans kriterleri belirlenmiştir. Daha sonra, perakendeci işletme yöneticileri ile görüşmeler yapılarak kendilerinden ikincil verilere ulaşılmıştır. Elde edilen veriler düzenlenerek, sınıflandırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

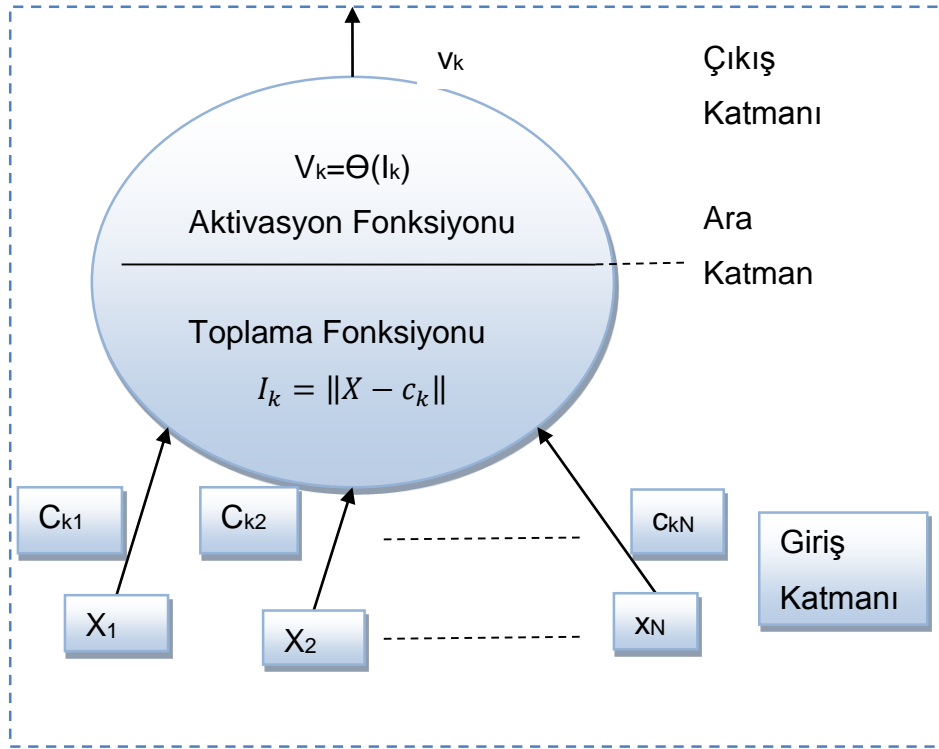
Tedarik zinciri performansının yapay sinir ağları yöntemi ile değerlendirildiği bu çalışmada, her iki üretim merkezi tek bir tedarik zinciri sistemi içerisinde değerlendirilmiş ve 101 ürün açısından tedarik zinciri performansını değerlendirirken kullanacağımız değişkenler önem derecesine

göre sıralanmıştır. Değişkenlerin önem sıraları SPSS 16.0 paket programı kullanılarak, radyal tabanlı yapay sinir ağı ile belirlenmiştir.

Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları, girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Her bir giriş nöronu, x olarak gösterilen bir giriş vektörüne karşılık gelmektedir. Ara katman n adet nörona sahip olabileceği gibi tekli bir yapıya da sahip olabilir. Her bir giriş nöronu ara katman nöronlarına bağlanmaktadır. Her bir ara katman nöronu ise, aktivasyon fonksiyonu vasıtasıyla çıktı katmanıyla bağlantı kurar. Aktivasyon fonksiyonu, genellikle Geri Yayılımlı Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağlarında kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonuna benzerlik göstermektedir.

Radyal Tabanlı Sinir Ağları, çok değişkenli modelleme ve yakınsamalarda kullanılan yapay sinir ağı yapılarındandır. Ara katmandaki işlemci elemanlar girişlerin ağırlıklandırılmış şeklini kullanmamakta ve ara katmandaki işlemci elemanların çıkışları yapay sinir ağının girişleri ile temel fonksiyonun merkezi arasındaki uzaklığa göre belirlenmektedir. En genel anlamda, radyal olarak simetrik olan ara katman işlemci elemanları içeren bir yapıdır. Radyal olarak simetrik olan ara katman işlemci elemanı için üç bileşen vardır. İlki giriş uzayındaki bir merkez vektörüdür. Bu vektör, giriş ve ara katmanlar arasındaki ağırlık vektörü olarak saklanır. İkincisi, bir giriş vektörünün merkezden ne kadar uzak olduğunu belirlemek için uzaklık ölçütüdür. Tipik olarak, bu ölçüt standart öklit uzaklığı olarak alınır. Sonuncusu ise, tek değişkenli olan ve uzaklık fonksiyon çıkışı giriş olarak alan işlemci elemanın çıkış değerini belirleyen bir aktivasyon fonksiyon yapısıdır. Diğer bir ifadeyle, ara katman işlemci eleman çıkışı, sadece merkezle giriş vektörü arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur ve çok değişkenli enterpolasyon yaklaşımlarında kullanılan yapay sinir ağları yapılarındandır. İlk

katmandaki işlemci elemanlar girişlerin ağırlıklandırılmış şeklini kullanmaz. İlk katmandaki işlemci elemanların çıkışları yapay sinir ağı girişleri ile temel fonksiyonun merkezi arasındaki uzaklığa göre belirlenir. Radyal tabanlı yapay sinir ağı yapılarının son katmanı doğrusaldır ve ilk katmanın çıkışlarından ağırlıklandırılmış toplam çıkışı üretir. Ara katman işlemci eleman yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir (Sağıroğlu vd, 2003:55,56).



Şekil: 2

Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı Yapısı

Kaynak: (Sağıroğlu vd, 2003:55,56).

C) Tedarik Zinciri Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılan Değişkenler ve Bir Model Önerisi

Tedarik zinciri performansının değerlendirilmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, farklı araştırmacılar tarafından farklı modellerin kullanıldığı görülmektedir. Modellerin birbirinden farklı olmalarına karşın, kullandıkları değişkenler benzerlik göstermektedir. Tedarikçileri, üretim merkezlerini ve araçları içerisinde barındıran modeller olduğu gibi, değişkenleri kendi içerisinde sınıflandıran modeller de bulunmaktadır. Çalışmaları kendi içerisinde sınıflandırdığımızda, anket yöntemine başvuran çalışmalar olduğu gibi gerçek verilere dayalı çalışmalar da yapılmıştır.

Araştırmacılar, tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde temel başlık olarak; maliyet (kaynak), müşteri memnuniyeti (çıktı) ve esneklik kavramlarını kullanmışlardır. Temel başlıkların bu şekilde üçlü bir ayrıma tabi tutulmasında, Beamon (1998,1999)'ın yapmış olduğu çalışmaların etkisi görülmektedir. Elde edilen temel başlıklar Tablo: 2'de gösterilmiştir. Gerçek veriye dayalı yapılan çalışmalarda genellikle bu üç başlık kullanılmış, bunların dışında araştırmacıların yaptıkları çalışmalara özgü bilgi, finansal durum, çevresel faktörler, kaynak kullanımı, katma değer gibi başlıkların da kullanıldığı görülmektedir. Fakat, temelde araştırmacıların üzerinde hem fikir olduğu temel başlıklar; maliyet, müşteri memnuniyeti ve esnekliktir.

Çalışmamızda, tedarik zinciri performansının değerlendirilmesi bütüncül bir yaklaşım olarak ele alınmıştır. Modelde kullandığımız ve süreç içerisinde aktif rol oynayan oyuncular; maliyet ile belirtilen tedarikçiler ve

üretim merkezleri, müşteri memnuniyeti olarak belirtilen aracı kuruluşlar (perakendeci veya toptancı) ve her iki tarafın yeteneğini ölçmeye yönelik olarak belirtilen esneklik kavramlarıdır.

Tablo: 2
Araştırmada Yer Alan Temel Değişkenler

TEMEL DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMALAR
MALİYET (KAYNAK)	Narasihman ve Jayaram (1998) Beamon (1998,1999) Chan vd (2003a) Pires ve Aravechia (2001) Brewer ve Speh (2000) Gunesakaran ve Kobu (2007) Bhajwat ve Sharma (2007) Hwang vd (2008) Jun (2009) Li vd. (2007) Tao (2009) Zhu (2010) Angerhoper ve Angelides (2006)
MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ (ÇIKTI)	Narasihman ve Jayaram (1998) Beamon (1998,1999) Chan vd (2003) Pires ve Aravechia (2001) Brewer ve Speh (2000) Gunesakaran ve Kobu (2007) Bhajwat ve Sharma (2007) Hwang vd (2008) Jun (2009) Li vd. (2007) Tao (2009) Zhu (2010) Angerhoper ve Angelides (2006)

ESNEKLİK	Beamon (1998,1999) Chan vd (2003) Pires ve Aravechia (2001) Hwang vd (2008) Jun (2009) Li vd. (2007) Angerhoper ve Angelides (2006)
-----------------	---

Literatürde incelediğimiz araştırmalarda, alt değişkenler benzerlik göstermektedir. Tablo: 3’de görüldüğü gibi, maliyet temel değişkeni altında üretim maliyeti, stok maliyeti, dağıtım maliyeti, depo maliyeti ve kâr değişkenleri alt değişkenler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, araştırmalarda, yatırım getiri oranı, kâr/toplam varlıklar, kâr artışı, kâr/maliyet oranı, net kâr verimlilik oranı gibi kâr ile doğrudan ilişkili bir takım değişkenler de kullanılmıştır. Çalışmamızda, bu değişkenler yerine hepsini ifade etmesi amacıyla kar değişkeni kullanılmıştır. Ayrıca, depo maliyeti bizim için önemli görülmesi nedeniyle alt değişkenlere eklenmiştir.

Tablo: 3
Araştırmada Yer Alan Alt Değişkenler

TEMEL DEĞİŞKENLER	ALT DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMALAR
MALİYET (KAYNAK) TEMEL DEĞİŞKENİ	Dağıtım Maliyeti	Beamon (1999) Chan vd (2003) Pires ve Aravechia (2001) Gunesakaran ve Kobu (2007) Jun (2009)
	Üretim Maliyeti	Beamon (1999) Chan vd (2003)

		Pires ve Aravechia (2001)
	Stok Maliyeti	Beamon (1999) Chan vd(2003) Pires ve Aravechia (2001) Gunesakaran ve Kobu (2007) Persson ve Olhager(2002)
	Depo Maliyeti	Chan vd (2003)
	Kâr	Beamon(1998) Beamon (1999) Chan vd (2003) Pires ve Aravechia (2001) Brewer ve Speh (2000) Gunesakaran vd (2004) Gunesakaran ve Kobu (2007) Bhajwat ve Sharma (2007) Jun (2009) Tao (2009) Zhu (2010) Angerhoper ve Angelides (2006)
MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ (ÇIKTI) TEMEL DEĞİŞKENİ	Satışlar	Beamon (1998) Beamon (1999) Li vd. (2007) Angerhoper ve Angelides (2006)
	Kâr	Beamon (1999) Pires ve Aravechia (2001) Angerhoper ve Angelides (2006)
	Doluluk Oranı	Beamon (1998) Chan vd (2003) Beamon (1999) Pires ve Aravechia (2001) Hwang vd (2008) Jun (2009) Tao (2009) Zhu (2010)
	Zamanında Teslimat	Beamon (1999)

MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ (ÇIKTI) TEMEL DEĞİŞKENİ	Oranı	Beamon (1998) Hwang vd (2008) Jun (2009) Tao (2009) Zhu (2010)
	Stok Bulunmama Olasılığı	Chan vd (2003) Beamon (1999) Fleisch ve Tellkamp (2005) Angerhoper ve Angelides (2006)
	Müşteriye Cevap Verme Süresi	Beamon (1998) Beamon (1999) Pires ve Aravechia (2001) Brewer ve speh (2000) Gunesakaran ve Kobu (2007) Angerhoper ve Angelides (2006)
	Üretim Hazırlık Süresi	Beamon (1998) Beamon (1999) Pires ve Aravechia (2001) Gunesakaran vd (2004) Persson ve Olhager (2002) Bhajwat ve Sharma (2007)
	Müşteri Şikayetleri	Beamon (1999) Pires ve Aravechia (2001)
	Stok Devir Hızı	Zhu (2010) Tao (2009) Chan vd (2003) Pires ve Aravechia (2001)
	Ekonomik Sipariş Miktarı	Beamon (1999) Gunesakaran vd (2004) Jun (2009)
	Kalite	Persson ve Olhager (2002) Bierlein ve Miller (2000) Bhajwat ve Sharma (2007) Tao (2009) Zhu (2010) Angerhoper ve Angelides (2006)
	Doğruluk	Gunesakaran ve Kobu (2007) Rabelo ve Helal (2004) Angerhoper ve Angelides (2006)
ESNEKLİK	Hacim Esnekliği	Beamon (1999)

TEMEL DEĞİŞKENİ	Teslim Esnekliği	Beamon (1999)
	Ürün Karması Esnekliği	Beamon (1999)
	Yeni Ürün Esnekliği	Beamon (1999)

Müşteri memnuniyeti temel değişkeni altında ise; satışlar, kâr, doluluk oranı (sipariş karşılama oranı), siparişlerin zamanında teslimat oranı, stok bulunmama olasılığı (stokdışı), müşteriye cevap verme süresi, üretim hazırlık süresi, müşteri şikayetleri, stok devir hızı, ekonomik sipariş miktarı, kalite ve doğruluk değişkenleri alt değişkenler olarak belirlenmiştir. Müşteri memnuniyeti temel değişkenine, Beamon (1998,1999)'dan farklı olarak diğer araştırmacıların kullandığı ve bizim tarafımızdan da önemli görülen stok devir hızı, ekonomik sipariş miktarı, kalite ve doğruluk alt değişkenleri ilave edilmiştir.

Esneklik temel değişkeninin alt değişkeni olarak ise, genelde literatürde kullanılan teslim esnekliği, hacim esnekliği, ürün karması esnekliği ve yeni ürün esnekliği değişkenleri modelimizde kullanılmıştır. Araştırmamız kapsamında ele aldığımız tedarik zinciri yönetimi sürecinde üretim merkezlerinde üretim esnasında en erken başlama ve en geç tamamlanma sürelerinin belirlenmesi mümkün olmadığından ve uzun süredir yeni ürün geliştirmediklerinden dolayı, teslim esnekliği ve yeni ürün esnekliği değişkenleri çalışmamızda bir sınırlılık olarak yer almaktadır.

Çalışmamızda kullanılan değişkenler ve tanımları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- 1. Üretim Maliyeti:** Ürünün hammadde halinden son nihai haline gelene kadar gerçekleşen tüm maliyetler toplamıdır. Üretim maliyetleri; hammaddeler, yardımcı maddeler, işletme malzemesi, yakıt, elektrik, su, işçilik ve personel giderleri, amortismanlar, lisans anlaşması bedeli, bakım ve onarım ve genel giderlerdir.
- 2. Dağıtım Maliyeti:** Ulaştırma ve elde tutma maliyeti dahil dağıtıma harcanan giderler toplamıdır.
- 3. Stok Maliyeti:** Stokları elde bulundurma maliyeti ile stok bulundurmaya için gerekli olan bütün giderlerin toplamıdır.
- 4. Depo Maliyeti:** Stok maliyetinden ayrı olarak, depo içerisinde personel, gerekli araç ve gereç ve bunların bakım onarım giderleri, genel giderler, taşıma giderleri, sarf malzeme giderleri gibi depo için gerekli olan giderlerin toplamıdır.
- 5. Üretim Merkezi Kârı:** Üretim merkezleri açısından, ürünün satışı sonucu elde edilen toplam gelirden, ürünün üretilmesi ve satışı için gerekli olan toplam giderlerin çıkarılması ile bulunan değerdir.
- 6. Satışlar:** Belirli bir dönemde perakendeci kuruluşta gerçekleştirilen toplam satışlardır.
- 7. Perakendeci Kuruluş Kârı:** Perakendeci kuruluş açısından, satın aldığı ürünün nihai kullanıcıya satışı sonucu elde edilen toplam gelirden, ürünün satın alınması için gerekli olan ve diğer tüm

giderlerini içine alan toplam giderlerin çıkarılması ile bulunan değerdir.

8. **Doluluk Oranı:** Belirli bir dönemde siparişlerin karşılanma oranını ifade etmektedir.
9. **Zamanında Teslimat Oranı:** Ürün gecikmeleri, teslim gecikmeleri, erken gelmesi veya geç gelmesi olasılıklarını da kapsayan siparişlerin zamanında teslim edilme olasılığını ifade etmektedir.
10. **Stok Bulunmama Olasılığı:** Belirli bir dönemde, ürünün stokta olmaması, ilk siparişte temin edilemeyen ürünlerin tekrar siparişi olasılığını da kapsayacak şekilde ürünün stokta bulunmama olasılığını ifade etmektedir.
11. **Müşteriye Cevap Verme Süresi:** Ürünün siparişinin verilmesi ile siparişin teslim alınması arasında geçen süreyi ifade etmektedir.
12. **Ürünün Hazırlık Süresi:** Belirli bir ürün veya ürün grubu üretmek ve siparişin gerçekleştirilmesi için önceden gerekli olan hazırlık süresini ifade etmektedir.
13. **Müşteri Şikayetleri:** Belirli bir dönem içerisinde nihai kullanıcıların yapmış olduğu şikayetler toplamıdır.
14. **Stok Devir Hızı:** Belirli bir dönem içerisinde perakendeci kuruluşun stokları kaç defa kullandığını ifade etmektedir.

15. Ekonomik Sipariş Miktarı: Belirli bir dönemde perakendeci kuruluşun stoklarında bulundurması gereken minimum miktarı ifade etmektedir.

16. Kalite: Kalite müşterinin gözünde ürünün algılanan değerini ifade etmektedir. Çalışmamızda, kalite ölçüsü olarak her bir ürün için üçlü bir ayırım uygulanmıştır. Kalite düzeyine göre ürünler 1,2 ve 3 olmak üzere üçlü bir ayırma tabi tutulmuştur.

17. Doğruluk: Belirli bir dönemde içerisinde geleceğe yönelik yapılmış olan tahminlerin (stok tahmini, kar tahmini, satış tahmini gibi) doğruluk payını ifade etmektedir.

18. Hacim Esnekliği: Belirli bir dönem içerisinde müşterinin taleplerine uygun olarak, üretim merkezlerinin bu talebi karşılayıp karşılayamama gücünü göstermektedir. Hacim esnekliği Beamon (1999) tarafından aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

D=Talep miktarı

\hat{D} = Ortalama talep miktarı

T=Dönem sayısı

d_t =Belirli bir dönemdeki talep miktarı

\hat{d}_t =Belirli bir dönemdeki ortalama talep miktarı

S_D^2 =Talebin varyansı

S_D =Talebin standart sapması

$$\hat{D} = \frac{\sum_{t=1}^T d_t}{T}$$

(1)

ve

$$S_D^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (d_t - \hat{d}_t)^2}{T-1}$$

(2)

F_v=Hacim esnekliğiO_{min}=Belirli bir dönemdeki en küçük talep miktarıO_{max}=Belirli bir dönemdeki en yüksek talep miktarı

Φ = z olasılık değeri

$$F_V = P\left(\frac{O_{min} - \hat{D}}{S_D} \leq D \leq \frac{O_{max} - \hat{D}}{S_D}\right)$$

(3)

$$F_V = \Phi\left(\frac{O_{max} - \hat{D}}{S_D}\right) - \Phi\left(\frac{O_{min} - \hat{D}}{S_D}\right)$$

(4)

19. Ürün Karması Esnekliği: Belirli bir dönem içerisinde müşterinin talep ettiği ürün karmasına göre, üretim merkezlerinin bu talebi karşılayıp karşılayamama gücünü göstermektedir. Ürün karması esnekliği, Beamon (1999) tarafından aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

F_M= Ürün karması esnekliği

N(t)= Belirli bir dönemde üretilen ürün çeşidi

F_M=N(t)

(5)

20. Yeni Ürün Esnekliği: Belirli bir dönem içerisinde üretim merkezlerinin yeni ürün üretebilme yeteneğini göstermektedir. Yeni ürün esnekliği, Beamon (1999) tarafından aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

F_n= Yeni ürün esnekliği

T= Belirli bir dönemde işletmenin yeni bir ürün piyasaya çıkarma süresi

$$F_n=T$$

(6)

21. Teslimat Esnekliği: Belirli bir dönem içerisinde üretim merkezlerinin talep edilen ürünü üreterek zamanında teslim edebilme yeteneğini göstermektedir. Teslimat esnekliği, Beamon (1999) tarafından aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

F_d =Teslimat esnekliği

J=Toplam işlem sayısı

L_j =j işinin en geç tamamlanma süresi

t^* =Geçerli dönem

E_j =j işinin en erken tamamlanma süresi

$$\text{Toplam tamamlanma süresi} = \sum_{j=1}^J (L_j - t^*) \quad \text{ve}$$

(7)

$$\text{Minimum teslim süresi} = \sum_{j=1}^J (E_j - t^*)$$

(8)

$$F_d = \frac{\sum_{j=1}^J ((L_j - t^*) - (E_j - t^*))}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)} \quad \text{ve}$$

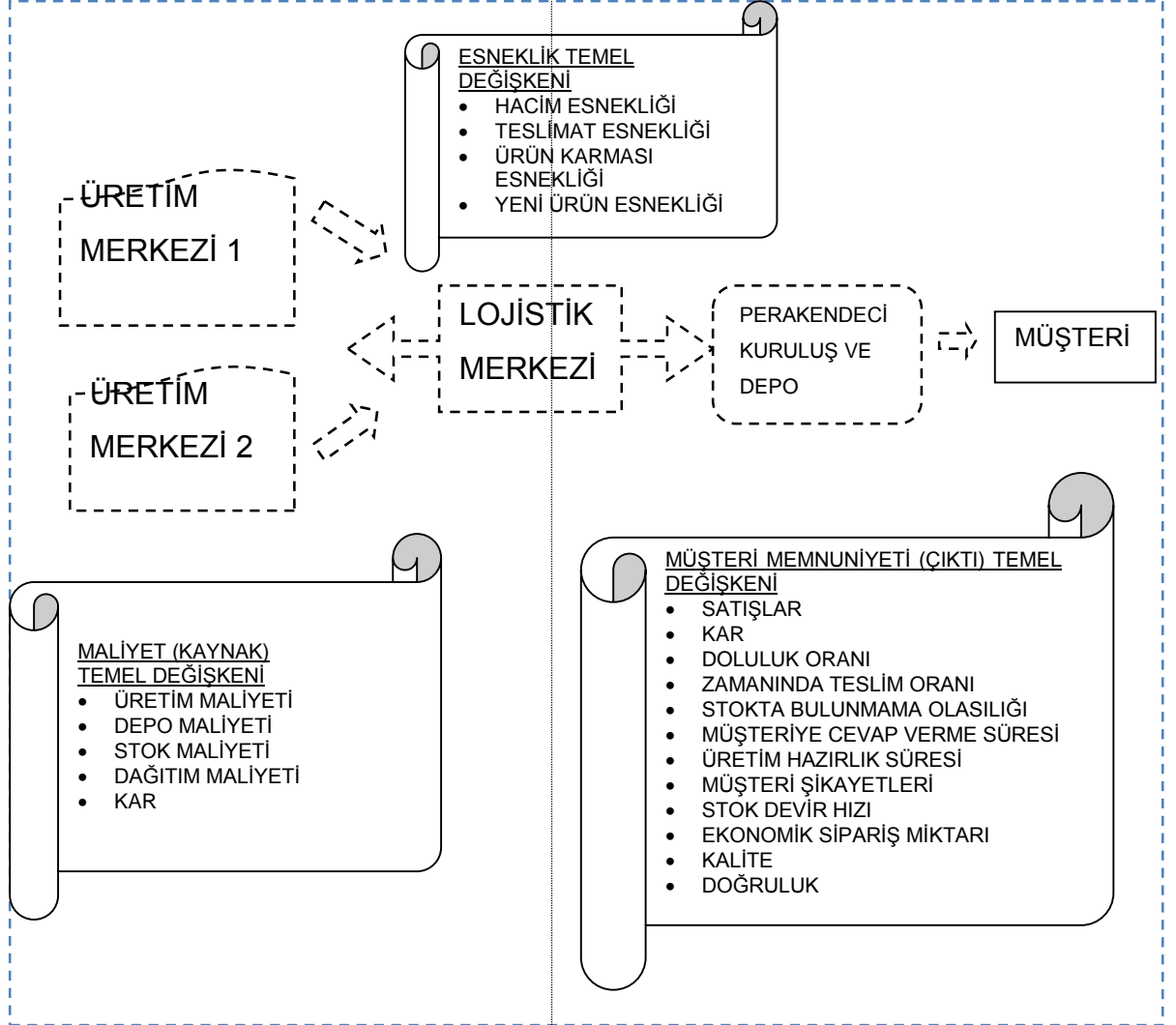
(9)

$$F_d = \frac{\sum_{j=1}^J ((L_j - E_j))}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)}$$

(10)

Şekil 3’de modelimizde kullanılan temel değişkenler, alt değişkenler ve tedarik zincirinin tamamı gösterilmektedir. Modelde kullandığımız tedarik zincirinde ürünler, Üretim Merkezi 1 ve Üretim Merkezi 2’den lojistik

merkezine, lojistik merkezinden de perakendeci kuruluşun deposuna aktarılmaktadır. Üretim merkezleri için maliyet (kaynak) temel değişkeni ve alt değişkenleri, aracı kuruluş (perakendeci kuruluş) için müşteri memnuniyeti (çıktı) temel değişkeni ve alt değişkenleri ve her iki kısım açısından hacim esnekliği ve ürün karması esnekliği değişkenleri kullanılmıştır. Böylece, tedarik zinciri yönetimi sürecinde, tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenlerine yönelik oluşturulan modelde kullanılan değişkenler tek bir çatı altında gösterilmektedir.



Şekil: 3
Tedarik Zinciri Yönetimi Performans Değerlendirme Modeli

Yapay sinir ağları, yapay sinir ağ yapıları ve öğrenme algoritmaları bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Öğrenme algoritmaları; danışmanlı

öğrenme, danışmansız öğrenme ve takviyeli öğrenme olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Danışmanlı öğrenme yönteminde, yapay sinir ağına girdi ve çıktı değerleri verilerek ağ eğitime tabi tutulmaktadır. Çalışmamızda, danışmanlı öğrenme yöntemi benimsenmiş ve tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenleri modelimizin girdilerini, bütünlük çıktı değeri ise modelimizin çıktı değerlerini oluşturmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi performans değerlendirme değişkenlerinin tamamını kapsayan bütünlük çıktı değeri literatürde Angerhofer ve Angelides (2006) tarafından ortaya konulmuştur. Ortaya konulan çıktı değeri, tedarik zinciri yönetimi performansı değerlendirme alt değişkenlerinin tamamını kapsamakta, fakat her bir temel değişken açısından kabul edilebilir bir sonuç ortaya koyması açısından yararlı görülmektedir. Maliyet çıktı değerini, müşteri memnuniyeti çıktı değerini ve esneklik çıktı değerini ayrı ayrı hesaplamışlar ve sonuç olarak hepsini bir arada bütünlük çıktı değeriyle ifade etmişlerdir. Yazarların ortaya koyduğu çıktı değerleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

- 1. Maliyet (Kaynak) Çıktı Değeri (RM):** Angerhofer ve Angelides (2006:292), kaynak çıktı değerini maliyetlerle ölçmektedir. Maliyetleri ise değişken ve sabit maliyetlerin toplamı olarak göstermektedir. Çalışmamızda, maliyet çıktı değeri olarak ürünlerin toplam maliyetleri ele alınmıştır.
- 2. Müşteri Memnuniyeti (Çıktı) Çıktı Değeri:** Angerhofer ve Angelides (2006:292), müşteri memnuniyeti çıktı değerini müşteri memnuniyeti ile karlılığın bir fonksiyonu olarak göstermektedir.
 $OM = \text{Müşteri memnuniyeti çıktı değeri}$

P= Karlılık

CS=Müşteri memnuniyeti

OM=P*CS

(11)

P= Gelir- Maliyet

Gelir=Birim satış fiyatı*Satış miktarı

Müşteri memnuniyeti=Ürün kalitesi+Stokdışı

Stokdışı= Müşteri talebi-Perakende stok

- 3. Esneklik Çıktı Değeri:** Esneklik çıktı değeri, kaynak olarak gösterilen üretim merkezleri ile çıktı olarak gösterilen aracı kuruluşun uyumunu ve üretim merkezlerinin aracı kuruluşların taleplerini karşılayabilme gücünü göstermektedir. Angerhofer ve Angelides (2006:292), esneklik çıktı değerini bütüncül bir yaklaşımla üretim kapasitesi, stok oranı ve pazara sürüm süresi ile ilişkilendirmiştir.

FM = Esneklik çıktı değeri

PC=Üretim kapasitesi oranı

RI=Perakende stok oranı

TTM=Pazara sürüm süresi

FM=(PC*RI)/TTM

(12)

PC= 2-Kapasite kullanım oranı

RI= 1+(Perakende stok miktarı/Toplam stok)

Kapasite kullanım oranı= Üretim/Üretim kapasitesi

TTM= Bilgi gecikmesi + Ürünün üretim yerinden perakende stoklarına gitmesine kadar geçen süre

4. Bütünleşik Çıktı Değeri (BÇD): Angerhofer ve Angelides (2006:292), tedarik zinciri yönetimi performansı değerlendirme kriterleri açısından yukarıda elde edilen maliyet, müşteri memnuniyeti ve esneklik çıktı değerlerini bütünleşik bir bakış açısı ile göstermeye çalışmıştır. Bu yaklaşımda dikkat edilebileceği gibi kaynak olarak gösterilen maliyet değişkenleri payda da yer almakta ve tedarik zinciri yönetimi performansını ters yönlü etkilemektedir. Müşteri memnuniyeti ve esneklik çıktı değerleri ise tedarik zinciri performansı değerlendirme sürecini aynı yönde etkilemektedir. Dolayısıyla maliyetlerdeki bir artış performansı olumsuz yönde etkilerken, müşteri memnuniyetinde ve üretim merkezlerinin talebi karşılama yönündeki gücünün artması performansı olumlu yönde etkilemektedir. Çalışmamızda, çıktı değeri hesaplanırken $\alpha=1,1$ ve $\beta,\gamma=1$ değerleri alınmıştır.

BÇD=Bütünleşik çıktı değeri

$$B\check{C}D = \frac{\beta OM * \gamma FM}{\alpha RM} \text{ olarak ifade edilmektedir.}$$

(13)

D) Tedarik Zinciri Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılan Değişkenlerin Önem Sırasına Göre Değerlendirilmesi

Tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenlerinin önem sırasını belirlemek amacıyla, yapay sinir ağı yöntemlerinden radyal tabanlı sinir ağları kullanılmıştır. Perakendeci kuruluşun kendi üretmiş olduğu ürünler (private label) örnek kütleimizi oluştururken ürünlerin tamamı örnek seçimimize dahil edilmiştir. Dolayısıyla, örnek seçiminde uzayın tamamını

temsil edebilecek örnek seçimi yapılmıştır. Toplam 101 ürüne ait alt değişkenler ve bu değişkenlerin önem sırası ortaya konulmaya çalışılmıştır. Modelimizde danışmanlı öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmamızda girdilerin ve çıktılarının ölçeklendirilmesi amacıyla, bütün girdi ve çıktı değerlerine normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Girdi değerlerimizin normalizasyonu amacıyla, aşağıda belirtilen log-sig fonksiyonu kullanılmıştır.

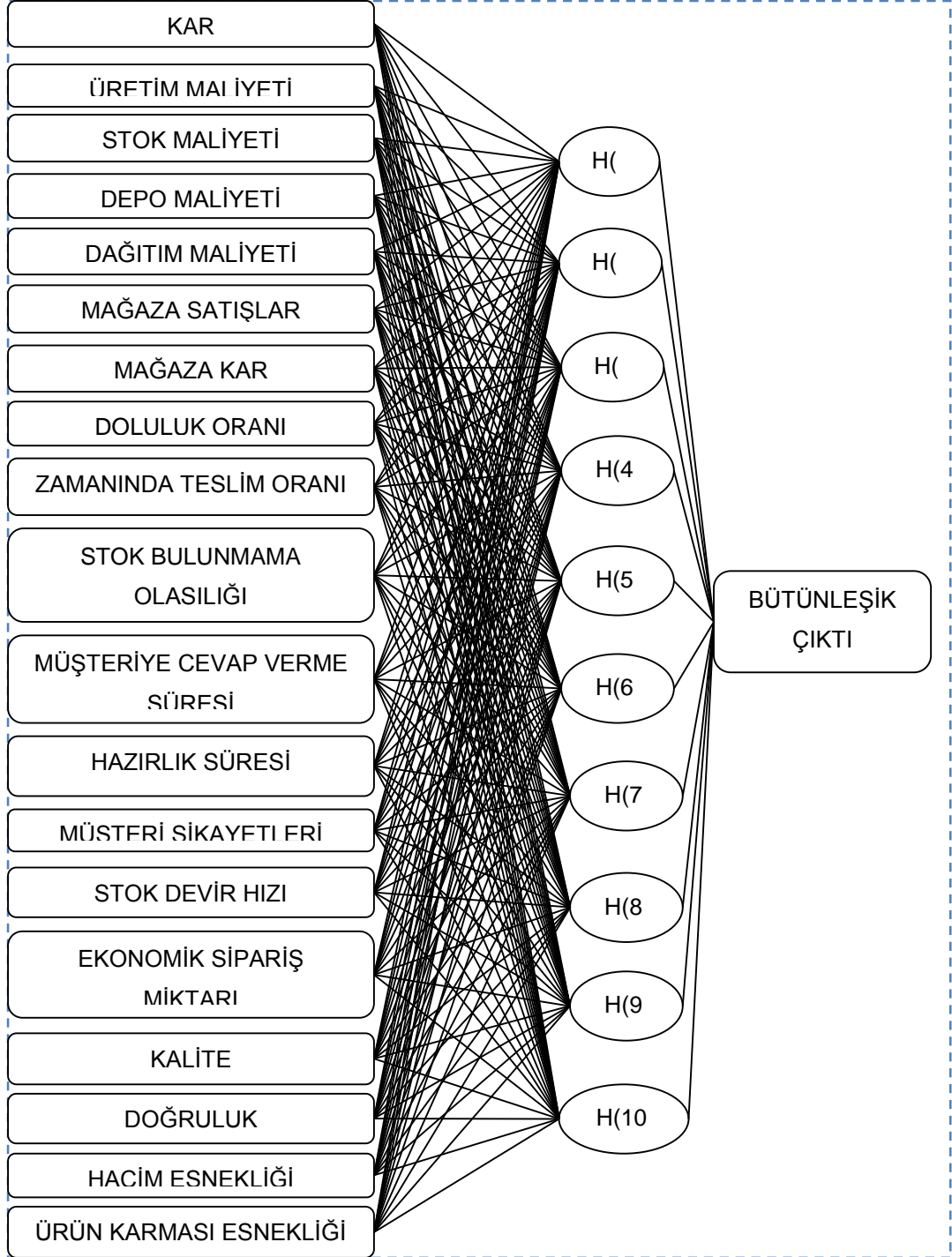
$$V_N = \text{Normalize edilecek değerler} \quad V_{\max} = \text{En büyük veri değeri}$$
$$V_{\min} = \text{En küçük veri değeri} \quad V_N = \left[\frac{V_R - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \right]$$

(14)

Modelde, maliyet, müşteri memnuniyeti ve esneklik temel değişkenleri ve temel değişkenlere ait alt değişkenlerin önem sıraları belirlenmeye çalışılmıştır. Tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenleri, radyal tabanlı sinir ağı yöntemi ile belirlenmiştir. Modelde kullanılan parametreler Tablo: 4'de gösterilmiştir. Bahsedilen değişkenlerin tamamı modele dahil edilmiştir. Yapay sinir ağı yöntemi, danışmanlı öğrenme yöntemine göre oluşturulmuş ve belirtilen değişkenlere ait değerler girdi, bütünlük çıktı değerleri de çıktı olarak kullanılmıştır.

Tablo: 4
Tedarik Zinciri Performans Değerlendirme Değişkenleri
Radyal Tabanlı Sinir Ağı Parametreleri

KULLANILAN MODELİN ÖZETİ	Tedarik Zinciri	
	N	HATA PAYI
EĞİTİM SETİ	71	0.022
TEST SETİ	30	.122a
TOPLAM	101	
ARAKATMAN AKTİVASYON FONKSİYONU	Softmax	
ÇIKTI KATMANI AKTİVASYON FONKSİYONU	Identity	
HATA FONKSİYONU	Hata Kareler Toplamı	



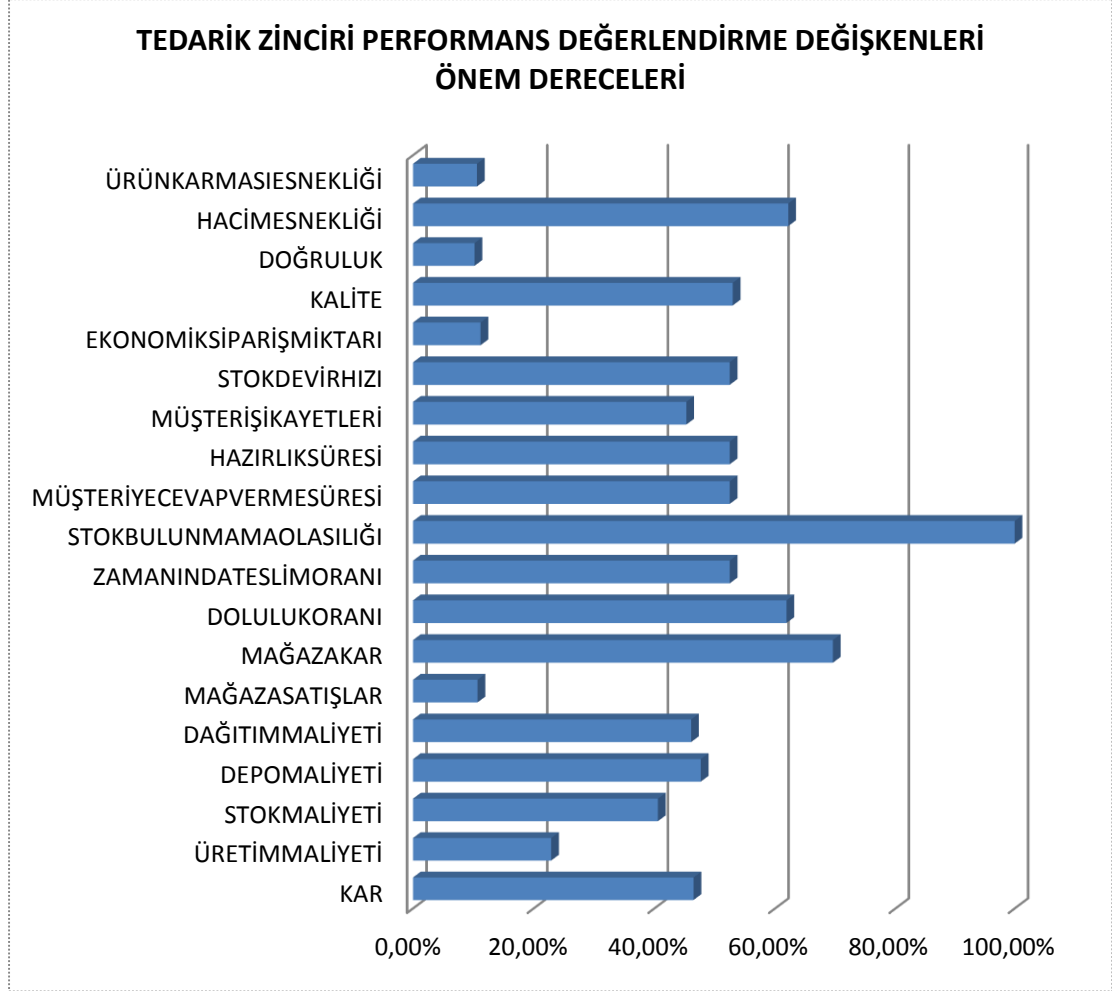
Şekil :4
Tedarik Zinciri Performans Değerlendirme
Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı Yapısı

Model, belirtilen tedarik zincirine ait 71 üründen oluşan eğitim seti ve rastgele seçilmiş 30 ürünü temsil eden test setinden oluşmaktadır. Eğitim seti 0.022 hata payı, test seti ise 0.122a hata payı ile çalışmaktadır. Ara katman aktivasyon fonksiyonu olarak softmax, çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu olarak identity ve hata fonksiyonu olarak hata kareler toplamı yöntemleri kullanılmıştır. Modelde kullanılan radyal tabanlı ağ yapısı Şekil: 4’de gösterilmektedir.

Tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenlerinin önem sıralarına bakılacak olursa (Tablo: 5, Şekil: 5), en önemli değişkenin stok bulunmama olasılığı (%100) olduğu görülmektedir. Bu değişkeni sırasıyla; mağaza kar (%69.60), hacim esnekliği (%62.20), doluluk oranı (%61.90), kalite (%53), zamanında teslim oranı (%52.5), stok devir hızı (%52.5), müşteriye cevap verme süresi (%52.5), hazırlık süresi (%52.5), depo maliyeti (%47.70), kar (%46.5), dağıtım maliyeti (%46.10), müşteri şikayetleri (%45.30), stok maliyeti (%40.60) ve üretim maliyeti (%22.90) değişkenleri izlemektedir. Tedarik zinciri performansını en az etkileyen değişkenler ise, ekonomik sipariş miktarı (%11.20), mağaza satışlar (%10.70), ürün karması esnekliği (%10.60) ve doğruluk (%10.20) değişkenleridir.

Tablo: 5
Tedarik Zinciri Performans Değerlendirme
Değişkenleri Önem Dereceleri

DEĞİŞKENLER	TEDARİK ZİNCİRİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME DEĞİŞKENLERİ ÖNEM DERECELERİ
KÂR	46.50%
ÜRETİM MALİYETİ	22.90%
STOK MALİYETİ	40.60%
DEPO MALİYETİ	47.70%
DAĞITIM MALİYETİ	46.10%
MAĞAZA SATIŞLAR	10.70%
MAĞAZA KÂR	69.60%
DOLULUK ORANI	61.90%
ZAMANINDA TESLİM ORANI	52.50%
STOK BULUNMAMA OLASILIĞI	100.00%
MÜŞTERİYE CEVAP VERME SÜRESİ	52.50%
HAZIRLIK SÜRESİ	52.50%
MÜŞTERİ ŞİKAYETLERİ	45.30%
STOK DEVİR HIZI	52.50%
EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI	11.20%
KALİTE	53.00%
DOĞRULUK	10.20%
HACİM ESNEKLİĞİ	62.20%
ÜRÜN KARMASI ESNEKLİĞİ	10.60%



Şekil: 5
Tedarik Zinciri Performans Değerlendirme
Değişkenleri Önem Dereceleri

Perakende işletme açısından tedarik zinciri performansının ölçülmesinde stok bulunmama olasılığı en önemli değişken olarak belirlenirken, ürün karması esnekliği, doğruluk, ekonomik sipariş miktarı ve mağaza satışlar en az önemli değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer

değişkenler ise orta düzeyde öneme sahip değişkenler olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla, perakende işletme açısından stok bulunmama olasılığının tedarik zinciri performansı değerlendirilirken mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

SONUÇ

İşletmeler, müşterilerin istediği ürünü, istediği zamanda ve en düşük maliyetle üretmek durumundadırlar. Müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının sürekli değiştiği düşünülürse, işletmelerin bu istek ve ihtiyaçları karşılayabilmesi için ürün çeşitlerini artırmaları gerekmektedir. Ürün çeşitliliği ise, işletmelerin hammadde temini, depolama, taşıma, dağıtım ve nakliye faaliyetleri gibi bir takım yeni problemlerle karşılaşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde işletmelerin tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerine gereken önemi vermeleri gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, tüm tedarik zinciri üyelerinin süreçlerini, teknolojilerini ve yeteneklerini ne derece etkin kullandıkları ve belirtilen faaliyetleri ne derecede yerine getirdikleri ile ilgilenmektedir. Bu durum ise, tedarik zinciri performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır.

Tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde kullanılan değişkenler işletme ve işletmenin içerisinde yer aldığı sektöre göre değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca, oluşturulan modele göre, modelin test edilmesinde kullanılan yapay sinir ağı yöntemleri farklı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada, perakende sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin kendi üretmiş olduğu ürünler (private label) araştırma konusunu oluşturmaktadır. Ayrıca, değişkenlerin önem sırasının belirlenmesinde ve oluşturulan modelin test

edilmesinde yapay sinir ağı yöntemlerinden radyal tabanlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Çalışma, tedarik zinciri performansını değerlendirmek isteyen araştırmacı ve uygulayıcılara hangi değişkenlerin kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermesi açısından faydalı görülmektedir.

Modelimize katılan işletmenin gıda sektöründe faaliyet gösteren bir perakende işletme olması, stok yönetiminde daha etkin olmasını zorunlu kılmaktadır. Perakende işletmelere gelen müşterilerin temel beklentileri istedikleri ürünlerin işletmede var olmasıdır. Dolayısıyla stok bulunmama olasılığının, tedarik zinciri performans değerlendirme değişkenleri arasında en önemli değişken olarak belirlenmesi son derece normaldir. Ayrıca, stok devir hızı da performans değişkenleri içerisinde önemli görülebilecek değişkenler arasında yer almaktadır.

Hacim esnekliği, talebe bağımlı bir değişken olup, talepteki değişmelere tepki gösterebilme yeteneğini ifade etmektedir. Dolayısıyla perakende işletmelerinde hacim esnekliğinin yüksek çıkması son derece normaldir. Ayrıca, 101 ürün üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, temel gıda, ve şarküteri ürünleri analiz edilmiştir. Modelde yer alan ürünlerin farklı kategorilerden olması, perakende işletme açısından kar marjlarının ve ürün kalite düzeylerinin farklı olmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, mağaza karı ve kalite değişkenleri tedarik zinciri performansı açısından önemli görülmektedir.

Stok bulunmama olasılığının minimum düzeye indirilebilmesi için, doluluk oranının (sipariş karşılama oranı), zamanında teslim oranının, müşteriye cevap verme süresinin ve hazırlık sürelerinin optimal düzeylerde olması beklenmektedir. Modele bakılacak olursa, belirtilen değişkenler

performans değerlendirme açısından dikkate alınması gereken değişkenler arasında yer almaktadır.

Belirtilen değişkenler incelenecek olursa, hacim esnekliği dışında, değişkenlerin tamamı müşteri memnuniyeti (çıktı) temel değişkeni ile ilgili olan değişkenlerdir. Hacim esnekliği ise, hem perakendeci kuruluş, hem de üretim merkezlerini ilgilendiren bir değişkendir. Dolayısıyla tedarik zincirinin performansı değerlendirilirken, müşteri memnuniyeti temel değişkeni ile ilgili değişkenler son derece önemlidir.

Maliyet temel değişkeni açısından yer alan depo maliyeti, kâr, dağıtım maliyeti, stok maliyeti, üretim maliyeti değişkenleri, yukarıda belirtilen müşteri memnuniyeti temel değişkeni alt değişkenlerinden sonra gelmektedir. Tedarik zinciri yönetiminin temel amacı, müşterilere doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata, tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaşmasını sağlayabilmektir. Dolayısıyla modelimizde ele aldığımız perakendeci işletme açısından, üretim merkezlerinin katlanmış olduğu maliyetlerden daha çok, ürünün istenilen zamanda elde edilmesi, siparişlerin zamanında karşılanması, kaliteli ürün ve hizmetlerin varlığı gibi unsurlar daha önemli görülmektedir.

Müşteri şikayetleri değişkeni, maliyet temel değişkenini oluşturan alt değişkenlerle aynı önem sırasına sahip olmuştur. Ayrıca, müşteri memnuniyeti temel değişkenlerinden ekonomik sipariş miktarı, mağaza satışlar, ürün karması esnekliği ve doğruluk değişkenleri tedarik zinciri performansı açısından en az öneme sahip değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tedarik zinciri performansının değerlendirilmesi için gerçekleştirilen bu çalışmada, değişkenler önem sıralarına göre derecelendirildiğinde, en önemli değişkenlerin müşteri memnuniyeti temel değişkenine ait alt değişkenler olduğu görülmektedir. Müşteri memnuniyeti temel değişkeni, tedarik zinciri içerisinde perakende mağazaya ait olan değişkenlerdir. Dolayısıyla, model açısından, tedarik zincirinin performansının değerlendirmesinde perakendeci mağaza son derece önemli konumdadır denilebilir. Ayrıca, değişkenlerin önem sıraları incelendiğinde, performans değerlendirmenin, sadece maliyet bazlı olması tedarik zinciri yönetimi açısından yeterli olmamakta, mutlaka müşteri memnuniyeti temel değişkenine ait değişkenlerin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, sadece müşteri memnuniyeti temel değişkenleri ile değerlendirmenin yeterli olmadığı, maliyet temel değişkenine ait değişkenlerinde değerlendirme kapsamında ele alınması gerektiği sonucuna varılabilmektedir.

Çalışma, perakende sektöründe faaliyet gösteren işletmelere ve araştırmacılara tedarik zinciri performansını değerlendirmeleri yönünde yol gösterici olmaktadır. Araştırmacılar, bundan sonra perakende sektöründe veya diğer sektörlerde tedarik zinciri performansını değerlendirmek amacıyla oluşturduğumuz modeli kullanabilecekleri gibi, farklı modellerde oluşturabilirler. Çalışmalarında, maliyet temel değişkeni yanında, müşteri memnuniyeti temel değişkenlerini de dahil ederek tedarik zincirini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirebilirler. Ayrıca, yapay sinir ağı yöntemlerinden danışmanlı öğrenme yöntemini benimseyen radyal tabanlı yapay sinir ağı yönteminden farklı olarak, danışmansız öğrenme yöntemini benimseyen adaptif rezonans ağları, elman ağı, hopfield ağı gibi değişik yapay sinir ağı yöntemleriyle modellerini test edebilirler.

KAYNAKÇA

- ANDERSON, Dave, McNeill, George, (1992); **Artificial Neural Networks Technology**, A Dacs State-of-The-Art Report, Contract Number f30602-89-c-0082, August 20.
- ANGERHOFER, Bernhard J., Angelides, Marios C. (2006) "A Model And A Performance Measurement System For Colloborative Supply Chains", **Decision Support Systems**, 42, 283-301.
- AYERS, James B. (2000) **Handbook of Supply Chain Management**, St. Lucie Press.
- AYERS, James B., Odegaard, Mary Ann (2008) **Retail Supply Chain Management**, Taylor & Francis Group, LLC.
- BEAMON, Benita M. (1998) "Supply Chain Design And Analysis: Models And Methods", **International Journal of Production Economics**, Vol. 55, No. 3, PP. 281-294.
- BEAMON, Benita M. (1999) "Measuring Supply Chain Performance", **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 19, No. 3, PP. 275-292.
- BHAJWAT, Rajat, Sharma, Milind Kumar (2007) "Performance Measurement of Supply Chain Management: A Balanced Scorecard Approach", **Computers & Industrial Engineering**, 53, 43-62.
- BEJERLEIN, James G., Miller, Christopher A. (2000) **Performance Measures, And Measurement In Supply Chains In The Food System**, Food Industry Report.
- BREWER, Peter C., Speh, Thomas W. (2000) "Using The Balanced Scorecard To Measure Supply Chain Performance", **Journal of Business Logistics**, Vol 21, No:1.
- CHAN, FTS; QI, HJ; Chan, HK; Lau, HCW; IP, RWL (2003a) "A Conceptual Model of Performance Measurement For Supply Chains", **Management Decision**, V. 41 N. 7, P. 635-642.

CHAN, F. T. S. (2003b) "Performance Measurement In A Supply Chain", **International Journal of Advance Manufacturing Technology**, 21:534– 548.

ELMAS, Çetin (2003) **Yapay Sinir Ağları: Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama**, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

ERSOY, Mesiha Saat, Ersoy, Abdullah (2011) **Üretim Ve İşlemler Yönetimi**, İmaj Yayınları. 2. Baskı.

FLEİSCH, Elgar, Tellkamp Christian (2005) "Inventory Inaccuracy And Supply Chain Performance: A Simulation Study of A Retail Supply Chain", **Int. J. Production Economics**, 95 ,373–385.

GUNASEKARAN, Angappa, Kobu, Bülent (2007) "Performance Measures And Metrics In Logistics And Supply Chain Management: A Review of Recent Literature (1995–2004) For Research And Applications", **International Journal of Production Research**. 45:12, 2819-2840.

GUNASEKARAN A., Patel c., McGaughey Ronald H. (2004) "A Framework For Supply Chain Performance Measurement". **Int. J. Production Economics**, 87 ,333–347.

GUPTA Ranjan, Jones, Coryn A.L. Bailer, Singh, Harinder P. (2001) **An Introduction To Artificial Neural Networks**, Narosa Publishing House, New Delhi, India.

HUGOS, Michael (2003) **Essential of Supply Chain Management**, John Wiley & Sons, INC., Hoboken, New Jersey.

HWANG, Yeong-Dong, Yi-Ching Lin, Jung Lyu Jr. (2008) "The Performance Evaluation of Scor Sourcing Process—The Case Study of Taiwan's Tft-Lcd Industry", **INT. J. Production Economics**, 115,411– 423.

JUN, Xu (2009) "Model Of Cluster Green Supply Chain Performance Evaluation Based On Circular Economy", **2009 Second International Conference On Intelligent Computation Technology And Automation**.

- LI, Zhengping, Kumar, Arun, Xiaoxia Xu (2007) "Supply Chain Performance Evaluation From Structural And Operational Levels". **Emerging Technologies And Factory Automation, ETFA. IEEE Conference On.1131 – 1140.**
- NABIYEV, Vasif Vagifoğlu (2010) **Yapay Zeka İnsan – Bilgisayar Etkileşimi, Seçkin Yayınları, 3. Baskı.**
- NARASIMHAN, Ram, Jayaram Jayanth (1998) "Causal Linkages In Supply Chain Management: An Exploratory Study of North American Manufacturing Firms", **Decision Sciences, Volume 29, Number 3, Summer .**
- PERSSON, Fredrik, Olhager Jan (2002) "Performance Simulation of Supply Chain Designs". **Int. J. Production Economics, 77, 231-245.**
- PIRES, Silvio R. I., Aravechia, Carlos H.M. (2001) "Measuring Supply Chain Performance", **Proceedings of The Twelfth Annual Conference of The Production And Operations Management Society, Pom-2001, Orlando FL.March 30-April 2.**
- RABELO, Luis, Helal, Magdy (2004) "Analysis of Supply Chains Using System Dynamics, Neural Nets, And Eigenvalues", **Proceedings of The 2004 Winter Simulation Conference, R .G. INGALLS, M. D. ROSSETTI, J. S. SMITH, AND B. A. PETERS, EDS.**
- SAGİROĞLU, Şeref, Beşdok, Erkan, Erler, Mehmet (2003) **Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları -I Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık.**
- TAO, Xiaoyan (2009) "Performance Evaluation Of Supply Chain Based On Fuzzy Matter-Element Theory", **2009 International Conference On Information Management, Innovation Management And Industrial Engineering.**
- VAISLA, Kunwar Singh, Bhatt, Ashutosh Kumar (2010) "An Analysis of The Performance of Artificial Neural Network Technique For Stock Market Forecasting", **(IJCS) International Journal On Computer Science And Engineering, Vol. 02, NO. 06, 2104-2109.**

VERGARA, Elizabeth F., Khouja Moutaz, Michalewicz Zbigniew (2002) “An Evolutionary Algorithm For Optimizing Material Flow In Supply Chain”, **Computers And Industrial Engineering**, 43, 407-421.

ZHU, Jiulong (2010) “Evaluation of Supply Chain Performance Based On Bp Neural Network”, **Computer Engineering And Technology (Iccet), 2010 2nd International Conference On**, V1-495 - V1-499.

Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği (APICS) (2012)
<http://www.apics.org/gsa-main-search#supply%20chain/allResults>,
29.11 . 2012