

# Tedarik Zinciri Esnekliğine Yönelik Bütünleşik Bir Ölçüm Modeli

## An Integrated Measurement Model of Supply Chain Flexibility

Mert TOPOYAN<sup>1</sup>

### ÖZET

Tedarik zincirlerinin değişen pazarlara ve müşteri isteklerine uyum yeteneğinin ölçüsü tedarik zinciri esnekliği olarak adlandırılmaktadır. Rekabet gücünü arttırmak ve korumak isteyen tedarik zincirlerinin, esneklik düzeylerini geliştirmeleri gerekmektedir. Yazında esneklik kavramı çoğunlukla fonksiyonel açıdan ya da işletme esnekliği olarak ele alınmaktadır. Tedarik zincirinin tümünü göz önünde bulunduran bütünleşik bir tedarik zinciri esnekliği kavramı üzerine yapılan çalışmalara daha az rastlanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada tedarik zinciri esnekliğini bütünleşik olarak ölçebilecek bir ölçüm modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen model, tedarik zinciri esnekliğini üç düzeyde (merkez işletme, birinci düzey tedarikçi ve birinci düzey müşteri) ve beş boyutta ölçmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tedarik zinciri esnekliği, ölçüm modeli, doğrulayıcı faktör analizi

### ABSTRACT

Capability of a supply chain to adapt its activities to rapid changing markets and customer requirements is defined as supply chain flexibility. It is an inevitable challenge for a supply chain to improve its flexibility in order to improve and maintain competitiveness. In literature, flexibility concept is frequently evaluated from the functional or business unit flexibility point of view. Overall supply chain flexibility does not take much consideration. Hence, this study tried to develop a measurement model to measure overall integrated supply chain flexibility. Measurement model integrates and measures flexibility in three levels of a supply chain (central business unit, first tier supplier and first tier customer) with five dimensions.

**Keywords:** Supply chain flexibility, measurement model, confirmatory factor analysis

## 1. GİRİŞ

Tedarik zinciri yönetimi ile ilgili konular, işletmecilik yazınında önemli bir yer tutmaktadır. Bu kavram ile ilgili olarak yapılan çalışmalar tedarikçi seçim sürecinden müşterilerle ilişkilere, zincir yapılarının tasarımıyla tedarik zinciri ortaklarıyla bütünleşmeye kadar pek çok farklı boyutta ele alınmaktadır.

İletişim olanaklarının ve bilgiye erişim kolaylıklarının artması ile birlikte, küresel ve yerel pazarlardaki müşterileri istek ve beklentilerinde de artışlar ve değişiklikler söz konusu olmuş, pazarların yapısı eskiye oranla daha dinamikleşmiştir. Böyle bir ortamda işletmeler rekabet tehdidinin yanı sıra, artan oranda bir belirsizlik ile de karşı karşıya kalmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının yaygınlığı göz önüne alındığında, işletmelerin karşı karşıya kaldığı bu durumun yalnızca bireysel olarak kendilerini etkilemekle kalmayıp, tedarik zinciri içerisinde yer alan diğer işletmelere de yansıtacağı görülecektir. Bu da işletmeler arası çerçevede değerlendirilen rekabet kavramının daha da genişletilerek tedarik zincirleri arası bir rekabetten söz edilmesini gerektirecektir.

Bu doğrultuda tedarik zincirleri, rekabet edebilmek ve pazara gerekli tepkileri zamanında vere-

bilmek için esnek olmak durumunda kalacaklardır. Burada söz konusu olan esnekliğin yalnızca tek bir işletme açısından sağlanması yeterli olmayacaktır. Çünkü bir sistemin gücü ancak en zayıf bileşenin gücü ile tanımlanabilir. Bu nedenle tedarik zinciri sisteminin geneline yönelik olarak "tedarik zinciri esnekliğinin" sağlanmaya çalışılması gerekmektedir.

## 2. ESNEKLİK KAVRAMI VE TEDARİK ZİNCİRİ ESNEKLİĞİ

Esneklik; zaman, maliyet ve performansta en düşük düzeyde kayba uğrayarak değişimlere uyum sağlayabilme becerisi olarak tanımlanmaktadır (Upton, 1994). Örgütlerde pek çok belirsizlik kaynağı mevcuttur. Bunlar örgüt çevresinden, örgütün içerisinde gerçekleştirilen en küçük işlere kadar pek çok nedenden kaynaklanabilmektedir (Giachetta vd., 2003; Sawhney, 2006). Esneklik de, bir örgütün bu belirsizliklere karşı önlem alabilmesine ve gerçekleşen değişikliklere uyum sağlayabilmesine yönelik bir kavram olarak önem kazanmaktadır. Bu iç ve dış uyum çabası içerisinde yüksek rekabet gücü ve ekonomik kar elde etme amacı da esneklikle birlikte ele alınmalıdır (Garavelli, 2003; Giunipero vd., 2005; Gong, 2008; Winkler, 2009).

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, mert.topoyan@deu.edu.tr

Bir başka yaklaşımda ise esneklik, bir sistemin iç ya da dış değişikliklere zamanında ve düşük maliyetli bir şekilde uyum sağlayabilme becerisi olarak tanımlanmıştır. Sistemin esnekliğinin yüksek olması, değer yaratma zincirindeki olumsuz etkileri azaltacaktır (Nilchiani ve Hastings, 2007).

Esneklik kavramı, yazında çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalardan biri esneklik kavramını makine esnekliği, rotalama esnekliği, ürün esnekliği, pazar esnekliği, yapısal esneklik ve üretim sistemi esnekliği olmak üzere altı alt bölümde inceleyen yaklaşımdır. Bunlardan üretim esnekliğinin, diğer esneklik boyutlarının bir fonksiyonu olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur (Gong, 2008). Benzer şekilde, tedarik zincirleri için söz konusu olacak bütünlük bir esneklik kavramı da alt esneklik boyutlarının bileşiminden oluşacaktır.

Çeşitli esneklik türlerinin birbirleri ve sistem performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma sayısı azdır (Oberoi vd., 2007; Gong, 2008). Tedarik zinciri esnekliği de yalnızca tek bir işletmenin iç esnekliğinin ötesine geçmektedir. Geniş anlamıyla tedarik zinciri esnekliği, işletmelerin iç esneklikleri ile ilgili boyutları işletmeler arası boyutlarla birleştirmektedir (Duclos vd., 2003; Stevenson ve Spring, 2007). Bu bakış açısıyla tedarik zinciri esnekliği, müşteriye ürün/hizmet sunum sürecinde yaşanabilecek değişimlerin ve karşılaşılabilecek belirsizliklerin en hızlı şekilde ve en düşük maliyetle üstesinden gelebilmek amacıyla, tedarik zincirinde yer alan birimlerin faaliyetlerini, bu birimler arasındaki ilişkileri ve tedarik zinciri yapılarını düzenleyebilme becerisi olarak tanımlanabilir.

Tedarik zincirinin esnekliği, pazardaki değişimlere uyum sağlayabilmek ve zincir içerisindeki aksaklıkların sistemin çökmesine yol açmasını önleyebilmek amacıyla tedarik zinciri kuran işletmelerin sağlamaya çalıştığı bir özelliktir.

Materyallerin ardışık olarak bir taraftan diğerine hareket içerisinde olduğu tedarik zinciri yapılarında, zincirdeki tüm "ortaklar" değişime tepki verebilmek için esnek olmalıdır. Bu görüş tedarik zinciri ölçümü yazını etkilemiş ve "özel müşteri gereksinimlerini karşılayabilmek için esneklik" kavramı önemli bir stratejik performans ölçütü haline gelmiştir (Gunasakaran vd., 2001; Lummus vd., 2005; Sadler, 2007). Ayrıca üretim ağları şeklindeki tedarik zincirlerinin eşgüdümlenebilmesi için, sistem bileşenlerinin esnekliğinin ve ilişkilerinin incelenmesi, bunların toplam sistem performansına etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Garavelli, 2003). Böylece bir sistem olarak tanımlanmış olan tedarik zincirinin tümünü kapsayacak bir bakış açısı sağlanmış olacaktır. Bu bütüncül bakış açısı olmadan gerçek anlamıyla

tedarik zinciri yönetimi uygulamak da mümkün değildir.

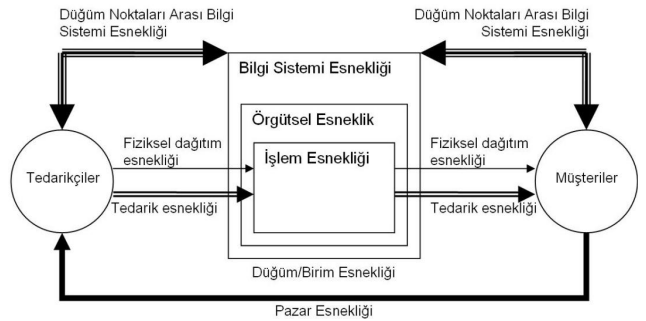
Bu nedenle tedarik zinciri esnekliğini bir bütün olarak ele alan çalışmalar, yazın açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada öncelikli olarak tedarik zinciri esnekliği tanımlanmış ve tedarik zinciri esnekliğine yönelik önerilmiş modeller ele alınmıştır. Daha sonra bu modeller temel alınarak tedarik zinciri esnekliğini ölçmeye yönelik olarak geliştirilen üç düzeyli bir ölçüm modeli önerilmiştir.

### 3. LİTERATÜRDE YER ALAN TEDARİK ZİNCİRİ ESNEKLİĞİ MODELLERİ

Geniş tedarik zinciri yönetimi yazınında, özel olarak tedarik zinciri esnekliği alanını ele alan çalışma sayısı çok fazla değildir. Bu çalışmalar arasında da tedarik zinciri esnekliğine yönelik bir model öneren çalışma sayısı daha da azdır.

Tedarik zinciri esnekliği üzerine yapılan ilk çalışmalardan biri Vickery vd. (1999) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada tedarik zinciri esnekliğini oluşturan boyutlar beş ana başlık altında toplanmıştır. Bu ana başlıklar ürün esnekliği (ürün özelleştirme), hacim esnekliği, pazara sunma esnekliği (yeni ürün sunumu), erişim esnekliği (geniş çaplı dağıtım) ve hedef pazarlara tepki verebilme olarak sınıflandırılmıştır. Yazarlar bu boyutları çevresel belirsizliklerin, örgütün stratejik odak konularının ve farklı örgüt yapılarının tedarik zinciri esnekliği üzerine etkisini araştırmakta kullanmıştır (Vickery vd., 1999).

Duclos vd. (2003) ve Lummus vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda, Şekil 1'de verilen tedarik zinciri esnekliği özellikleri modeli önerilmiştir. Bu çalışmada tedarik zinciri esnekliğinin altı ana bileşenden oluştuğu öne sürülmüştür.



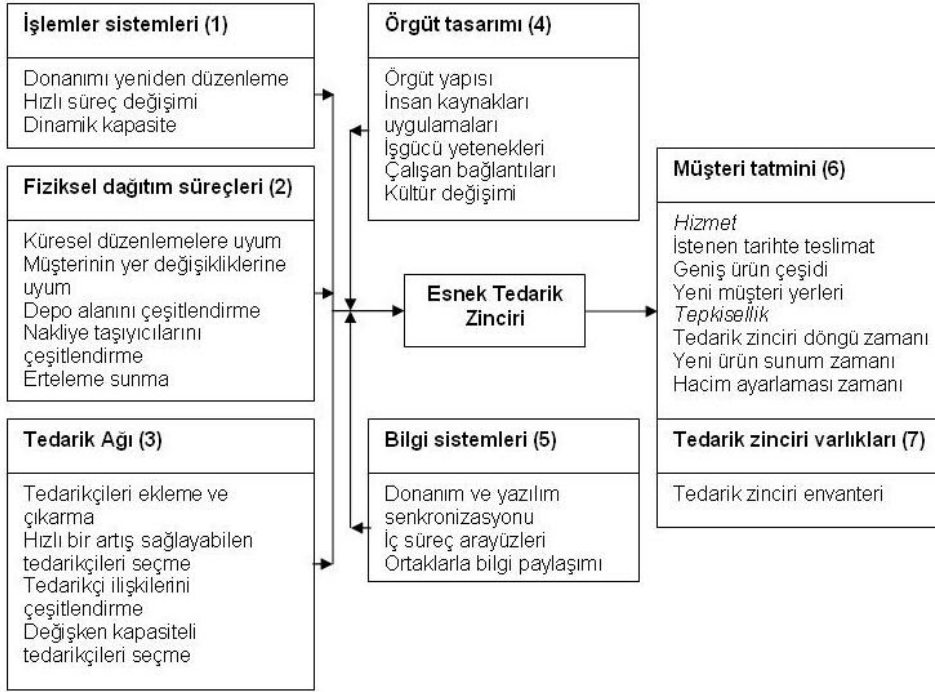
**Kaynak:** Duclos vd., 2003; Lummus vd., 2003.

**Şekil 1:** Tedarik Zinciri Esnekliği Bileşenleri

Daha sonra aynı yazarların 2005 yılında yaptıkları çalışmalarında uzman katılımcılarla, Delphi tekniği kullanılarak bir araştırma yapılmış ve Şekil 1'de önerilen modeldeki beş bileşenin öne çıktığı tespit

edilmiştir. Bu beş bileşenli model Şekil 2'de gösterilmektedir.

Sánchez ve Pérez (2005) çalışmalarında tedarik zinciri esnekliğini hiyerarşik bir bakış açısıyla değerlendirmiş ve atölye düzeyinden tedarik zinciri üst

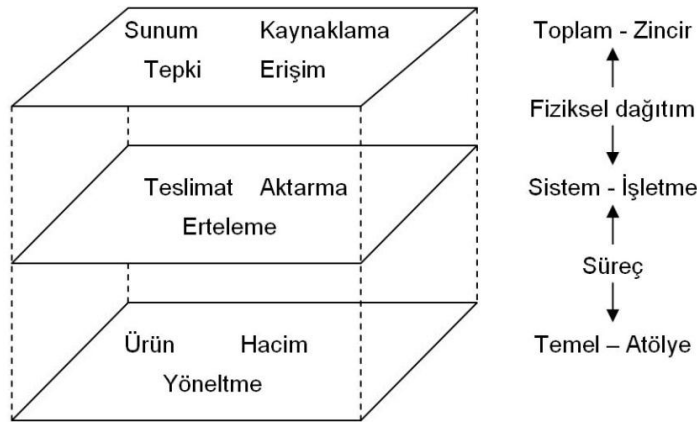


**Kaynak:** Lummus vd., 2003; Lummus vd., 2005.

**Şekil 2:** Tedarik Zinciri Esnekliği Özellikleri Modeli

yapısına kadar esnekliği belirleyecek ölçütleri tanımlamaya çalışmıştır. Bu çalışma sonucunda ortaya ko-

yulan kavramsal model, Şekil 3'te gösterilmektedir.

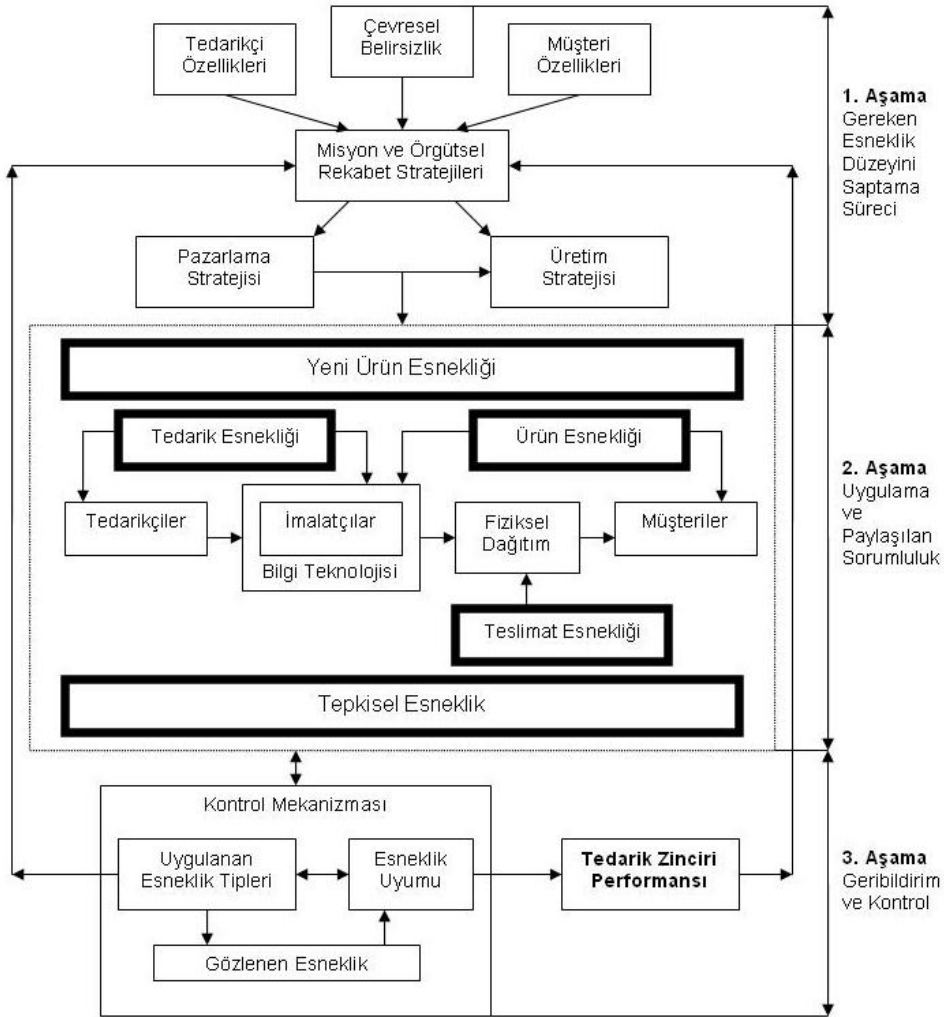


**Kaynak:** Sánchez ve Pérez, 2005.

**Şekil 3:** Tedarik Zinciri Esnekliği Ölçütleri

Kumar vd. (2006) ise tedarik zinciri esnekliğini üç aşamalı bir uygulama modeli içerisinde değerlendirmiş ve esnekliğin bu uygulama aşaması içerisinde beş boyuttan birleşiminden meydana geldiğini savunmuştur. Üç uygulama aşaması gereken esneklik düzeyinin saptanması, esneklik uygulamalarının hayata geçirilmesi ve paylaşılan sorumluluk ile geribildirim-kontrol aşamalarıdır. Bu aşamalar altında tedarik zinciri esnekliğini oluşturan alt boyutlar yeni ürün esnekliği, tedarik esnekliği, ürün esnekliği, teslimat esnekliği ve tepkisel esneklik olarak belirtilmiştir (Kumar vd., 2006). Tedarik zinciri esnekliğini uygulamak ve yönetmek için geliştirilmiş olan bu kavramsal çerçeveyi içeren model Şekil 4'te sunulmuştur.

Bu model, gereken esneklik düzeyinin saptanmasını stratejik bir karar olarak ele almaktadır. Tedarik zincirini kurma ve yürütme sorumluluğunu üstlenen işletmeler tedarikçi ve müşteri özellikleri ile çevresel belirsizlikleri dikkate alarak örgütsel amaçlar doğrultusunda strateji ve politikaları belirleyecektir. Uygulama aşamasında ise belirlenen strateji ve politikalar doğrultusunda yeni ürün geliştirme, tedarik, ürün (üretim de dahil olmak üzere) ve teslimat boyutları birleştirilerek esneklik sağlanmaya çalışılacaktır. Ayrıca pazar değişikliklerine zamanında yanıt verebilme becerisi de tepkisel esneklik olarak tedarik zinciri içerisinde önem taşımaktadır.



**Kaynak:** Kumar vd., 2006.

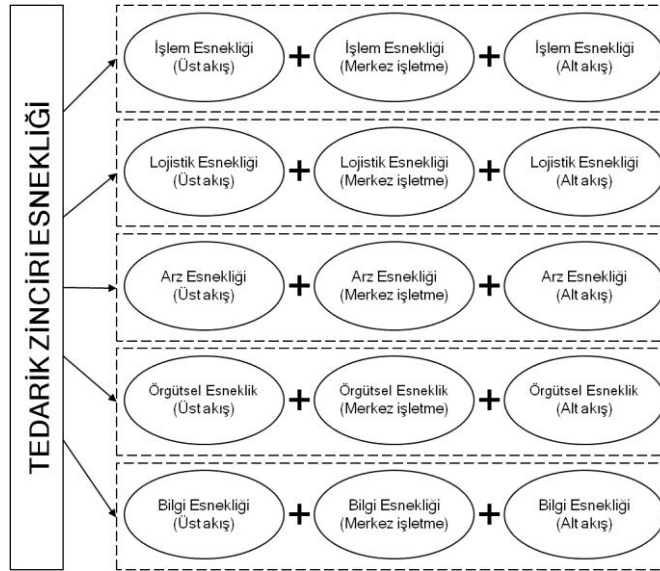
**Şekil 4:** Tedarik Zinciri Esnekliğini Uygulamak ve Yönetmek İçin Kavramsal Bir Çerçeve

#### 4. BÜTÜNLEŞİK TEDARİK ZİNCİRİ ESNEKLİĞİ ÖLÇÜM MODELİ

Yazında yer alan esneklik modellerinin değerlendirilmesi sonucunda, tedarik zinciri esnekliğini ölçümlemede kullanılacak bir modelin beş boyuttan oluşması gerektiği düşünülmüştür. Bu boyutlar işlem esnekliği, lojistik esnekliği, arz esnekliği, örgütsel esneklik ve bilgi esnekliğidir. Bu yapı, özellikle Duclos vd. (2003) ve Lummus vd. (2003)'nin çalışmalarında ortaya koyulmuş olan ve Şekil 1'de gösterilen modelle paralellik arz etmektedir. Fakat bu modelden farklı olarak, zincir içerisinde hem alt akış (müşteriler), hem üst akış (tedarikçiler), hem de merkez işletme açısından bu boyutları ölçümleyebilecek ve birbiri ile ilişkilendirebilecek bütünleşik bir model tasarlanmıştır. Tasarlanan modelin ana hareket noktası, esneklik boyutlarının tek işletme açısından ölçülmesininin, bu işletmenin içerisinde yer aldığı tedarik zincirinin genel esnekliğini ortaya koymayacağı düşüncesidir. Adı geçen beş boyutun da tedarik zincirinin her üç noktası (üst akış, merkez işletme ve alt akış) için ölçümlenerek, boyut bazında bir birleştirme yapmak

yoluyla bütünleşik bir model elde edilebileceği düşünülmüştür. Üst ve alt akışta yalnızca birer düzey tedarik zinciri üyesi, yani bir tedarikçi ve bir müşteri dâhil edilerek model kurulmuştur. Daha fazla sayıda düzey eklenmesi de söz konusu olabilmesine rağmen, temel amaç model geçerliliğini belirlemek olduğundan ve düzey sayısını arttırmak üzere işletmelerden veri toplamada yaşanabilecek zorluklardan ötürü kapsam yalnızca tedarik zincirindeki üç düzey ile sınırlanmıştır.

Bu doğrultuda, yapılan çalışmada işletmelere üç grup soru sorularak, aynı boyutlar açısından kendilerini, en büyük tedarikçilerini ve en önemli müşterilerini değerlendirmeleri istenmiştir. Elde edilen değerlendirmelerin birleştirilmesi sonucu bütünleşik modelin sınanmasında kullanılan veriler elde edilmiştir. Bu aşamada kullanılan yöntem, verilerin hazırlanması bölümünde açıklanmıştır. Tedarik zinciri esnekliğini bütünleşik olarak ölçmeye yönelik olarak düşünülen model, Şekil 5'te genel hatlarıyla gösterilmektedir.



Şekil 5: Tedarik Zinciri Esnekliği Bütünleşik Ölçüm Modeli

#### 5. TEDARİK ZİNCİRİ ESNEKLİĞİ BÜTÜNLEŞİK ÖLÇÜM MODELİNİN ANALİZİ

Tedarik zinciri esnekliğini bütünleşik olarak ölçmeye yönelik olarak tasarlanmış modelin geçerliliğinin sınanabilmesi için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, öncelikli olarak veri toplamak amacıyla bir değerlendirme formu oluşturulmuş ve işletmelere uygulanmıştır. Buradan elde

edilen verilerle, tasarlanan teorik ölçüm modelinin doğrulanabilmesi için doğrulayıcı faktör analizi tekniği kullanılmıştır.

##### 5.1 Değerlendirme Formunun Hazırlanması

Değerlendirme formunda yer alan alt boyutlar, taslak modelde tedarik zinciri esnekliğini oluşturan beş ana boyutta merkez işletmenin, üst akışta yer

alan en büyük tedarikçisinin ve alt akışta yer alan en önemli müşterisinin esnekliğini ölçmeye yönelik olarak üç başlık altında toplanmıştır. Boyutlar, esneklik ile ilgili yazın taraması sonucunda Lummus vd. (2005) ve Swafford vd. (2006)'nin istatistikî çalışmaları başta olmak üzere esneklikle ilgili diğer çalışmalarda ele alınan olası boyutlar da göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. İşletmelerden, her boyutu "çok az/yok (0)" ile "yüksek düzeyde uygulanabilir (7)" ifadeleri arasında değişen sekiz basamaklı bir ölçekte değerlendirmeleri istenmiştir. Sekiz basamaklı bir değerlendirme ölçeğinin kullanılmasındaki amaç, alınan yanıtlarda söz konusu olabilecek bir merkeze kayma eğilimi olasılığının azaltılmasıdır. Değerlendirme formunda yer alan boyutlar Ek 1'de sunulmuştur. Ek 1'de yer alan tüm boyutlar tedarik zincirinin üç düzeyi (işletme, tedarikçi, müşteri) için üç ayrı soru grubu olarak sorulmuştur. Yani işletmelerden, aynı boyutları hem kendileri hem tedarikçileri hem de müşterileri açısından değerlendirmeleri istenmiştir.

### 5.2 Veri Toplanacak İşletmelerin Belirlenmesi

Tüm işletmeler bir tedarik zinciri içerisinde yer almasına karşın, her zaman kendilerini bir tedarik zinciri üyesi olarak tanımlamamakta ya da yapıyı bir bütün olarak görerek tedarik zincirinin tamamına yönelik bir yönetim düşüncesi taşımamaktadırlar. Bu durum, tedarik zincirinin tamamını değerlendirmeye yönelik çalışmalarda özellikle sağlıklı veri toplama açısından sorun yaratabilmektedir.

Özellikle Türkiye'de tedarik zinciri kavramı ve bakış açısının yeni yeni gelişmekte olduğu ve ağırlıklı olarak büyük işletmeler tarafından göz önünde bulundurulduğu düşünülmektedir. Ayrıca yazında tedarik zinciri yönetiminin en sıklıkla uygulandığı altı sektörden söz edilmektedir. Bu sektörler elektrik ürünleri, elektronik ürünler, makine imalatı, otomotiv ve otomotiv yan sanayi, kağıt ve kağıt ürünleri ile tıbbi ürünlerdir (Radhakrishnan, 2005). Bu nedenle veri toplama çalışmaları, adı geçen sektörlerde Ege Bölgesi Sanayi Odası (EBSO) üyesi olarak faaliyet gösteren ve bu kurumun sınıflandırma sistemine göre "fevkalade (sermayesi 1.000.000 TL ve üstü)" olarak sınıflandırılmış büyük işletmeler ile sınırlandırılmıştır. Tıbbi ürünler sektörü gelişmiş bir yapıda olmadığından, EBSO tarafından yapılan sektörel sınıflandırmada bu sektörün kimya ve kimyasal ürünler üretimi sektörü içerisinde değerlendirilmesine dayanılarak, benzer özelliklere sahip olduğu düşünülen kimya ve kimyasal ürünler üretimi ile birleştirilerek çalışmaya dahil edilmiştir. Böylece çalışmanın örneklem sayısında artış sağlanmıştır. Tarımsal ilaçlar da dahil olmak

üzere tıbbi ürünler sektöründe yer alan işletme sayısı 25 iken, kimya ve kimyasal ürünler üretimi sektöründeki toplam sayı 169 işletmedir. Veri toplama çalışmaları 6 Nisan-21 Ağustos 2009 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın örnekleme dahil olan işletme sayısı 371'dir. Veri toplama faaliyetleri sonucunda araştırma örnekleminde yer alan 371 işletmenin 163'ünden geri dönüş sağlanmıştır. Bu sayı % 43,94'lük bir geri dönüş oranına karşılık gelmektedir. Bu işletmelerin % 44'ü (72 işletme) kimya ve kimyasal ürünler üretimi, % 20'si (32 işletme) taşıt, otomotiv ve çeşitli yedek parça sanayi, % 15'i (24 işletme) makine sanayi, % 11'i (18 işletme) elektrik makine ve aygıtları, % 5'i (9 işletme) kağıt ve kağıt ürünleri sanayi ve % 5'i (8 işletme) elektronik sanayi sektöründe faaliyet göstermektedir. İşletmelerde soru formunu yanıtlayan kişiler, üst ve orta düzey yöneticilerden oluşmaktadır. Bu kişiler ağırlıklı olarak üst yönetim, üretim ve satın alma bölümlerinde yer alan görevlilerden oluşmaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri ilişkileri konusunda bilgi sahibi oldukları söylenebilir.

### 5.3 Verilerin Analizi

Araştırmalarda yararlanılan istatistiksel analizleri gerçekleştiren paket programlar, veri setinde yer alan verilerin tam olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle veri setinde olabilecek kayıp (eksik) veriler sorun oluşturmaktadır. Veri setinde yer alan verilerin tamamıyla rassal olarak kayıp (missing completely at random-MCAR) olması durumunda kayıp verilerin silinerek veri setinden çıkarılması tercih edilebilmektedir. Rassal olarak kayıp (missing at random-MAR) veriler söz konusu olduğunda ise çeşitli veri tamamlama teknikleri kullanılmaktadır (Oğuzlar, 2001; Bal ve Özdamar, 2004). Yanıtlayıcı tarafından atılan, uygun yanıt bulunamayan veya yanıtlayıcının fikri olmadığı sorulardan kaynaklanabilecek olan kayıp verilere yönelik olarak çoklu değer atama yöntemi ile tamamlama yapılmıştır. Çoklu değer atama yönteminin tercih edilmesinin nedeni, çalışmadaki verilerin rassal olarak kayıp yapıda olması ve bu yapıdaki verilerde söz konusu yöntemin güçlü çözüm sunan bir yöntem olmasıdır (Oğuzlar, 2001; Lokupitiya vd., 2006). Bunun anlamı, kayıp verilerin iki bağımsız değişkenden birine bağlı iken diğerine bağlı olmadığıdır (Howell, 2009). Bu çalışmadaki kayıp veriler işletmenin türüne ve çalışma şekline bağlı iken, diğer verilerden bağımsızdır.

Kayıp değer analizi sonrasında verilerin güvenilirliğini belirlemek için güvenilirlik analizi uygulanmıştır. Beş esneklik ana boyutu için kayıp değer analizi

öncesinde ve sonrasında elde edilen güvenilirlik katsayısı (Cronbach  $\alpha$ ) sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır. Kayıp değer analizi ve doğrulayıcı faktör analizi

Lisrel 8.70, güvenilirlik analizleri ve açılımlayıcı faktör analizi ise SPSS 16.0 paket programları ile gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1:** Kayıp Değer Analizi Öncesinde ve Sonrasında Verilerin Güvenilirlik Değerleri

Ana Boyutlar	Kayıp Değer Analizi Öncesi Güvenilirlik Katsayısı	Kayıp Değer Analizi Sonrası Güvenilirlik Katsayısı
İşlem Esnekliği	0,942	0,938
Lojistik Esnekliği	0,936	0,935
Arz Esnekliği	0,961	0,961
Örgütsel Esneklik	0,944	0,937
Bilgi Esnekliği	0,956	0,954
<i>n</i> = 163		

Kayıp değer analizi sonrasında, tedarik zinciri esnekliğine yönelik olarak bütünleşik bir model analiz edileceği için, öncelikli olarak zincirin her üç noktasından elde edilen verilere birleştirme uygulanmıştır. Fakat birleştirme öncesinde, tedarik zincirinin her üç düzeyi için aynı alt boyutların aynı ana boyutlar altında yer alıp almadığının kontrolü amacıyla merkez işletme, tedarikçi ve müşteri için yapılan değerlendirmelere ayrı ayrı açılımlayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Açılımlayıcı faktör analizi, tüm veri seti içerisindeki faktör gruplarının ortaya çıkarılması amacıyla yöneliktir. Burada açılımlayıcı faktör analizi kullanılarak üç farklı tedarik zinciri düzeyi için faktörler altında yer alacak alt boyutların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu faktör analizi sonucunda en az iki grupta (düzeyde) aynı ana boyut altında yer almayan üç alt boyut analizden çıkarılmıştır. Uygulanan açılımlayıcı faktör analizinde hangi alt boyutların hangi ana boyutlar altında yer aldığı Ek 2'de görülmektedir. Sonuç itibarıyla 29 alt boyut gözlenen değişken olarak modelde yer almıştır.

İkinci aşamada veriler birleştirilmiştir. Bu birleştirmede herhangi bir esneklik boyutu ile ilgili olarak tedarik zincirinin tamamına yönelik puan; aşağıdaki yöntem ile hesaplanmıştır:

Veri birleştirme sonucu elde edilen yeni veri setindeki değişkenler ESN\_T olarak, değerlendirme formunda yer alan numaraları ile kodlanmıştır.

Veri birleştirmenin ardından, tedarik zinciri esnekliğine yönelik bütünleşik ölçüm modeli, ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizine tabii tutulmuştur. Buradaki "ikinci düzey" tabiri, modelde örtük (gizli) değişken olarak bulunan "tedarik zinciri esnekliğinin" bir alt düzeyde beş ayrı örtük (gizli) değişken (esneklik ana boyutları) tarafından yordandığını ifade etmektedir. Analize tabi tutulan ölçüm modeli, Şekil 6'da verilmiştir. Bu modelde bütünleşik esneklik ESN, işlem esnekliği boyutu ESN\_a, lojistik esnekliği boyutu ESN\_b, arz esnekliği boyutu ESN\_c, örgütsel esneklik boyutu ESN\_d ve bilgi esnekliği boyutu ESN\_e olarak kodlanmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi yönteminin tercih edilmesinin nedeni, tedarik zinciri esnekliğini ölçmeye yönelik olarak kurgulanmış olan modelin gerçekten kurgulanan yapıda olup olmadığını gösterecek yöntem olmasıdır. Analiz sonucu model iyi uyum gösterirse, teoride kurgulanmış olan yapı uygulamada geçerli anlamına gelmektedir.

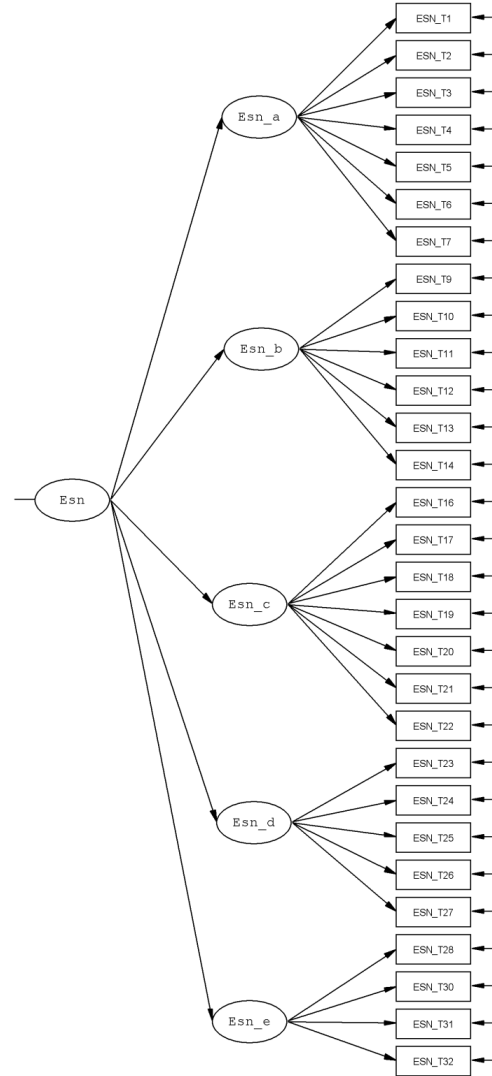
Doğrulayıcı faktör analizinin temelinde doğrusal yapısal ilişkiler yer almakta ve ilişkiler genel olarak doğrusal regresyon eşitlikleri yoluyla açıklanmaktadır. Bu yöntemde, ilişkiler yalnızca tek ya da çok dü-

zeyli doğrusal regresyon olarak değil, bir regresyon eşitlikleri sistemi olarak değerlendirilmektedir. Bu regresyon eşitlikleri sistemi "model" olarak adlandırılmaktadır (Nachtigall vd., 2003).

Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda modelin iyi uyum gösterip göstermediğini belirlemek için çeşitli uyum iyiliği istatistiklerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, uyum iyiliğini belirlemek üzere ki-kare istatistiği-serbestlik derecesi oranı ( $\chi^2/df$ ), standardize artık kareler ortalamasının karekökü (SRMR) ve karşılaştırmalı uyum indeksi (CFI) istatistiklerinden yararlanılmıştır. Ayrıca yaklaşık hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEA) değeri de raporlanmıştır. Bu istatistiklerin kullanılma nedeni, SRMR ve CFI'nın tüm analizlerde belirtilmesinin önerilmesi,  $\chi^2/df$  ve RMSEA istatistiklerinin de rapor edilmesi tavsiye edilmektedir. Bu istatistiklerden RMSEA'nın da küçük örneklemelerde ( $n \leq 250$ ) modeli reddetme eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Kline, 2005; Shah ve Goldstein, 2006; Streiner, 2006). Bu çalışmada örneklem hacmi küçük olduğundan ( $n=163$ ), RMSEA istatistiği raporlanmasına karşın uyum iyiliği değerlendirilmesinde kullanılmamıştır.

Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen uyum iyiliği istatistikleri, ilgili istatistiklerin kabul edilebilir değerleri ile karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu istatistikler modelin iyi uyum göstermediğini ifade etmektedir. Bu nedenle model iyileştirilmiştir. Analiz yazılımı, modelde yapılabilecek herhangi bir değişikliğin (değişkenler arası ilişki kurma ya da değişkeni modelden çıkarma gibi), modelin istatistiğinde sağlayacağı düşüşü göz önünde bulundurarak iyileştirme önerileri üretmektedir. Bu öneriler, yazında ilgili değişkenler arasında tanımlanmış olan ilişkiler de göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve uygun olan iyileştirmeler uygulan-

mıştır. İyileştirilmiş modelin uyum iyiliği istatistikleri Tablo 3'te ve faktör yapısı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6: Tedarik Zinciri Esnekliği Bütünleşik Ölçüm Modeli

Tablo 2: Tedarik Zinciri Esnekliği Bütünleşik Ölçüm Modeli Uyum İyiliği İstatistikleri

Uyum İyiliği İstatistiği	Değer	İstenen değer
$\chi^2/df$	5,76	< 5
RMSEA	0,171	$\leq 0,08$
SRMR	0,097	$\leq 0,10$
CFI	0,89	$\geq 0,90$



**Tablo 3:** Tedarik Zinciri Esnekliği Bütünleşik Ölçüm Modeli Uyum İyiliği İstatistikleri (İyileştirilmiş Durum)

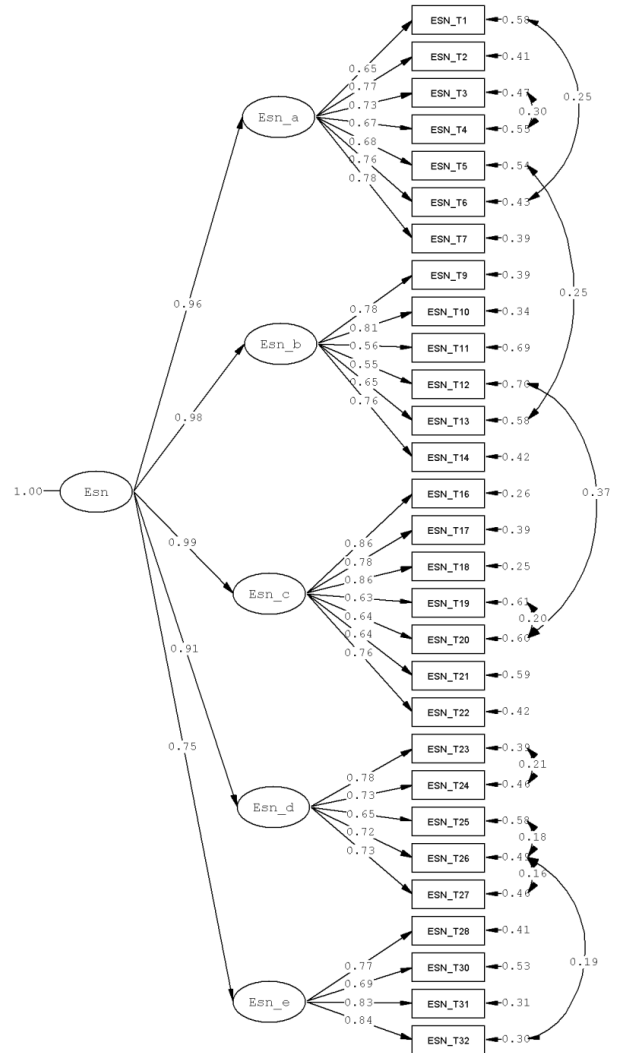
Uyum İyiliği İstatistiği	Değer	İstenen değer
$\chi^2/df$	4,83	< 5
RMSEA	0,154	$\leq 0,08$
SRMR	0,082	$\leq 0,10$
CFI	0,92	$\geq 0,90$

Tablo 3'te raporlanmış olan değerler, iyileştirilmiş modelin kabul edilebilir sınırlar içerisinde uyum gösterdiğini, bir başka deyişle ölçüm modeli olarak uygun olduğunu ifade etmektedir. Şekil 7'de modelin faktör yapısı ve her bir değişkenin model içerisinde almış olduğu faktör yükleri görülmektedir.

Şekil 7'de ayrıca bazı gözlenen değişkenlerin (alt boyutların) birbiri ile ilişkilendirilerek modelin iyileştirildiği görülmektedir. Alt boyutlar incelendiğinde, teoride ve uygulamada bu iyileştirmelerin temellerinin olabileceği görülecektir. Üretim ekipmanının yeniden düzenlenebilirliği (ESN\_T1) ile yürürlükteki üretim programlarının revize edilebilmesi (ESN\_T6) boyutları birbiri ile ilişkilidir. Benzer bir şekilde üretim sürelerini kısaltabilme (ESN\_T5), teslimat aralıklarını değiştirebilme becerisine (ESN\_T13) katkıda bulunabilecek bir boyuttur. Erteleleme olanakları sunabilme boyutu (ESN\_T12), stoksuz çalışabilmeyi sağlayan tedarikçiler çalışma (ESN\_T20) ile ilişkilendirilebilir. ESN\_T20 boyutu aynı zamanda değişik kapasitede tedarikçiler seçebilme becerisiyle (ESN\_T19) de ilişkilidir. Esnek örgütsel yapı (ESN\_T23), esnek insan kaynakları uygulamalarını (ESN\_T24) etkileyecektir. Çalışanlardan farklı işlerde yararlanılabilmesi (ESN\_T25) de yetki-sorumluluk dağılımlarının esnek olmasını (ESN\_T26) hem gerektirecek hem de bu durumu etkileyecektir. Ayrıca yetki-sorumlulukların dağılım esnekliği hem esneklik uygulamalarına yönelik kültürel değişim boyutu (ESN\_T27) ile hem de sisteme dahil tüm üyelerin bilgi güncellemesi yapabilmesi (ESN\_T32) boyutu ile ilişkilendirilebilir.

## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tedarik zinciri esnekliği konusu; yazında çok sözü edilmesine karşın modelleri, boyutları ve ölçüm yöntemleri konusunda fazla sayıda çalışma bulunmayan bir alandır. Mevcut çalışmaların birçoğu ise esnekliği zincir içerisindeki tek bir işletme açısından ele almak-

**Şekil 7:** Tedarik Zinciri Esnekliği Bütünleşik Ölçüm Modeli Faktör Yapısı (İyileştirilmiş Durum)

tadır. Bu nedenle tedarik zinciri esnekliğinin bütünleşik yapısı konusundaki yapılacak çalışmaların önemi artmaktadır. Ayrıca esneklik ölçümü konusunda üzerinde fikir birliğine varılmış bir ölçek olmaması da ciddi bir eksikliklerdir.

Bu çalışmada, tedarik zinciri esnekliğini bütünleşik olarak, zincir boyunca ölçmeye yönelik bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda yapılan yazın incelemesi sonucunda bütünleşik esneklik modelinin boyutları belirlenmiş, bu boyutları ölçecek alt boyutlar tanımlanmış ve bu alt boyutlara yönelik olarak işletmelerden veri toplanarak ölçüm modeli sınanmıştır. Modelin geçerliliğine yönelik olarak elde edilen uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Sonuç olarak kabul edilen modelde işlem esnekliği, lojistik esnekliği, arz esnekliği, örgütsel esneklik ve bilgi esnekliği olmak üzere beş ana boyut altında 29 alt boyut ile tedarik zinciri esnekliğinin bütünleşik olarak ölçülebileceği görülmüştür.

İşletmeler açısından, tedarik zinciri esnekliğinin ölçümü karşılaştırmalı bir sorundur. Bu karşılaştırma

aynı tedarik zinciri açısından farklı dönemlerdeki durumları açısından yapılabileceği gibi, farklı tedarik zincirlerinin kıyaslanması için de yapılabilir. Her iki durumda da tedarik zinciri esnekliğini ölçebilecek bir modelin içermesi gereken boyutları tanımlamaya çalışması dolayısıyla bu çalışma önem arz etmektedir. Modelin farklı zaman dilimleri ya da farklı tedarik zincirleri açısından karşılaştırmalı istatistik teknikleri ile değerlendirilmesi yoluyla tedarik zinciri esnekliği hakkında bilgi edinmek mümkün olacaktır. Bu çalışma modelin geliştirilmesine yönelik istatistiksel bir model çalışması olduğunda, veri setini oluşturan işletmelerin esneklik durumlarını incelemeye yönelik bir çabası bulunmamaktadır.

Geliştirilen modelin özellikle tedarik zinciri kavramları ve faaliyetleri arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar başta olmak üzere pek çok bilimsel araştırmada da faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bu model temel bir çalışma olarak geliştirilmeye açık bir yapıdadır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalar gerek alt boyutların geliştirilmesi, gerekse veri bütünleştirmede farklı yöntemlerin sınanması ile mevcut modeli daha ileri götürebilecektir.

## KAYNAKLAR

- Bal, C. ve Özdamar, K. (2004) "Eksik Gözlem Sorununun Türetilmiş Veri Setleri Yardımıyla Çözümlemesi" *Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 26(2):67-76.
- Duclos, L. K., Vokurka, R. J. ve Lummus, R. R. (2003) "A Conceptual Model of Supply Chain Flexibility" *Industrial Management & Data Systems*, 103(6):446-456.
- Garavelli, A. C. (2003) "Flexibility Configurations for the Supply Chain Management" *International Journal of Production Economics*, 85:141-153.
- Giachettia, R. E., Martinez, L. D., Sáenz, O. A. and Chen, C. S. (2003) "Analysis of the Structural Measures of Flexibility and Agility Using A Measurement Theoretical Framework" *International Journal of Production Economics*, 86:47-62.
- Giunipero, L. C., Denslow, D. and Eltantawy, R. (2005) "Purchasing/Supply Chain Management Flexibility: Moving to An Entrepreneurial Skill Set" *Industrial Marketing Management*, 34:602-613.
- Gong, Z. (2008) "An Economic Evaluation Model of Supply Chain Flexibility" *European Journal of Operational Research*, 184: 745-758.
- Gunasekaran, A., Patel, C. ve Tirtirogu, E. (2001) "Performance Measures and Metrics in A Supply Chain Environment" *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2): 71-87.
- Howell, D.C. (2009), "Treatment of Missing Data", [http://www.uvm.edu/~dhowell/StatPages/More\\_Stuff/Missing\\_Data/Missing.html](http://www.uvm.edu/~dhowell/StatPages/More_Stuff/Missing_Data/Missing.html), (02.09.2009)
- Kline, R. B. (2005) "*Principles and Practice of Structural Equation Modelling*", 2nd Edition, New York, USA, The Guilford Press.
- Kumar, V., Fantazy, K. A., Kumar, U. ve Boyle, T. A. (2006) "Implementation and Management Framework for Supply Chain Flexibility" *Journal of Enterprise Information Management*, 19(3):303-319.
- Lokupitiya, R. S., Lokupitiya, E. ve Paustian, K. (2006) "Comparison of Missing Value Imputation Methods For Crop Yield Data" *Environmetrics*, 26:339-349.
- Lummus, R. R., Duclos, L. K. ve Vokurka, R. J. (2003) "Supply Chain Flexibility: Building a New Model" *Global Journal of Flexible Systems Management*, 4(1):1-13.
- Lummus, R. R., Vokurka, R. J. ve Duclos, L. K. (2005) "Delphi Study on Supply Chain Flexibility" *International Journal of Production Research*, 43(13):2687-2708.
- Nachtigall, C., Kroehne, U., Funke, F. ve Steyer, R. (2003) "(Why) Should We Use SEM? Pros and Cons of Structural Equation Modeling" *Methods of Psychological Research Online*, 8(22):1-22
- Nilchiani, R. ve Hastings, D. E. (2007) "Measuring the Value of Flexibility in Space Systems: A Six-Element Framework" *Systems Engineering*, 10(1):26-44.
- Oberoi, J. S., Khamba, J. S. ve Kiran, R. (2007) "Impact of New Technology and Sourcing Practices in Managing Tactical and Strategic Manufacturing Flexibilities" *Global Journal of Flexible Systems Management*, 8(3):1-14.
- Oğuzlar, A. (2001) "Alan Araştırmalarında Kayıp Değer Problemi ve Çözüm Önerileri" Çukurova Üniversitesi V. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Adana.
- Radhakrishnan, A. (2005) "Impact of Usage of Inter-Organizational Information Systems on Supply Chain Capabilities" Yayınlanmamış Doktora Tezi, Clemson, USA, Graduate School of Clemson University.
- Sadler, I. (2007) *Logistics and Supply Chain Integration*, London, UK, Sage Publications Ltd.
- Sánchez, A. M. ve Pérez, M. P. (2005) "Supply Chain Flexibility and Firm Performance: A Conceptual Model and Empirical Study in the Automotive Industry" *International Journal of Operations & Production Management*, 25(7):681-700.
- Sawhney, R. (2006) "Interplay Between Uncertainty and Flexibility Across The Value-Chain: Towards A Transformation Model of Manufacturing Flexibility" *Journal of Operations Management*, 24:476-493.

## EK-1

**EK 1: Değerlendirme Formunda Yer Alan Esneklik Boyutları\***

ESN_A1	Üretim ekipmanının yeniden düzenlenebilirliği
ESN_A2	Farklı üretim süreçleri arasında hızlı geçiş
ESN_A3	Dinamik kapasite
ESN_A4	Üretim döngülerini kısaltabilme
ESN_A5	Üretim sürelerini kısaltabilme
ESN_A6	Yürürlükteki üretim planlarını değişen taleplere göre revize edebilme
ESN_A7	Spesifikasyon değişikliklerine uyum sağlayabilme
ESN_A8	Yeni ürün geliştirme sürelerini kısaltma
ESN_A9	Müşterinin teslimat yeri değişikliklerine göre düzenleme yapabilme
ESN_A10	Depo kapasitesini değiştirebilme
ESN_A11	Farklı taşıyıcı araçlar kullanabilme
ESN_A12	Erteleme olanakları sunabilme
ESN_A13	Teslimat aralıklarını değiştirebilme
ESN_A14	Farklı hacimlerde dağıtım faaliyetlerini düşük maliyetle gerçekleştirebilme
ESN_A15	Alternatif depolar kullanabilme
ESN_A16	Tedarikçi ekleyebilme ve çıkarabilme
ESN_A17	Hızlı arz yapabilen tedarikçileri seçebilme
ESN_A18	Tedarikçi ilişkilerini çeşitlendirebilme
ESN_A19	Değişik kapasitelerde tedarikçiler seçebilme
ESN_A20	Stoksuz çalışmayı sağlayabilen tedarikçilerle çalışma
ESN_A21	Tedarikçiye iletilmiş siparişlerin miktarını değiştirebilme
ESN_A22	Tedarikçi teslim zamanlarını değiştirebilme
ESN_A23	Esnek örgütsel yapı
ESN_A24	Esnek insan kaynakları uygulamaları (Örneğin yarı zamanlı çalışma, sezonluk personel alımları, esnek çalışma saatleri vb.)
ESN_A25	Çalışanlardan farklı işlerde yararlanabilme
ESN_A26	Yetki-sorumluluk dağılımlarının esnekliği
ESN_A27	Esneklik uygulamalarına yönelik kültürel değişim
ESN_A28	Donanım ve yazılımın koordinasyonu
ESN_A29	İç süreçlerin bağlantı/geçiş noktalarında esneklik
ESN_A30	Ortaklarla bilgi paylaşımı
ESN_A31	Sistemdeki değişen bilgilerin anında görülebilmesi
ESN_A32	Sisteme dâhil tüm üyelerin anında bilgi güncellemesi yapabilmesi

\* İşletmelere gönderilen formlarda ESN\_A ile başlayan boyutlar merkez işletme açısından, ESN\_B ile başlayan boyutlar üst akış açısından ve ESN\_C ile başlayan boyutlar alt akış açısından yapılan değerlendirmeler olarak yer almıştır.

## EK-2

## EK 2: Açımlayıcı Faktör Analizi Sonuçları

İşlem Esnekliği			Lojistik Esnekliği			Arz Esnekliği			Örgütsel Esneklik			Bilgi Esnekliği		
İşletme	Tedarikçi	Müşteri	İşletme	Tedarikçi	Müşteri	İşletme	Tedarikçi	Müşteri	İşletme	Tedarikçi	Müşteri	İşletme	Tedarikçi	Müşteri
ESN_A1	ESN_B1	ESN_C1	ESN_A10	ESN_B10	ESN_C10	ESN_A16	ESN_B16	ESN_C16	ESN_A24	ESN_B24	ESN_C24	ESN_A15		
0,738	0,737	0,889	0,614	0,559	0,560	0,700	0,759	0,760	0,566	0,738	0,616	0,425		
ESN_A2	ESN_B2	ESN_C2	ESN_A11	ESN_B11	ESN_C11	ESN_A17	ESN_B17	ESN_C17	ESN_A25	ESN_B25	ESN_C25	ESN_A15		
0,722	0,889	0,889	0,475	0,497	0,720	0,670	0,784	0,836	0,807	0,776	0,826	0,462	ESN_B14*	
ESN_A3	ESN_B3	ESN_C3	ESN_A12	ESN_B12	ESN_C12	ESN_A18	ESN_B18	ESN_C18	ESN_A26	ESN_B26	ESN_C26	ESN_A15		
0,595	0,632	0,892	0,652	0,613	0,780	0,655	0,756	0,798	0,702	0,747	0,712	0,425		
ESN_A4	ESN_B4	ESN_C4	ESN_A13	ESN_B13	ESN_C13	ESN_A19	ESN_B19	ESN_C19	ESN_A27	ESN_B27		ESN_A15		
0,783	0,679	0,822	0,740	0,659	0,652	0,619	0,767	0,765	0,680	0,624		0,425		
ESN_A5	ESN_B5	ESN_C5	ESN_A14	ESN_B14*	ESN_C14	ESN_A20	ESN_B20	ESN_C20	ESN_A29			ESN_A15		
0,754	0,562	0,794	0,806	0,806	0,756	0,576	0,660	0,686	0,519			0,643	ESN_B28	ESN_C28
ESN_A6	ESN_C6		ESN_A15	ESN_B15	ESN_C15	ESN_A21	ESN_B21	ESN_C21				0,643	0,529	0,776
0,544	0,686		0,613	0,462	0,652	0,776	0,654	0,701				0,643	0,529	0,776
ESN_A7	ESN_C7		ESN_A16	ESN_B16	ESN_C16	ESN_A22	ESN_B22	ESN_C22				ESN_A15		
0,602	0,618		0,613	0,462	0,652	0,733	0,719	0,646				0,866	0,812	0,808
ESN_A9			ESN_A17	ESN_B17	ESN_C17	ESN_A22	ESN_B22	ESN_C22				ESN_A15		
0,444			0,407			0,733	0,719	0,646				ESN_A15		

Merkez İşletme grubu (A) için açıklanan varyans % 71,09; Kaiser-Meyer-Olkin Ornekleme Uygunluğu Ölçütü 0,926  
Tedarikçi grubu (B) için açıklanan varyans % 73,34; Kaiser-Meyer-Olkin Ornekleme Uygunluğu Ölçütü 0,938  
Müşteri grubu (C) için açıklanan varyans % 74,48; Kaiser-Meyer-Olkin Ornekleme Uygunluğu Ölçütü 0,930  
\* ESN\_B14 maddesi iki faktörden eşit yük aldığından tabloda her iki faktör altında da yer almaktadır.