

Müşteri memnuniyet indeks modelinde yapay sinir ağları kullanımı

Ali TÜRKYILMAZ*, Coşkun ÖZKAN

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Müşteri memnuniyet indeks modelleri son yıllarda birçok ülkede yaygın olarak uygulanmaktadır. Müşteri memnuniyet indekslerinin en büyük özelliği yapısındaki ölçüm faktörlerinin ürün ve hizmet sektöründe rahatlıkla kullanılabilmesine imkan sağlamasıdır. Bu sayede güvenilir bir ölçükle firmalar arasında, sektörler arasında ve ülke çapında karşılaştırmalı bir memnuniyet ölçümü mümkün olmaktadır. Müşteri memnuniyet indeks modelleri, müşteri memnuniyeti ile ilişkili gizli (latent) değişkenler ve bu gizli değişkenleri ölçen ölçüm değişkenleri arasındaki ilişkilerden oluşan yapısal eşitlik modelleridir. Bu çalışmada diğer ülkelerde kullanılan müşteri memnuniyet indeks modellerinden yola çıkarak ülkemiz şartlarında kullanılacak bir müşteri memnuniyet indeks modeli geliştirilip test edilmiştir. Model, 6 gizli değişken ve bunlara bağlı toplam 23 ölçüm değişkeninden oluşmaktadır. Modele uygun olarak hazırlanan anket formu kullanılarak, cep telefonu sektöründe 700 kullanıcı ile yüz-yüze anket uygulaması yapılmıştır. Müşteri memnuniyet indeks modelindeki gizli değişkenler ve ölçüm değişkenleri arasındaki ilişkiler kısmi en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilmiştir. Müşteri memnuniyet indeks modelinin güvenilirlik ve geçerlilik test sonuçları modelin genel uygulanabilirliğini göstermektedir. Çalışmada ayrıca, gizli değişkenler arası ilişkilerin oluşturduğu iç modellerin tahmininde Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu önerilmiştir. Yapısal modeller için tasarlanan YSA modeli 3 katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı bir modeldir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Bu şekilde 5 farklı iç modelin tahmini için yapay sinir ağları metodunun kullanımı modellerin açıklayıcılık gücünü artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Müşteri memnuniyet indeksi, kısmi en küçük kareler, yapay sinir ağları.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ali Türkyılmaz. aturkyilmaz@hotmail.com; Tel: (212) 8754121

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Programında tamamlanmış olan "Müşteri memnuniyet indeks modeli önerisi ve model tahmininde kısmi en küçük kareler ve yapay sinir ağları metodu kullanımı" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 20.06.2007 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 13.09.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.04.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Use of neural networks in customer satisfaction index model

Extended abstract

The concept of customer satisfaction has attracted much attention in recent years. A key motivation for the growing emphasis on customer satisfaction is that higher satisfaction can lead to a stronger competitive position resulting in higher market share and profit, reduce price elasticity, lower business cost, reduce failure cost, and reduce the cost of attracting new customers. The purpose of customer satisfaction index (CSI) models is to measure the quality of the goods and services as experienced by the customers that consume them. The independent and uniform measurement characteristics of the CSI model provide a useful tool for tracking performance and systematic benchmarking over time. A major advantage of the measurement model is the use of generic questions, which are sufficiently flexible to be used across a wide variety of products and services.

In this study, a new customer satisfaction index model is developed considering the previous CSI models such as American Customer Satisfaction Index and European Customer Satisfaction Index. The proposed model was applied for Turkish mobile phone sector since the competition in this industry results a dynamic product development and an increasing demand for that products. CSI models are designed as a structural equation model (SEM) which consists of well established theories and approaches in customer behaviour. The constructs of the CSI models are latent variables indirectly described by a block of measurement variables. The structural model of the proposed CSI consists of 6 latent variables with their 23 observable variables. The latent variables of the model are company image, customer expectations, perceived quality, perceived value, customer satisfaction and customer loyalty. A survey instrument, developed to measure the manifest variables, was conducted to 700 mobile phone users. Besides the model questions, some demographic questions (e.g. age, gender, education level etc.) are also included in the survey.

The structural model of the present model is analyzed using variance based Partial Least Squares (PLS) method. The main concern of the PLS is related to the explanatory power of the path model along with the significance level of standardized regression weights. An iterative scheme of simple

and/or multiple regressions contingent on the particular model is performed until a solution converges on a set of weights. The general applicability of a SEM model depends on the reliability and validity of the modelling results. Reliability and validity of the proposed CSI model were assessed by checking unidimensionality of the blocks, individual item reliability, convergent validity and discriminant validity. All test results satisfy the crucial requirements for validity and reliability of structural model.

In this study, a feed forward neural network model is proposed as an alternative to simple or multiple regression methods for the inner model estimation of the CSI. The use of artificial neural networks (NN) gained popularity in different fields, and some studies have demonstrated the superiority of NN over multiple regression. NN simulates human cognition by modelling the inherent parallelism of neural circuits in the brain using mathematical models of how the circuits function. However, the NN approach has been applied more recently to customer satisfaction and loyalty analysis.

In this study there are 5 different inner models estimating 5 different endogenous latent variables of the CSI model. Each inner model was estimated using three-layer feed forward neural networks. A sigmoid function is used in the hidden layer, and a linear function in the output layer. The data was divided into two sets, 75 percent for training, and 25 percent for testing. Training is performed using the Levenberg Marquardt back propagation algorithm, and the weights are initialized using Nguyen Widrow algorithm. After the NN is trained it was evaluated for the test data. Root mean squared error and R square scores were used as performance criteria. The use of NN provides a powerful estimation for the inner models used in the CSI.

The results of the CSI model as a whole can be a valuable guide for the managers in formulating competitive marketing strategies. Considering the results of the CSI model, the limited resources of the firms can be allocated for critical factors which have important impacts on satisfaction. In conclusion, the CSI model provides important information for the purchase decisions of the customers and lead to improvements in the quality of goods and services they consume.

Keywords: Customer satisfaction index, partial least squares, neural networks.

Giriş

Müşteri memnuniyet indeksleri (MMİ), müşterilerin tükettikleri ürün ve hizmetlerden duydukları memnuniyet seviyesini değerlendiren bir ölçüm sistemidir. MMİ'nin temel yapısı; tüketici davranışları, müşteri beklenti ve hareketleri, hizmet ve ürün kalitesi konularında yapılan uzun teorik ve pratik araştırmaların sonucunda kurulmuştur (Fornell, 1992).

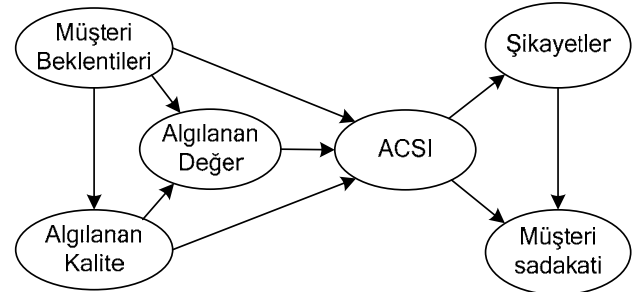
MMİ modelleri, doğrudan ve dolaylı olarak ölçülen değişkenler ve bunların ilişkilerinden oluşan yapısal eşitlik modelleridir (YEM). MMİ modelleri müşteri memnuniyetinin bazı faktörler tarafından etkilendiği varsayımına dayanmaktadır. Müşteri memnuniyeti üzerinde etkisi olan bu faktörlerden bazıları; firma imajı, müşterilerin beklentileri, algılanan kalite seviyesi ve algılanan değerdir. Benzer şekilde model müşteri memnuniyeti sonucunda ortaya çıkacak sonuçları da tahmin eder. Bu sonuçlar genel olarak müşteri sadakati ve müşteri şikayetleri olmaktadır (Johnson vd., 2001).

İlk sistematik ulusal müşteri memnuniyeti modeli 1989'da İsveç'te uygulanmıştır. İsveç Müşteri Memnuniyet Modeli (SCSB), Fornell'in sebep-sonuç ilişkisi modeline uygun olarak geliştirilmiştir. SCSB modelinde memnuniyete etki eden iki önemli faktör bulunmaktadır: Müşterinin beklentileri ve algıladığı performans. Modelde memnuniyetin sonuçları ise müşteri şikâyetleri ve müşteri sadakatidir. Memnuniyetteki artışın sonucu olarak şikâyetlerde azalma ve müşteri sadakatinde artış olur (Fornell, 1992).

Alman müşteri memnuniyet barometresi (DK) ulusal bazda uygulanan ikinci indeks olmuştur. Bu indeksin diğerlerinden en büyük farkı yapısal eşitlik modeli şeklinde tasarlanmamış olmasıdır (Meyer ve Dornach, 1996).

1994'de geliştirilen Amerikan Müşteri Memnuniyet İndeksi (ACSI), SCSB modelinin bir devamı ve Amerikan ekonomisine uyarlanmış şeklidir (Fornell vd., 1996). Şekil 1'de verilen ACSI modelinin SCSB'den en önemli farkları şunlardır: Modele algılanan değerden ayrı olarak algılanan kalite faktörü eklenmiş ve müşteri

beklentileri ölçümlerine bazı yeni eklemeler yapılmıştır. ACSI modeline göre müşteri beklentileri, algılanan kalite ve algılanan değer müşteri memnuniyetine etki eden faktörlerdir (Fornell vd., 1996).



Şekil 1. Amerikan müşteri memnuniyet indeksi

1999 yılında uygulanmaya başlanan Norveç müşteri memnuniyet ölçüm modeli (NCSB) ACSI modelinden ECSI (European Customer Satisfaction Index) modeline geçiş için bir köprü olmuştur (Johnson vd., 2001).

Avrupa Müşteri Memnuniyeti Ölçüm İndeksi yeni bir ekonomik gösterge modeli olup, Avrupa Kalite Organizasyonu ve EFQM tarafından geliştirilmiştir (Eklöf ve Westlund, 2000). ECSI tüm Avrupa Birliği ülkelerinde uygulandığından dolayı ülkeler arası kıyas yapma imkanı sunan uluslararası bir model durumundadır. Modelin ACSI'den farkı; modele imaj faktörünün eklenmiş olmasıdır.

Son yıllarda, Yeni Zelanda, Tayvan, Hongkong, Rusya, Malezya, Singapur gibi ülkelerde de ulusal bazda müşteri memnuniyeti indeks modelleri kullanılmaktadır (Johnson vd., 2001).

Türkiye'de memnuniyet indeksleriyle ilgili yapılan bazı akademik çalışmalar bu alandaki ilk çalışmalar olmuştur (Türkyılmaz ve Özkan, 2004; Aydın ve Özer, 2005). Bunun yanında Türkiye'de ulusal bazda ilk uygulama 2005 yılında başlatılmış ve 2006 yılının ilk çeyreğinde 7 farklı sektör için indeks sonuçları açıklanmıştır. Model ACSI modeline çok benzemektedir. (TMME, 2006).

MMİ modellerinin tahmini

Müşteri memnuniyet indeks modelleri belirli sayıda gizli (latent) değişken ve bu gizli değişkenlerin hesaplanmasında kullanılan ölçüm (manifest/observable) değişkenlerinden meydana gelen yapısal eşitlik modelleridir (Structural Equation Modeling) (Tenenhaus vd., 2005).

Yapısal eşitlik modelleri (YEM) iki alt modelden oluşur: Gizli değişkenlerle ölçüm değişkenleri arasındaki ilişkilerden oluşan dış model ve gizli değişkenlerin kendi aralarındaki ilişkilerden oluşan iç model (Chin, 1998).

Gizli değişkenle ölçüm değişkenleri arasındaki ilişki, formatif veya reflektif olabilir. Reflektif durumda her ölçüm değişkeni ilişkili olduğu gizli değişkeni yansıtır. Gözlem değişkenlerinin tümü aynı fenomeni (gizli değişkeni) ölçümlüyor savı altında yapılandırılırlar (Chin, 1998; Hulland, 1999). Formatif durum gözlem değişkenlerinin gizli değişkenleri oluşturduğu durumdur (Tenenhaus vd., 2005).

Yapısal eşitlik modellerinin tahmininde yaygın olarak kullanılan iki yöntem mevcuttur: Kovaryans tabanlı metodlar (Bollen, 1989; Rigdon, 1998) ve varyans tabanlı Kısmi En Küçük Kareler (KEKK) metodu (Wold, 1985). Bu iki yöntem; analizlerin amacı, sahip oldukları istatistik varsayımlar ve ürettikleri uygunluk istatistikleri bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. KEKK metodunun amacı genel olarak yüksek R^2 ve anlamlı t değerlerine sahip bir ilişki modelini tahmin edebilmektir. Müşteri memnuniyet analizlerinde toplanan veriler genelde kişisel değerlendirmelerin sonuçları olduğundan tam bir kesinlik göstermezler ve istenen bir dağılıma uymayabilirler. Bazı durumlarda da yeteri kadar çok veri toplamak mümkün olmayabilir. KEKK yöntemi az sayıda veri, kesikli ve sürekli çok sayıda değişkenle çalışabilir ve verilerin dağılımından etkilenmez. KEKK metodu hem reflektif, hem de formatif yapılandırılmış bloklar için uygundur (Chin, 1998).

Yukarıda bahsedilen avantajları göz önünde bulundurulduğunda MMİ yapısal eşitlik modellerinin tahmininde KEKK metodu kullanılması tavsiye edilmektedir (Fornell, 1992).

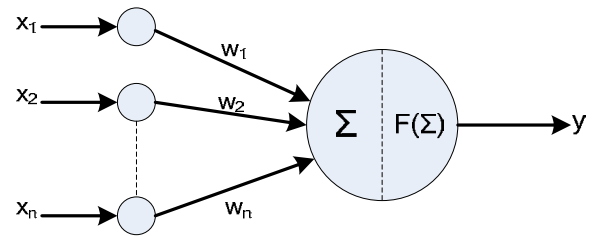
rinin tahmininde KEKK metodu kullanılması tavsiye edilmektedir (Fornell, 1992).

KEKK metodu yapısal modeldeki ilişkileri tahmin etmek için 2 safhalı hesaplama yöntemi kullanır. İlk safhada, gizli değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ve kendilerine bağlı ölçüm değişkenleriyle olan ilişkileri kullanarak ölçüm modelindeki ağırlıkları ve yüklemeleri tahmin eder. Bu safha iteratif bir adımdır. İkinci safhada ise ilk safha sonunda bulunan ağırlıkları kullanarak gizli değişkenler arası ilişkileri (yapısal model) tahmin eder (Chin, 1998). Bu çalışmada kullanılan model için KEKK metodu denklemleri ve yöntemi EK-1’de verilmiştir.

Bu çalışmada yapısal modelin (iç model) tahmininde doğrusal regresyona alternatif olarak yapay sinir ağları kullanılacak ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

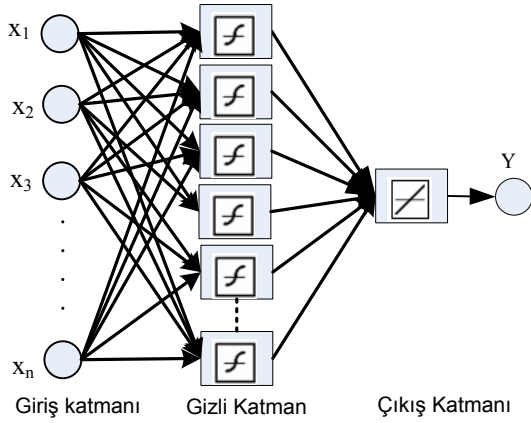
Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak meydana getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan sistemlerdir (Haykin, 1994). Şekil 2’de gösterilen bir sinir hücresi kendisine gelen giriş değerlerinin ağırlıklı toplamını aldıktan sonra bir aktivasyon fonksiyonundan geçirecek bir çıktı değeri oluşturur. Aktivasyon fonksiyonu doğrusal olabileceği gibi YSA’nın amacı gereği genelde doğrusal olmayan transfer fonksiyonları tercih edilirler (Caudill, 1989; Maren vd., 1990).

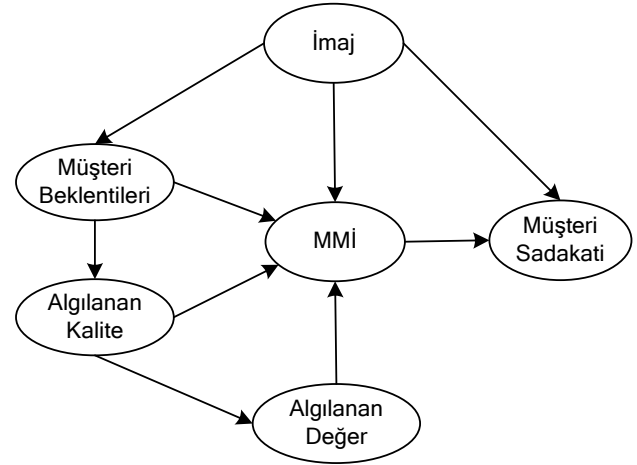


Şekil 2. Nöronun yapısı

En yaygın transfer fonksiyonları doğrusal fonksiyon, eşik fonksiyonu, ve sigmoid fonksiyonlardır. Şekil 3’de ileri beslemeli bir YSA modeli görülmektedir.



Şekil 3. YSA modeli



Şekil 4. Yeni MMİ modeli

Giriş katmanından sisteme giren veriler belirli ağırlık değerleri ile çarpıldıktan sonra transfer fonksiyonuna uğrar ve sistemin çıkış elemanı olarak bir sonuç üretirler. Bu sonucun beklenen sonuca (gerçek çıktı değerine) mümkün olduğunca yakın olması istenilir. Sistem bunu sağlayabilmek için sürekli olarak ağ boyunca ileriye doğru fonksiyon sinyalleri ve geriye doğru hata sinyalleri göndererek parametre güncellemesi yapar. Bu şekilde YSA modelinin eğitimi gerçekleşmiş olur. Hatanın minimize edilmesini amaçlayan bu metoda geri yayılım metodu (backpropagation) denilmektedir. Geri yayılım metoduyla ilgili ayrıntılı bilgi için Jang ve diğerleri (1997)'ye bakılabilir.

Yapay sinir ağları mühendislik uygulamalarının yanı sıra işletme, pazarlama, finans ve tüketici araştırmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Smith, 2002).

Yeni müşteri memnuniyet indeksi

Bu çalışmada kullanılan MMİ modeli daha önce yayınlanan ulusal müşteri memnuniyet indekslerinin yapıları göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Şekil 4'de gözüktüğü gibi MMİ modelinde memnuniyete etki eden faktörler; imaj, müşteri beklentileri, algılanan kalite ve algılanan değerdir. Memnuniyet sonucunda ise müşteri sadakati oluşmaktadır. Bu faktörler aşağıda açıklanmıştır.

Modelde kullanılan gizli değişkenler ve ölçüm değişkenleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. MMİ modelinin değişkenleri

Gizli Değişkenler	Ölçüm (Gözlem) Değişkenleri
İM İmaj	x ₁₁ : Güvenilirlik
	x ₁₂ : Profesyonellik
	x ₁₃ : Topluma sosyal katkılar
	x ₁₄ : Müşteri ilişkileri
	x ₁₅ : Yenilik ve ileri görüşlülük
	x ₁₆ : Kullanıcıya değer katma
MB Müşteri Beklentileri	y ₂₁ : Kişisel ihtiyacı karşılamaya yönelik
	y ₂₂ : Genel kaliteyle ilgili
	y ₂₃ : Ürün kalitesi ile ilgili (teknik)
	y ₂₄ : Hizmet kalitesi ile ilgili beklentileri
AK Algılanan Kalite	y ₃₁ : Genel kalite
	y ₃₂ : Ürün kalitesi (teknik)
	y ₃₃ : Hizmet kalitesi
	y ₃₄ : Satış ve sonrası müşteri iliş. kalite.
	y ₃₅ : Kullanım amacına uygunluk
AD Algılanan Değer	y ₄₁ : Fiyat / Performans
	y ₄₂ : Performans / Fiyat
MMİ Müşteri Memnuniyet İndeksi	y ₅₁ : Genel memnuniyet
	y ₅₂ : Beklentilerin karşılanması
	y ₅₃ : İdealle karşılaştırma
MS Müşteri Sadakati	y ₆₁ : Tekrar alma durumu
	y ₆₂ : Diğerlerine tavsiye etme
	y ₆₃ : Fiyat esnekliği

İmaj, firmanın pazardaki tanınırlığı, müşterilerine yaşattığı tecrübeler sonucu kazandığı isim ve

güvenilirliği belirler. İyi bir imaja sahip olabilmek, firmanın birikimleri, tecrübeleri ve o ana kadar sunduğu ürün ve hizmetlerin güvenilirliğiyle doğrudan ilgilidir. MMİ modelinin tek ekzojen (bağımsız) değişkeni olan imajın algılanan kalite, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati üzerinde doğrudan ve pozitif bir ilişkisi vardır.

Müşteri beklentileri, müşterinin daha önceki kendi yaşadığı tecrübeleri ve dışarıdan etkilenimleri doğrultusunda firmanın ürün ve hizmetleriyle ilgili beklediği kalite seviyesini ifade eder. Bu blok; genel kalite beklentileri, ürün ve hizmetlerle ilgili kalite beklentileri, alınan ürün ve hizmetin kullanım amacına uygunluğuyla ilgili beklentileri değerlendirir. Müşteri beklentilerinin müşteri memnuniyetini pozitif yönde etkilediği düşünülmektedir (Oliver, 1980). Ayrıca beklentilerin algılanan kalite üzerinde de etkisi bulunmaktadır.

Algılanan kalite, müşterinin kullanmış olduğu ürünle ilgili algıladığı kalite seviyesinin değerlendirmesidir. Kalite, ürün özelliklerinin olması gereken kalite, sağlamlık, amaca uygunluk gibi performans kriterlerini karşılama derecesi olarak değerlendirilir. Bu blok kullanılan ürünle ilgili genel kalitesi, ürünün ve beraberinde sunulan hizmetin kalitesi, ürünün kullanım amacına uygunluğu ve satış ve satış sonrası müşteri ilişkileri kalitesini ölçer. Algılanan kalitenin memnuniyet üzerinde doğrudan ve pozitif yönde bir etkisi vardır. Bu tahmin tüm ekonomik aktivitelerin temel bir kuramıdır (Fornell vd., 1996).

Algılanan değer, müşterinin ödediği ücret karşılığında ürünün kalite ve performansının seviyesi veya ücret-performans ilişkisi olarak tanımlanabilir. Müşterinin memnuniyeti, aldığı ürün ve/veya hizmet karşılığında ödediği ücretle çok ilişkilidir. Modelde algılanan değer, ödenen fiyat karşılığında algılanan kalitenin ve algılanan kalite için ödenen fiyatın değerlendirilmesiyle ölçülür. Algılanan değer, tatmin üzerinde doğrudan ve pozitif yönde bir etkisi olduğu kabul edilmektedir (Fornell, 1992).

ACSI ve ECSI modellerinde müşteri beklentileri ve algılanan değer arasında direkt bir ilişki vardır. Ancak Fornell ve diğerleri (1996) ve Johnson ve diğerleri (2001) tarafından bu ilişkinin uygulamaların çoğunda çok zayıf olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında yaptığımız pilot uygulamada da bu ilişki zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Türkyılmaz ve Özkan, 2003). Bu sebeple bu ilişki modelden çıkartılmıştır.

MMİ'nin son bağımlı değişkeni olan *müşteri sadakati*, müşterinin tekrar alışveriş yapma durumu ve ürünü başkalarına tavsiye etme derecesi olarak tanımlanabilir (Dick ve Basu, 1994). Sadakat, müşterinin aynı firmadan alışverişe devam etmeleri, fiyat değişimleri karşısındaki esneklikleri, ürün ve hizmetleri başkalarına önermeleri durumlarına göre değerlendirilir. Firma imajı ve müşteri memnuniyetinin sadakat üzerinde doğrudan ve pozitif ilişkisi vardır.

Metodoloji

Yukarıda geliştirilen modeldeki değişkenleri ölçebilmek amacıyla bir anket hazırlanmıştır. Ankette MMİ modeliyle ilgili toplam 23 model sorusunun yanısıra, ürünle ilgili şikâyet sayısı ve demografik sorular (yaş, cinsiyet, eğitim, meslek) soruldu. Ankette soruların değerlendirilmesi için 1-10 aralıklı Likert skala kullanılmıştır. 1-10 ölçekli Likert skala kullanımı değerlendiriciye daha rahat bir değerlendirme imkanı sunmaktadır.

Modelin uygulaması ve verilerin toplanması cep telefonu sektöründe yapılmıştır. Cep telefonu sektörü son yıllarda oldukça hareketli ve yaygın bir sektör konumuna gelmiştir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 2004 yılı verilerine göre Türkiye'deki ailelerin %54'ü en az bir cep telefonu bulundurmaktadır (DİE, 2004).

Anket, soruların anlaşılabilirliği, ölçülen kavramların doğruluğu ve anket yapısının uygunluğunu test etmek amacıyla 50 kişi üzerinde test edilmiştir. Bu uygulama sonucunda anketteki anlaşılması güç, muğlak veya ölçülmek istenen kavramı iyi ölçemediği anlaşıldığından sorular güncellenmiştir. Yeni

anket 18 yaş ve üzeri 700 cep telefonu kullanıcısına uygulandı. Ankete verilen cevapların tutarsızlığı ve çok fazla maddenin boş bırakılması gibi sebeplerden dolayı 48 örneğin veri setinden çıkartılmasına karar verildi. Sonuç olarak 652 örnek değerlendirmeye alındı.

Veri analizleri ve sonuçlar

Tekboyutluluk analizi- Tekboyutluluk analizi (unidimensionality), bloğu oluşturan ölçüm değişkenlerinin aynı faktörü ölçtüklerini test eder (Hulland, 1999). Blokların tek boyutluluğu Cronbach alfa, Dillon-Goldstein ρ ve ana bileşenler analizi (principal component analysis) ile test edilmektedir (Tenenhaus vd., 2005). Çalışmadaki tüm blokların Cronbach alfa ve Dillon-Goldstein ρ değerleri 0.80'nin üzerinde bulunmuştur. Sonuçların 0.70'in üzerinde olması tek boyutluluk göstergesidir. Bloklar için ayrı ayrı uygulanan ana bileşenler analizi sonuçlarıyla beraber (ilk özdeğer > 1 ve 2. özdeğer < 1) tüm testler blokların tek boyutlu olduklarını, yani her bloktaki değişkenlerin bir ve aynı faktörü ölçtüklerini göstermektedir.

Modelin KEKK metodu ile tahmini- MMI modelinin KEKK metodu kullanarak hesaplanması Matlab programında yazılan kodlar kullanılarak yapılmıştır. MMI modelindeki tüm dış ve iç model eşitlikleri Ek-A 'da gösterilmiştir. Matlab programında 8 iterasyon sonucunda bulunan MMI modelinin *dış model* tahmin sonuçları; dış model ağırlıkları, yüklemeler (loadings) ve komunaliti değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Yapısal eşitlik modelinin genel kullanılabilirliği modelin güvenilirlik ve geçerlilik test sonuçlarına bağlıdır. KEKK modelinde bir *maddenin (değişken) güvenilirliği* (individual item reliability), ölçüm değişkeni ile gizli değişken arasındaki yüklemenin değeriyle ölçülür. Genel kabul gören kurala göre ölçüm değişkeni ve bağlı olduğu gizli değişken arasındaki yükleme değerinin 0.70'den yüksek olması gerekmektedir. Bu sonuç bloğun o ölçüm değişkeni ile paylaştığı varyansın %50'den yüksek olduğunu gösterir ve hata ile paylaşılan varyansın daha yüksek olması anlamına gelir (Hulland, 1999).

Tablo 2. Dış model sonuçları

Blok	Ölçüm Değişkeni	Dış Ağırlık	Yükleme	Komunaliti
İM	İM1	0.133	0.799	0.638
	İM2	0.125	0.809	0.655
	İM3	0.068	0.673	0.453
	İM4	0.083	0.741	0.549
	İM5	0.110	0.758	0.575
	İM6	0.077	0.677	0.459
BK	MB1	0.164	0.809	0.655
	MB2	0.152	0.824	0.680
	MB3	0.128	0.786	0.618
	MB4	0.169	0.846	0.716
AK	AK1	0.144	0.859	0.739
	AK2	0.129	0.840	0.706
	AK3	0.104	0.813	0.661
	AK4	0.104	0.793	0.629
	AK5	0.131	0.798	0.637
AD	AD1	0.210	0.941	0.886
	AD2	0.220	0.946	0.895
MMİ	MMİ1	0.218	0.914	0.835
	MMİ2	0.204	0.915	0.837
	MMİ3	0.125	0.760	0.578
MS	MS1	0.140	0.901	0.812
	MS2	0.155	0.918	0.844
	MS3	0.099	0.769	0.591

MMI modelinde bulunan sonuçlara göre gizli değişkenler ve onların ölçüm değişkenleri arasındaki yüklemelerin oldukça yüksek ve pozitif olduğu gözükmektedir. İM3 ve İM6 haricindeki tüm yüklemeler 0.70'den büyüktür. Bu değişkenlere ait yükleme değerleri 0.67'dir. Pratikte, düşük yükleme değeri uygun olmayan madde, iyi ifade edilmemiş madde veya bir maddenin bir içerikten diğerine uygun olmayan transferinden kaynaklanabilir. İM3 ve İM6 değişkenlerine ait yükleme değerleri her ne kadar çok düşük olmasa da o değişkeni ölçen soru maddesinin yazımından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak modelde kullanılan ölçüm değişkenlerinin ilgili blokları ölçme kapasiteleri oldukça yüksektir.

Reflektif bir bloğun *yakınsaklık geçerliliği* (convergent validity) bloktaki ölçüm değişkenlerinin komunaliti değerlerinin ortalaması kullanılarak ölçülebilir (average variance extracted) (Hulland, 1999). Komunaliti değeri bir blokla o

bloğa bağlı olan ölçüm değişkeni arasındaki paylaşılan varyansı ölçer. Bir bloğun yakınsaklık geçerliliğinin olabilmesi için ortalama komunalite değeri en azından 0.50 veya üstünde olması gerekir. Bu değer bir bloktaki değişimin %50 den daha fazlasının model değişkenleri tarafından açıklanabildiği anlamına gelir. MMI uygulamasında ortalama komunalite değerleri imaj bloğu için 0.55, müşteri beklentileri için 0.66, algılanan kalite için 0.67, algılanan değer için 0.89, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati için 0.75 bulunmuştur. Modelin asıl amacı müşteri memnuniyetini ölçmek olduğundan, müşteri memnuniyetindeki değişimin %75'inin model değişkenleri tarafından açıklanabiliyor olması modelin geçerliliğini göstermektedir.

MMI modeli kurulurken 6 gizli değişkenin teorik olarak birbirinden farklı kavramları ölçtüğü şeklinde kurulmuştur. Bloğun diğer bloklardan farklı bir kavramı ölçtüğünü kontrol etmek için *ayırddedicilik geçerliliğini* (discriminant validity) hesaplamak gerekir. Bir bloğun ayırddedicilik geçerliliği o bloğun kendi değişkenleriyle paylaşılan ortalama varyansın (ortalama komunalite), diğer bloklarla paylaşılan varyansdan daha yüksek olmasıyla sağlanabilir.

Tablo 3'de köşegen elemanları (koyu) ortalama komunalite değerleri ve diğer değerler ise bloklar arası korelasyon sonuçlarıdır. Sonuçlar tüm blokların kavramsal olarak ve ampirik olarak birbirlerinden farklı olduklarını göstermektedir.

Tablo 3. Blokların komunalite değerleri ve diğer bloklarla olan korelasyon kareleri

Blok	İM	BK	AK	AD	MMİ	MS
İM	0.555					
BK	0.366	0.667				
AK	0.479	0.544	0.674			
AD	0.189	0.171	0.282	0.891		
MMİ	0.387	0.361	0.485	0.452	0.750	
MS	0.361	0.272	0.411	0.231	0.472	0.749

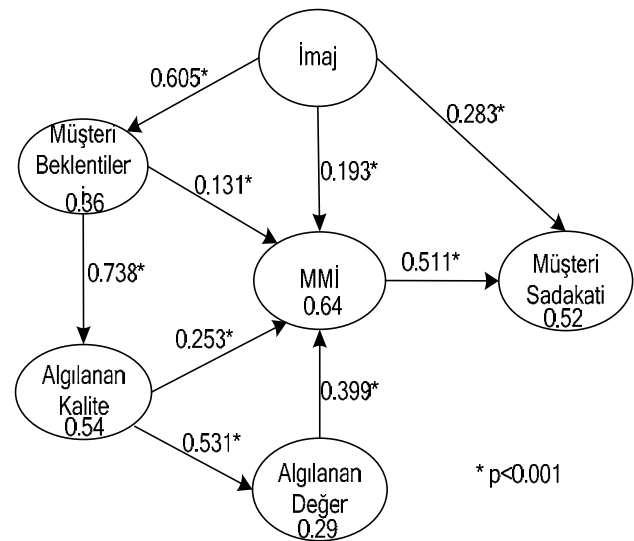
Dış model tahminindeki önemli sonuçlardan biri de ölçüm değişkenlerinin gizli değişkenle arasındaki ilişki katsayısıdır (dış ağırlık). Tüm değişkenlerin dış ağırlık değerleri de tabloda verilmiştir.

Buna göre müşteri memnuniyet gizli değişkeniyle ilişkisi en fazla olan değişken CS1, yani genel memnuniyet seviyesidir (0.21). İkinci derede ilişkisi yüksek olan değişken ise CS2, müşteri beklentilerinin karşılanmasıdır. Bu değerler diğer bloklar için de benzer şekilde yorumlanabilir.

Gözlem değişkenlerinin ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra *iç model tahmini* yapmak üzere her bir gizli değişkenin değeri kendisini oluşturan ölçüm değişkenlerinin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanır.

$$\hat{\xi}_j = \sum \tilde{w}_{jh} x_{jh} \quad (1)$$

Yapısal eşitlik modellerinde değerleri bilinen gizli değişkenler arası ilişkiler basit veya çoklu regresyon yöntemiyle hesaplanırlar. MMI modelinde her bir endojen gizli değişkenin (η) tahmini için ayrı bir regresyon modeli kurulur. Müşteri memnuniyet indeks modeli 5 gizli değişkeni tahmin eden 5 farklı ilişki modelinden oluşmaktadır. Şekil 5'deki neden-sonuç diyagramı MMI modelindeki yapısal model ilişkileri hakkında bilgi vermektedir. Gizli değişkenler arasındaki okların üzerinde regresyon katsayıları ve anlamlılık seviyeleri (p-değeri) verilmiştir. Dairenin içinde değişken isimlerinin altındaki değerler ise R-kare değerleridir. R-kare değeri bağımlı değişkendeki değişimin (varyans) kendini tanımlayan model tarafından açıklanabilme kapasitesini göstermektedir.



Şekil 5. MMI iç model sonuçları

Müşteri memnuniyeti bloğu için tahmin edilen regresyon modeline göre müşteri memnuniyeti üzerinde en fazla etkisi bulunan faktör algılanan değerdir (0.39). Benzer şekilde algılanan kalitenin de müşteri memnuniyeti üzerinde önemli bir etkisi gözükmemektedir (0.25). Firma imajının ve müşteri beklentilerinin memnuniyet üzerindeki etkileri ise sırasıyla 0.19 ve 0.13'dür. Modeldeki tüm ilişkiler istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Model, müşteri memnuniyetindeki varyansın % 64'ünü açıklayabilmektedir ($R^2=0.64$).

Müşteri memnuniyeti üzerinde en düşük etki "müşterilerin beklentileri" olarak bulunmuştur. Bu ilişki ACSI ve ECSI gibi diğer ulusal modellerde de birçok sektörde zayıf çıkmıştır. Hatta o modellerde bu ilişkinin anlamlı olmadığı rapor edilmiş ($p > 0.1$) ve modelden çıkartılması tavsiye edilmiştir (Johnson vd., 2001). Ancak bu uygulamada müşteri beklentileri ve memnuniyet arasındaki ilişki her ne kadar düşük olsa da anlamlı olduğundan dolayı modelde tutulmuştur.

İç modelin YSA ile tahmini- İç (yapısal) modelin tahmininde regresyon modeline alternatif olarak YSA metodu kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma amacıyla iki metod da aynı veri seti için uygulandı. Bu amaçla 652 örnekten oluşan veri seti, eğitim ve test veri setleri olarak iki gruba bölündü. Kullanılan örneklerin %75'lik kısmı (489) öğrenme, %25'lik kısmı (163) ise test veri seti olarak kullanıldı.

Tasarlanan YSA modeli giriş katmanı, bir gizli katman ve bir de çıkış katmanından meydana gelen ileri beslemeli ve geri yayımlı bir YSA modelidir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Gizli katmanda 1 nöron ile 10 nöron arası durumların ürettiği performans sonuçları değerlendirilmiştir. YSA modelinin eğitimi için çok hızlı çalışması ve iyi tahmin yeteneği sebebiyle Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Giriş değişkenlerinin başlangıç ağırlık değerleri Nguyen-Widrow metodu kullanarak belirlenmiştir. Performans kriteri olarak R^2 ve RMSE (Root Mean Squared Error) sonuçları kullanılmıştır.

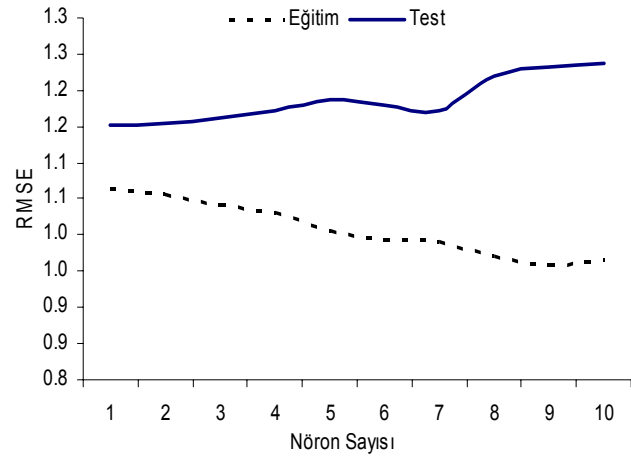
MMİ modelinin 5 farklı yapısal modelinin YSA (1 nöron) ve doğrusal regresyonla tahmin so-

nuçları Tablo 4'de verilmiştir. Tüm modellerde YSA'nın performansı basit/çoklu doğrusal regresyonda elde edilen performans sonuçlarından daha iyi çıkmaktadır.

Tablo 4. İç modelin YSA ve regresyonla tahmini

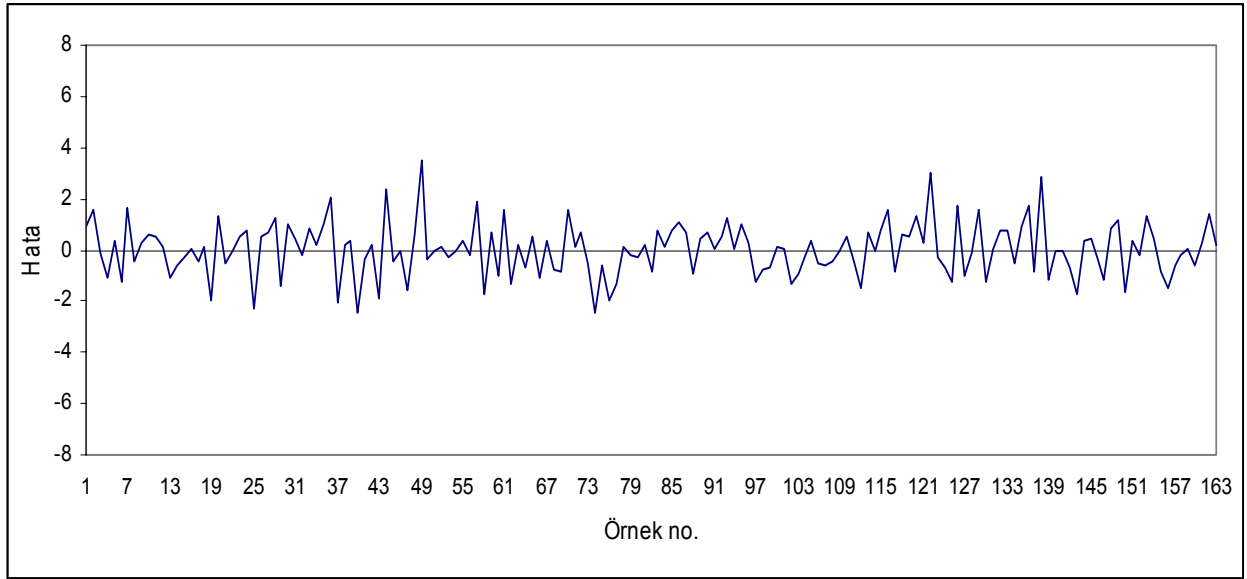
Model	YSA		Regresyon			
	Eğitme		Test	Eğitme		Test
	RMSE	R ²	RMSE	RMSE	R ²	RMSE
Mod. 1	1.309	0.394	1.241	1.312	0.391	1.245
Mod. 2	1.096	0.560	1.070	1.108	0.549	1.075
Mod. 3	1.972	0.303	1.936	1.975	0.301	1.941
Mod. 4	1.064	0.673	1.151	1.065	0.671	1.156
Mod. 5	1.737	0.545	1.756	1.756	0.535	1.738

YSA modelinin gizli katmanındaki nöron sayısı artırıldığında modelin açıklayıcılık kapasitesi artmaktadır. Ancak nöron sayısının çok fazla artması durumunda modelin genelleme özelliği azalacaktır. Bu durumda model eğitim setini çok iyi tanırken, test setini tahmin performansı düşecektir. Müşteri memnuniyet bloğu için nöron sayısı 1'den 10'a kadar arttığında modelin eğitim ve test verileri için performans (RMSE) değerlerindeki değişim Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Eğitim ve test verileri için YSA modelinin nöron sayısına göre performans (RMSE) değişimi

Şekil 7'de ise gerçek çıktı değerlerle modelin tahmin ettiği değerler arasındaki farkın (hata) grafiği gözükmemektedir. Hata değerleri bazı noktalar haricinde genelde 0 değerinin etrafında oluşmaktadır.



Şekil 7. YSA modelinin test verileri için tahmin hataları

Sonuçlar

Memnuniyet İndeksleri son 15 yıldır değişik ülkelerde uygulanmaktadır. İndekslerin amacı, firmaların performanslarını müşteri gözüyle değerlendirip, firmalar ve müşteriler için bir kıyaslama aracı oluşturmaktır. Bu çalışmada öncelikli olarak diğer ülkelerde uygulanan tüm modeller incelenmiş ve bu modellerin analizi yapılarak Türk tüketicisinin davranışlarına uygun bir model geliştirilmiştir. Model cep telefonu sektörü için uygulanmıştır. Bir MMİ modelinin genel uygulanabilirliği modelin güvenilirlik ve geçerlilik test sonuçlarına bağlıdır. Geliştirilen MMİ modelinin madde güvenilirliği, yakınsaklık geçerliliği, ayırdedicilik geçerliliği ve blokların tek boyutluluk analizleri yapılmıştır. Tüm analiz sonuçları modelin genel uygulanabilirliğini gösterirken, modelin tahmin gücü de (R-kare) oldukça tatmin edici seviyede bulunmuştur.

Çalışmada ayrıca, MMİ modelindeki gizli değişkenler arasındaki ilişkilerin tahmininde YSA kullanımının tahmin performansını artıracığı öngörülmüştür. Yapısal modeller için tasarlanan YSA modeli 3 katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı bir YSA modelidir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır.

Bu şekilde elde edilen sonuçlara göre yapısal modellerin tahmin performanslarında artış gözlemlenmiştir (düşük RMSE, yüksek R²).

Ek-1

Şekil 2’de gösterilen MMI modeli matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir.

Modeldeki gizli değişkenler arası ilişkiler:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{54} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ 0 \\ 0 \\ \gamma_{14} \\ \gamma_{15} \end{bmatrix} \xi_1 + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \\ \zeta_5 \end{bmatrix}$$

η : Endojen gizli değişken

ξ : Ekzojen gizli değişken

β_{ij} ve γ_{ij} : Gizli değişkenler arası ilişki katsayısı

ζ : Hata terimi

Dış model ölçüm değişkenleri x_{jh} ve y_{jh} 'nin kendi bloklarıyla olan ilişkileri ise şu şekilde gösterilebilir:

Ekzojen blok için:

$$\begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ x_{14} \\ x_{15} \\ x_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} \\ \lambda_{12} \\ \lambda_{13} \\ \lambda_{14} \\ \lambda_{15} \\ \lambda_{16} \end{bmatrix} \xi_1 + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{bmatrix}$$

Endojen blok için:

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{12} \\ y_{13} \\ y_{14} \\ y_{21} \\ y_{22} \\ y_{23} \\ y_{24} \\ y_{25} \\ y_{31} \\ y_{32} \\ y_{41} \\ y_{42} \\ y_{43} \\ y_{51} \\ y_{52} \\ y_{53} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{15} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{24} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{25} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{31} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{32} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{41} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{42} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{43} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{51} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{52} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{53} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{14} \\ \varepsilon_{15} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{24} \\ \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{32} \\ \varepsilon_{41} \\ \varepsilon_{42} \\ \varepsilon_{43} \\ \varepsilon_{51} \\ \varepsilon_{52} \\ \varepsilon_{53} \end{bmatrix}$$

λ_{ij} : Faktör yüklenme değerleri

ε_{jh} : Hata değeri

Kaynaklar

- Aydın, S. ve Özer, G., (2005). National customer satisfaction indices: An implementation in the Turkish mobile telephone market, *Marketing Intelligence and Planning*, **23**, 5, 486–504.
- Bollen, K.A. (1989). *Structural equations with latent variables*, Wiley, New York.

- Caudill, M., (1989). *Neural networks primer*, Miller Freeman Publications, San Francisco.
- Chin W.W., (1998). *The partial least squares approach for structural equation modeling*, in Marcoulides G.A., ed, *Modern Methods for Business Research*, Lawrence Erlbaum Associates, 295-336, New Jersey.
- Dick, A.S. ve Basu, K., (1994). Customer loyalty: Toward an integrated conceptual framework, *Journal of the Academy of Marketing Science*, **22**, 99–113.
- Eklöf, J. ve Westlund, A.H., (2000). *The European customer satisfaction index: Its background and the role of private concerns and public utilities*, in Fabris, G. ve Rolanda, S., eds, *La customer satisfaction nel settore pubblico*, Franco Angeli Publishers, Milano.
- Fornell, C., (1992). A national satisfaction barometer: The Swedish experience. *Journal of Marketing*, **56**, 6-21.
- Fornell, C., Michael D.J., Eugene W.A., Jaesung C. ve Barbara E.B., (1996). The American customer satisfaction index: Nature, purpose and findings, *Journal of Marketing*, **60**, 7–18.
- Haykin, S., (1994). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Macmillan College Publishing, New York.
- Hulland, J.S. (1999). Use of Partial Least Squares (PLS) in strategic management research: A review of four recent studies, *Strategic Management Journal*, **20**, 2, 195–204.
- Jang, J.S.R., Sun, C.T. ve Mizutani, E., (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*, Printice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Johnson, M.D., Gustafsson, A., Andreassen, T.W., Lervik, L. ve Cha, J., (2001). The evolution and future of national customer satisfaction index models, *Journal of Economic Psychology*, **22**, 2, 217–45.
- Maren, A., Harston C., ve Pap, R., (1990). *Handbook of Neural Computing Applications*, Academic Press, London.
- Meyer, A. ve Dornach, F., (1996). *The German Customer Barometer: Quality and Satisfaction*, Yearbook of Customer Satisfaction in Germany, German Marketing Association E.V. and German Post AG, Dusseldorf.
- Oliver, R.L., (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions, *Journal of Marketing Research*, **17**, 460–469.

- Rigdon, E.E., (1998). *Structural equation modeling*, in Marcoulides G., ed, *Modern methods for business research*, Lawrence Erlbaum, , 251-94, New Jersey.
- Smith, K.A., (2002). *Neural Networks for Business: An Introduction*, in Smith, K., eds, *Neural Networks in Business: Techniques and Applications*, Idea Groups Inc., 1-25, Hershey.
- Tenenhaus, M., Vinzi, V.E., Chatelin, Y.M. ve Lauro, C., (2005). PLS path modeling, *Computational Statistics and Data Analysis*, **48**, 159–205.
- Türkyılmaz A. ve Özkan C. (2004). Müşteri memnuniyet indeksleri ve cep telefonu sektöründe bir plot uygulama, *Bildiri Kitabı*, 1. Kobiler ve Verimlilik Kongresi, 259-266, İstanbul.
- Wold, H., (1985). *Partial least squares*, in Kotz, S. ve Johnson, N.L., eds, *Encyclopedia of Statistical Sciences*, Wiley, 581–591, New York.
-
- TMME, (2006). Türkiye Müşteri Memnuniyet Endeksi, www.tmme.org.tr, (01.09.2006)
- DİE, (2004). Devlet İstatistik Enstitüsü, www.die.gov.tr, (01.08.2006)