

Süleyman Demirel Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Y.2006, C.11, S.1 s.63-84.

PAZARLAMA MODELLERİNİN TESTİNDE KULLANILABİLECEK YAPISAL EŞİTLİK MODELİ (YEM) ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

A COCEPTUAL INVESTIGATION OF STRUCTURAL EQUATION MODELS (SEM) ON TESTING MARKETING MODELS

Yrd.Doç.Dr.Hasan AYYILDIZ¹
Arş.Gör.Ekrem CENGİZ²

ÖZET

Yapısal Eşitlik Modeli ekonomistler, eğitim araştırmacıları ve pazarlama araştırmacıları gibi sosyal bilim alanında faaliyette bulunan bilim adamları tarafından kullanılan ve çok değişkenli istatistiksel tekniklerin birleşiminden meydana gelen yeni ve çok kuvvetli bir analiz tekniğidir. Yapısal Eşitlik Modeli istatistiksel bağımlılığa dayalı modellerle ilgili karma hipotezlerin içindeki değişkenlerin sebep sonuç ilişkisini açıklayabilen ve teorik modellerin bir bütün olarak test edilmesine olanak veren etkili bir model test etme ve geliştirme yöntemidir.

ABSTRACT

Structural Equation Modeling (SEM) techniques are considered today to be a major component of applied multivariate statistical analysis and are used by economists, educational researchers, marketing researchers and other social and behavioral scientists. SEM represent translations of a series of hypothesized cause-effect relationships between variables into a composite hypothesis concerning patterns of statistical dependencies overall. SEM offers researchers a comprehensive method for quantification and testing of theoretical models.

Pazarlama Modelleri, Yapısal Eşitlik Modeli (YEM), Test Aracı.
Marketing Models, Structural Equation Model (SEM), Test Tool.

1. GİRİŞ

Model oluşturmanın önemi Keynesyen modelinde görülmektedir. Yirminci yüzyılın başlarında bir İngiliz ekonomisti olan John Maynard

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, İ.İ.B.F., Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilimdalı,

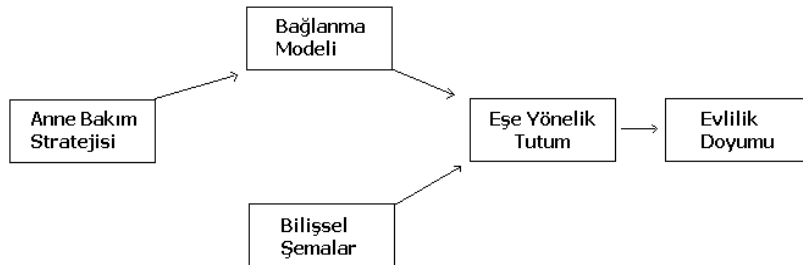
² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Giresun İ.İ.B.F., Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilimdalı

Keynes, hükümet harcamalarının diğer sektörlerdeki harcamaları nasıl tetiklediğini araştırmıştır. Aslında bu fikri daha önce diğer ekonomistler gündeme getirmiş ve açıklamışlardı. Fakat araştırma bugün bile Keynes adıyla anılır. Bunun nedeni diğer araştırmacıların konuyu parçalar halinde incelemeleridir. Keynes ise olayı bir bütün olarak görmüş ve bütün ilişkileri içeren bir model oluşturmuştur. Bu model nedeniyle araştırma Keynesyen'e atıf edilmektedir. Çünkü model oluşturarak gerçek hayatın yansımaları resmedilebilir ve daha gerçekçi, akılda kalıcı sonuçlara ulaşılabilir. Modeller genellikle gerçek dünya olaylarını kavramak, tahmin etmek, kontrol etmek ve dolayısıyla problemlere çözümler getirmek amacıyla kurulur ve geliştirilirler. Fakat önemli olan kurulan modellerin doğruluğunun test edilmesi ve geçerlilik, güvenilirliğinin belirlenmesidir. Birçok değişken setini ve ilişkileri içeren modellerin testinde tecrübesiz araştırmacılar ayrı ayrı ANOVA ve regresyon analizi kullanırlar. Hâlbuki Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) değişkenler arasında fark edilmesi zor olan ilişkileri görmeyi sağlayabilecek bir yapıya sahiptir ve çözülmesi zor olan modelleri bile kolaylıkla test edebilen bir yöntemdir (YU, 2004).

YEM, son yıllarda tüm dünyada popüler hale gelen bir istatistiksel analiz yöntemidir. Araştırmacının zihnindeki, araştırma henüz yapılmadan önce varolan değişkenler arası ilişkilere ait bir modelin, araştırmadan elde edilen veriler aracılığı ile sınanmasına dayanmaktadır. Varyans analizi, MANOVA, faktör analizi, regresyon gibi daha alışılmış istatistiksel yöntemlerden en büyük farkı çok sayıda değişken arasındaki ilişkiyi modeller şeklinde inceleyebilmesidir.

Buna göre, araştırmacı ilgilendiği değişkenlerin gerçek dünyada birbirleriyle olan ilişkilerini ve bu ilişkilerin yönlerini tanımlayan bir fikre sahiptir ve bu fikir temelde bir modeldir. Araştırmacı ilgilendiği değişkenlere ait ölçekleri kullanarak verilerini toplar ve bu verilerin analizini kafasındaki ilişkiler doğrultusunda yapar. Yapısal eşitlik modeli bu analizin yapılabilmesine olanak tanıyan bir istatistiksel yöntemdir.

Şu örnek yapısal eşitlik modelinin anlaşılabilmesi için yardımcı olabilir. Bir araştırmacı, anne bakım stratejisinin bireylerin bağlanma modellerini belirlediğini, bireylerin bağlanma modellerinin ve bilişsel şemalarının eşe yönelik tutumları belirlediğini, eşe yönelik tutumların ise evlilik doyumunu belirlediğini düşünmektedir. Dolayısı ile araştırmacının kafasındaki model şu şekildedir:



Yukarıdaki model oldukça genel bir modeli göstermektedir. Aslında YEM bundan çok daha karışık ve girift modelleri de analiz edebilir. Alışıl gelmiş yöntemlerle yapılacak olsaydı, bu model için düşünülebilecek analiz alternatiflerinden birisi farklı anne bakım stratejileri almış grupların bağlanma modellerinin birbirinden farklı olup olmadığını, bağlanma modeli değişkeni sürekli değişken cinsinden ölçüldü ise varyans analizi ile süresiz değişken cinsinden ölçüldü ise ki kare analizi ile saptamak olabilirdi. Daha sonra farklı bağlanma modellerine ve farklı bilişsel şemalara sahip kişilerin eşe yönelik tutumlarının birbirinden farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla iki faktörlü varyans analizi yapılabilirdi. Son olarak bir önceki adımda eğer bir farklılık bulundu ise eşe yönelik tutum puanları ile evlilik doyumu arasındaki ilişki korelasyon analizi ile belirlenebilirdi. Fakat bu şekliyle istatistiksel olarak çok ciddi hatalar yapılmış olurdu. Birincisi istatistiksel test yapılarak elde edilmiş bir kararın % 5 ya da % 1 hata payıyla verilmiş olması gerekirken yukarıda anlatılan her bir aşamada bu % 5 ya da % 1 hata payları giderek birikmekte ve en sonunda verilecek olan kararda en fazla % 5 ya da % 1 olması gereken 1. tip hata oranı analiz adımlarının sayısına bağlı olarak çok daha yüksek olmaktadır. Çok daha önemlisi yukarıdaki adımlar takip edilirken bu modelin bütünlüğü yani değişkenlerin birlikte ilişkileri tamamen göz ardı edilmiş olacaktır.

Yine klasik yöntemlerle regresyon analizi kullanılarak karar verilmeye çalışılıyor olsaydı önce anne bakım stratejisi puanlarının bağlanma modellerini yordayıp yordamadığı sonra bağlanma modellerinin ve bilişsel şemaların eşe yönelik tutum değişkenini açıklayıp açıklamadığı ve en sonunda da eşe yönelik tutum değişkeninin evlilik doyumunu belirleyip belirlemediği saptanacaktı. Fakat bütün bu analizler yine modelin bir bütün olarak değerlendirilmesine imkân vermeyecekti (<http://www.istatistik.gen.tr>). Dolayısıyla bu koşul da araştırmacıya gereken bütün değişkenlerin birlikte ilişkileri bağlamında ele alınmasıdır. İşte bunu sağlayan analiz yapısal eşitlik modeli analizidir.

Bu araştırmanın amacı, Türkiye'deki araştırmacılar tarafından neredeyse hiç kullanılmayan bir istatistiksel model test etme ve geliştirme metodu olan Yapısal Eşitlik Modelini tanıtmak, varsayımlarını, çekincelerini, yararlarını ve kullanım şeklini ve değerlendirmesini göstermek böylece bir sosyal bilim olan pazarlama alanında da kullanımını teşvik etmektir.

2. PAZARLAMADA MODELLER VE ÖNEMİ

Model, gerçek bir durumun soyut resmini gösteren genel bir terim veya bir sistemin algılanması ve biçimselleştirilmesidir. Bu sebeple, modeller bir gerçek değil, gerçeğin algılanış biçimidir (SÜER, 2000).

Herhangi bir işletmede, kârın ve verimin artırılması ancak onun bilimsel bir şekilde yönetilmesi ile olur. Bir sistem olarak modellerin temeli bilimdir ve bilimsel yöntemi temsil ederler. Kabul edileceği gibi, bilimsel

teori, konu ile ilgili kavramların model şeklinde bir araya getirilmesidir. Dolayısıyla bilimsel yöntemin özü, model kurma yaklaşımında yatmaktadır.

Modeller, sorunların araştırılması ve incelenmesinde başvurulacak genel bir kaynak ve bir sistemin başarı değerlemesini tahmin etmede kullanılacak önemli bir araçtır. Model olmadan da karar verilebilir. Ancak bu durum, yöneticiyi karar alternatifleri arasında seçim yaparken yazı-tura atma durumuna getirir. Şansa bağlı karar verme de bilimsellikten uzaktır. Dolayısıyla, modellerin uygulanması, problem çözümündeki güvenilirliği arttıracaktır.

Modeller ele aldıkları konuların değişkenleri arasındaki ilişkileri ortaya koyduklarından, karmaşık durumların kolayca anlaşılması ve çözümlerinin bulunmasını kolaylaştırırlar. Ayrıca, işletme sorunlarının çözümünde sistemli ve mantıklı bir yaklaşım sağlayarak problemi anlamaya yardımcı olurlar. Evrensel, ulusal, bölgesel düzeyde işletme amaçlarına ulaşma konusunda, gelecekteki durumun belirlenen şartlar altında ne olacağını önceden bildirerek gerekli tedbirlerin alınmasına fırsat sağlarlar.

Modeller karar vericinin mevcut veri ve bilgileri kullanmasını da etkiler. Bilgilerin bazıları el altında bulunmakla beraber kullanılmazlar. O yüzden bazen bu bilgilere tam ters yönde kararlar alındığı görülür. Bunda yönetimin beceriksizliğinden çok, verinin var olduğunun veya bilgiyi kullanma yönteminin bilinmemesi rol oynar (KAYA, 1984).

Pazarlama kararları genellikle risk ortamında verilmektedir. Yönetici, verdiği kararın en iyi karar olduğundan tam olarak emin değildir. Bütün karar vericiler bir durumdaki kararsızlık elemanlarını sınırlamak için bilgiye ihtiyaç duyarlar. Yöneticiler bu tür kararlarda riski kabul etmek zorundadır. Belli sayıda olayın söz konusu olduğu bu karar problemlerinde olayların gerçekleşme olasılıklarının bilindiği varsayılır. Olayların olasılık dağılımları bilindiğinden, uygulanacak karar kriterine göre optimum beklenen değeri en iyi olan alternatifin belirlenmesine çalışılır (KURTULUŞ, 2004).

Pazarlama problemlerinin çoğu aynen tekrarlanmayan ve önemli kararları yansıtır. Bu gerçeği ifade etmek iki sebeple önem taşımaktadır. Birincisi, bu gerçek, pazarlama problemlerinin çoğunun özgün olduğunu ve onların çözümünün günlük veya haftalık bir iş olmadığını ortaya koyar. Bu bilinmediği takdirde, pazarlama yöneticisinin olaylara bakışı ve çevrenin yöneticiyi değerlendirmesi değişebilir. İkincisi, karar verme sürecinin önemini ortaya koymaktır. İsbetli kararlar, karar verme sürecini inceleyen ve sistematize eden yöneticiler tarafından verilebilir (SÜER, 2000).

Pazarlama modeli, algılanan pazarlama ilişkilerinin değişkenlere, sembollere ve matematik terimlere dönüşümünü kapsar. Bu durum, belli yorumların veya varsayımların bir mantık içerisinde kabul edilmesiyle ilişkilidir. Genellikle, pazarlama modelleri karar süreci içerisinde geliştirilir.

Pazarlama modelleri, pazarlama fonksiyonlarının birbirleriyle ilişkilerini tanımlar. Pazarlama modelinin amacı, pazarlama girdi

değişkenlerinin sonuç üzerinde etkisini değerlendirmede yöneticiye rehberlik etmek ve onun karar almasını kolaylaştırmaktır. Pazarlama yöneticisinin amacı, işletmenin hedefleri doğrultusunda alıcı davranışlarını değiştirmektir.

Sonuç olarak, bütün pazarlama modelleri birtakım varsayımlar temeli üzerine kurulur. Bu varsayımlar, gerçek pazarlama dünyası ile tam olarak uygunluk göstermez. Genellikle bu varsayımlar mevcut bir pazarlama durumunu basitleştirmek için kullanılır. Bu nedenle, modeller, pazarlama faaliyetlerini tam olarak tanımlayamazlar. Ayrıca, matematik modeller ne kadar kusursuz olursa olsun, eğer varsayımlar yanlış ise doğru sonuçlara ulaşamayacaktır.

Bu bağlamda oluşturulan pazarlama modellerinin güvenilirlik ve tutarlılık açısından bir bütün olarak test edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bunun için de modeli bir bütün olarak test edebilen güçlü bir model test etme yöntemi olan Yapısal Eşitlik Modeli söz konusudur. Bu makalede, Yapısal Eşitlik Modeli ayrıntılı bir şekilde kavramsal düzeyde incelenecektir.

3. KAVRAM OLARAK YAPISAL EŞİTLİK MODELİ

YEM temellerini, 80 yıl önce Chicago Üniversitesinden biyolog Sewall Wrigt tarafından bulunan yol analizinden (path analysis) alır. Sewall doğrusal (linear) ilişkilerin yol (path) ve yol katsayısı (path coefficient) ile temsil edilebileceğini göstermiştir. Fakat bu fikrin iki temel noksanı vardı. Bunlar (HUI, 2003):

- Varsayılan nedensel ilişki yapısının yani teorik varsayımın deneysel veriler ile uyumluluğunun istatistiksel olarak tespit edilmemesi,
- Nedensel iddialar ile olasılık dağılımı arasındaki ilişkinin açıklanmasındaki eksikliklerdi.

YEM, birden fazla regresyon analizini bir arada yapan genel regresyon analizinin bir uzantısı olup geleneksel modellerin testinde kullanılabilmektedir. Fakat farklı olarak daha karmaşık ilişkilerin ortaya çıktığı durumlarda da (doğrulayıcı faktör analizi, zaman serileri vb.) yararlı olan bir metottur (INFORMATION TECHNOLOGY SERVICES, 2004). İlgili alanı gizil değişkenler tarafından temsil edilen teorik yapılarıdır. Temel olarak faktör analizi ve regresyon analizinin birleşimidir. Teorik yapıya göre oluşturulan tahmini kovaryans matrisinin gözlenen verilerin kovaryans matrisine uygunluğunu irdeler (HOX and BECHGER, 1995). YEM, regresyon analizine daha çok benzemekle birlikte, etkileşimleri modelleyen, doğrusal olmayan durumlarla başedebilen, bağımsız değişkenler arası korelasyona izin veren, ölçüm hatalarını modele dahil eden, aralarında korelasyon olan ölçüm hatalarını dikkate alan ve her biri birden fazla gözlenen değişkenle ölçülen çoklu bağımsız ve bağımlı gizil değişkenler arası ilişkileri ortaya koyan ve test eden çok güçlü bir istatistiksel tekniktir. Birçok çok değişkenli istatistik yöntemleri açıklayıcı (exploratory) özellik

taşıırken YEM, doğrulayıcı (confirmatory) bir yapı arz eder. Bu da hipotez testinde YEM'in üstün tarafını ortaya koyar. Aynı zamanda diğer çok değişkenli istatistik türleri hata ölçümlerini (measurement error) tayin edemez ve bunu düzeltemezken YEM hemen hemen bütün ölçüm parametrelerini işleme dâhil eder ve sonucu buna göre gerçekleştirir (ANDERSON, 2004). YEM üç farklı yaklaşımı içerir. Bunlar;

1. Tam manasıyla doğrulayıcı yaklaşım: Gözlem sonucu elde edilen verilerin varyans-kovaryans matrislerinin araştırmacı tarafından oluşturulan yapısal modelin varyans-kovaryans matrisleri ile uyumunun YEM uyum iyiliği testi kullanılarak ölçülmesi anlamına gelir. Fakat test edilmeyen diğer bazı modellerde araştırmacının uyum iyiliğini ölçtüğü model kadar iyi uyum gösterebilir. Bu yaklaşımda araştırmacı sadece kurduğu modelin doğrulanamaz olmadığını ispatlamış olur.

2. Alternatif model yaklaşımı: Bu yaklaşımda birden fazla model hangisinin gözlenen verilere daha iyi uyum sağlayacağı açısından değerlendirilir. Bu yaklaşımın sınırlılığı literatürdeki özel konularda gerçek hayattaki olayları yansıtan birden fazla model bulmanın zorluğudur.

3. Model geliştirme yaklaşımı: Pratikte çoğu YEM bu yaklaşımı kullanır. Araştırmacı YEM'i kullanarak bir modeli test edip modelin yetersiz olduğunu tespit ederse YEM değişiklik indislerini (modification indices) (YEM programları tarafından modelde yapılması önerilen değişiklikler) kullanarak modelde farklılıklara gider ve iyilik uyumunu sağlamaya çalışır. Bu yaklaşımın dezavantajı uyum sağlayan modelin kararlı olmaması yani elde edilecek yeni verilere uymama olasılığıdır. Bu dezavantajı yok etmek için çapraz geçerlilik (cross validation) stratejisi kullanılır. Yani model farklı iki grup üzerinde ayrı ayrı test edilir.

Kısaca YEM, faktör analizi, regresyon analizi, kovaryans analizi, korelasyon analizi vb. diğer çok değişkenli istatistiklerin karması olan ve bunları birleştiren bir metottur (GARSON, 2004).

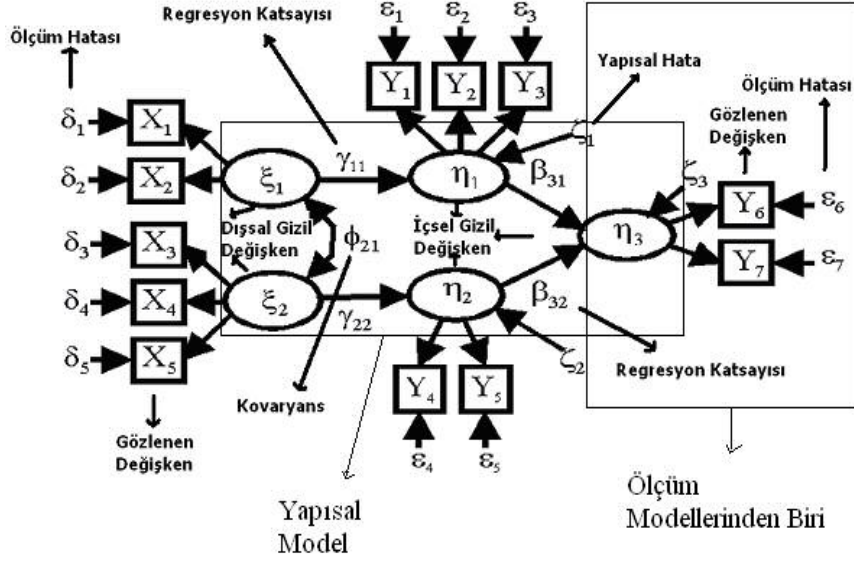
4. YAPISAL EŞİTLİK MODELİNİN GÖSTERİM MATRİSİ VE ŞEKLİ

YEM birkaç değişik istatistiksel yaklaşımı birleştiren veya bu yaklaşımları temsil eden bir istatistiksel metottur. YEM, Uppsala Üniversitesi'nden Karl Jöreskog tarafından popüler edilen ve en çok kullanılan aşağıdaki matris eşitliği çerçevesinde bilinir (RIGDON, 2004):

$$\begin{aligned} \eta_{(m \times 1)} &= B_{(m \times m)} * \eta_{(m \times 1)} + \Gamma_{(m \times n)} * \xi_{(n \times 1)} + \zeta_{(m \times 1)} \\ y_{(p \times 1)} &= \Lambda_{y(p \times m)} * \eta_{(m \times 1)} + \varepsilon_{(p \times 1)} \\ x_{(q \times 1)} &= \Lambda_{x(q \times n)} * \xi_{(n \times 1)} + \delta_{(q \times 1)} \end{aligned}$$

Fakat uygulamada bu matris eşitliğinden çok aşağıdaki gibi grafiksel olarak temsil edilir. Aşağıda YEM'in bileşenlerinin açıklaması alt başlıklar halinde verilmektedir.

Şekil 1: Yapısal Eşitlik Modeli



4.1. Gizil Yapı (Latent Construct)

YEM'de ilgi konusu olan anahtar değişkenlerden (gizil değişkenler) oluşmuş yapıya "Gizil Yapı" denir. Psikolojideki zekâ ve davranış gibi soyut kavramlar gizil değişkenlere örnek olarak verilebilir. Gizil değişkenler (latent variables) doğrudan gözlenebilen değişkenler (manifest variables, indicator) aracılığıyla ölçülebilir. YEM, iki tip gizil değişken türü içerir; içsel (endogenous) ve dışsal (exogenous) gizil değişkenler. Bu iki tür değişken model içindeki gizil yapıda bağımlı veya bağımsız değişken olma durumlarına göre ayrılırlar. Dışsal gizil değişkenler gizil yapıda bağımsız değişken durumundadırlar, yani şekil itibariyle bunlara diğer gizil değişkenlerden yol okları gelmez ama bu dışsal gizil değişkenlerden diğer değişkenlere yol okları gider. Yani bunlar içsel gizil değişkenlerin tahmin edicisi durumundadırlar. Bazı gizil değişkenler diğer gizil değişkenlerin tahmin edicisi durumundayken aynı zamanda diğer bir gizil değişkene göre de tahmin edilen değişken durumunda olabilirler, dolayısıyla hem bağımlı hem de bağımsız gizil değişken özelliği içerebilirler. Bu tür gizil değişkenler kesinlikle dışsal gizil değişken olamazlar, çünkü dışsal gizil değişkenler sadece bağımsız değişken pozisyonunda olabilirler ve onlara doğru hiçbir zaman yol okları gelmez tam tersine bu tip değişkenlerden diğerlerine yol okları çıkar. Hem bağımlı hem de bağımsız değişken özelliği gösteren gizil değişkenler de içsel gizil değişkenler olarak adlandırılırlar. Fakat dışsal gizil

değişkenlere iki başlı yol oku gelebilir, bir başka deyişle diğer bir gizil değişkenle arasında kovaryans olabilir. Dışsal gizil değişkenler ξ ile gösterilirken içsel gizil değişkenler de η ile gösterilir. Gizil değişkenler oval içinde gösterilirken gözlenen değişkenler kare veya dikdörtgen içinde ifade edilir. Dışsal gizil değişkenlerde ölçüm hatası olmaz. Çünkü hiçbir zaman bağımlı değişken durumunda değildirler. İki gizil değişken arasında kovaryansın olması bunların bir veya daha çok gözlenen değişkenlerinin korelasyon içinde olduklarını gösterir (HOX and BECHGER, 1995)(Şekil 1).

4.2. Yapısal Model ve Yapısal Hata

YEM’de yapısal model gizil değişkenler arasındaki ilişkiyi içerir. Bu ilişki temel olarak doğrusaldır. Fakat YEM sistemi, doğrusal olmayan ilişkileri de modele katmaya elverişlidir. Bu tür ilişkiler modelde iki başlı okla gösterilir ve değişkenler arası kovaryansı ifade eder (model tarafından açıklanamayan paylaşılan varyans). YEM’de dışsal gizil değişkenler arasında kovaryansa izin verilir ve ϕ (Φ) işaretiyle gösterilir. Bu dışsal gizil değişkenlerin model dışındaki genel tahmin edicilerinden kaynaklanan bir durumdur. Şekil 1’de görüldüğü gibi dışsal gizil değişkenin içsel gizil değişken üzerindeki yol katsayısı γ (γ) işaretiyle gösterilirken içsel gizil değişkenlerin kendi aralarındaki yol katsayıları β (β) ile gösterilir (YU, 2004).

Standardize yol katsayısı: Standardize olmuş veriler (korelasyon veya kovaryans matrisi) üzerinden hesaplanan regresyon katsayılarıdır. Bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki göreceli etkisini gösterir. Örneğin bir yol katsayısının standardize değerinin 2 çıkması bağımsız değişkendeki 1 standart birimlik bir artışın bağımlı değişken üzerinde 2 standart birimlik bir artış meydana getireceğini gösterir. Yol katsayılarının anlamlılığına ilişkin olarak kritik değer $z > 1.96$ ise 0.05 anlamlılık düzeyinde regresyon katsayıları anlamlıdır.

Standardize olmamış yol katsayısı: Ham veriler veya kovaryans matrisleri üzerinden hesaplanır. Farklı varyanslara sahip farklı grupların karşılaştırılmasında kullanılır. Aynı değere sahip standardize olmamış iki regresyon (yol) katsayısı gerçek etki bakımından aynıdır. Standardize olmamış yol katsayısı değerlerinin anlamlılığı standardize yol katsayılarının anlamlılığı gibi ölçülür (GARSON, 2004).

YEM’de dışsal gizil değişkenlerin içsel gizil değişkenleri tahmin etmesi kusursuz değildir ve bu içsel gizil değişkenler üzerinde yapısal hatanın oluşmasına neden olur. Yapısal hata gözlenen değişkenlerdeki ölçüm hatalarının aynısıdır, tek farkı gizil değişkenler arasında olmasıdır. İçsel değişkenlere okla yönelen zeta (ζ) karakteriyle ifade edilir. Tutarlı bir parametre tahmini için bu yapısal hataların dışsal gizil değişkenlerle ilişkisiz olması gerekmektedir. Diğer taraftan yapısal hatalar diğer yapısal hatalarla ilişkili olabilir. Bu ise yapısal değişkenlerin modeldeki tahmin edici ilişkiler tarafından açıklanamayan ortak paylaşılan bir varyansa sahip olduklarını gösterir (FLESHANDBONES, 2004).

4.3. Ölçüm Modeli ve Ölçüm Hatası

YEM’de her bir gizil değişken çoklu ölçümlerle ilişkilendirilmiştir. Gizil değişkenler gözlenen değişkenlere faktör analizi metoduyla bağlıdır. Bilindiği gibi faktör analizi, değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyerek bu değişkenlerin ortak olarak açıkladıkları faktör adlı özet değişkenleri bulmaya yarayan bir metottur. YEM’de gözlenen değişkenler vasıtasıyla gizil değişkenler ölçülebildiğinden dolayı gözlenen değişkenlerin gizil değişkenleri ne kadar açıklayabildikleri önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Açıklayıcı faktör analizi (explanatory factor analysis) YEM’de kullanılmaz, bunun yerine doğrulayıcı faktör analizi (confirmatory factor analysis) tercih edilir. Her bir gizil değişkenin kendisinin ölçümüne katkı sağlayan gözlenen değişkenler tarafından ne kadar ve ne doğrulukta açıklandığı YEM tarafından dikkate alınan bir husustur. Gizil değişkenlerle bu gizil değişkenlerin gözlenen değişkenleri arasındaki ilişkilere “ölçüm modeli” denir ve doğrulayıcı faktör analizi yardımıyla YEM’e dâhil edilir. Her bir gözlenen değişken ancak bir gizil değişkenin açıklayıcısı durumunda olabilir. Ölçüm modelinde dışsal gizil değişkenlerin gözlenen değişkenleri X, içsel gizil değişkenlerin gözlenen değişkenleri ise Y harfiyle gösterilir (PUGESEK vd., 2003).

Ölçüm modelinde gizil değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişki irdelenir. Model bir bütün olarak test edilmeden önce mutlaka ölçüm modellerinin doğrulayıcı faktör analizi ile kontrol edilmesi gerekir. Doğrulayıcı faktör analizi vasıtasıyla:

- Gizil değişkenler ile bunların gözlenen değişkenleri arasındaki ilişki belirtilir,
- Gözlenen değişkenlerin gizil değişkenleri gerçekte ne kadar doğru bir şekilde ölçtüğü gözlemlenir,
- Hangi gözlenen değişkenin ilgili gizil değişkeni daha iyi ölçtüğü tespit edilir.

Gizil değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişki faktör yükleriyle tarif edilir. Bu faktör yükleri gözlenen değişkenlerin gizil değişkenleri ölçebilme yeteneği hakkında bilgi verir ve bir geçerlilik katsayısı görevini görür (faktör yüklerinin karesi ile ölçüm hatasının karesi toplamı faktör analizinde olduğu gibi 1’e eşittir).

Ölçüm hatası, gözlenen değişkenin ne kadarlık bir kısmının gizil değişken tarafından açıklanamadığı hakkında bilgi verir ve güvenilirlik ölçüsü olarak kullanılır (ölçüm hatasının düşük çıkması istenir) (ANDERSON, 2004).

Ölçüm hatası, bir gizil değişkenin gözlenen değişkeni üzerindeki açıklayamadığı varyansı belirtir. YEM, ölçüm hatalarını dikkate alarak ve bunları modelde göstererek sonuca varır. Gizil değişkenleri ölçmek için kullanılan gözlenen değişkenler gerek geçerlilik, güvenilirlik ve gerekse örnek büyüklüğünden kaynaklanan sorunlar nedeniyle hata içerebilirler. Regresyon analizinde bu hata terimleri ölçüme dâhil edilemez fakat YEM

doğrulamayı faktör analizi vasıtasıyla bu hata terimlerini belirler ve modele dâhil eder. Dışsal gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenlerin ölçüm hataları delta (δ) işaretiyle gösterilirken içsel gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenlerin ölçüm hataları epsilon (ϵ) ile ifade edilir. Ölçüm hatalarının büyük olması regresyon katsayılarının güvenilirliğini azaltır. Bir gizil değişkenin sadece bir gözlenen değişkeni varsa bu durumda ölçüm hatası modellenemez, 0 kabul edilir. Bir gözlenen değişkenin artık değerini bilmek diğer bir gözlenen değişkenin artık değerini bilmeye yardım ediyorsa bu artık değerleri temsil eden ölçüm hataları arası korelasyon vardır. Meselâ, toplum tarafından genel kabul görmüş bir soruya alınan cevap yine toplum tarafından genel kabul görmüş benzer bir soruya alınacak cevabın tahmin edilmesini kolaylaştırır. Bu durumda ölçüm hataları arasında korelasyon vardır denilir (GARSON, 2004).

5. YAPISAL EŞİTLİK MODELİNİN ÖZELLİKLERİ

Genel itibarıyla bakıldığında YEM, bazı genel karakteristiklere sahiptir. Kısaca bunlar (SFSU, 2004):

- Hipotezlerdeki ilişkilerden kaynaklanan ölçüm hatalarının etkilerini kontrol altına alarak teorik modeldeki regresyon katsayılarının ölçümüne olanak sağlar,
- Deney sonucu elde edilen verilerle teorik modelin uygunluğunun bir bütün olarak test edilmesi mümkündür,
- Ölçüm hatalarıyla ilgili farklı tahminleri test etme imkanı sağlar,
- Farklı faktör yapıları test edilebilir ve farklı gruplarla karşılaştırma yapılabilir. Bu şekilde değişik teorik modelleri deneme ve bunlardan hangisinin elde edilen verilere daha uygun olduğunu belirleme fırsatı verir,
- Diğer metodların yapamadığı aynı anda çok fazla regresyon analizini bir çatı altında birleştirebilir,
- YEM standart olmayan modellerin testine imkân tanır. Zaman serileri analizinde olduğu gibi ölçüm hatalarının otokorelasyonuna izin vererek test edebilir,
- Gizil değişkenlerin arasındaki ilişkileri belirlemeye imkân verir,
- Değişkenler arası dolaylı ve dolaysız etkileri ve toplam etkiyi gösterir,
- Her bir gizil değişkene birden fazla gözlenen değişken atayarak ve güvenilirliği test ederek aynı zamanda doğrulamayı faktör analizini kullanarak ölçüm hatasını minimize eder,
- Modelin daha iyi anlaşılmasını sağlayan grafiksel ara yüzü vardır,
- Modeli yalnızca katsayılar aracılığıyla test etmekle kalmayıp, modeli bir bütün olarak test edecek donanıma sahiptir,

- Sebep-sonuç ilişkileri arasına giren arabulucu değişkenleri açıklayabilme özelliği vardır.

6. YAPISAL EŞİTLİK MODELİNİN VARSAYIMLARI

YEM, diğer birçok istatistik testinde olduğu gibi bazı varsayımlara dayanır. Fakat uygulamada bu varsayımların hepsinin karşılandığını görmek zordur. Bunlar;

- Veriler sürekli ve normal dağılım göstermelidir. Her bir gözlenen değişken diğer gözlenen değişkenlerin her bir değerinde normal dağılım göstermelidir. Çok değişkenli normal dağılımdan (multivariate normality) ufak sapmalar olsa bile bu durum ki-kare değerinin büyük çıkmasına ve anlamlı olmasına neden olacaktır, dolayısıyla model doğru olsa bile reddedilecektir. Ayrıca diğer uyumluluk indekslerinin de yanlış sonuçlar vermesine neden olacaktır. Bunun yanı sıra çok değişkenli normal dağılım olmadığında modeldeki ölçüm hataları normalde olmaları gereken değerlerden daha düşük değerler alacak ve sonuç olarak yol katsayıları olmaları gerekenden daha fazla anlamlılık değerine ve gücüne sahip olacaklardır. Ordinal ve nominal ölçekli değişkenlerle model kurmanın sonucu bu kural ihlal edilebilir. Çok değişkenli normal dağılım kuralı YEM'in temel tahmin etme yöntemlerinden birisi olan maksimum benzerlik tahmini yönteminin (maximum likelihood estimation) en önemli varsayımdır (özellikle içsel gizil değişkenlerin çok değişkenli normal dağılımını gerektirir). Ayrıca YEM'in bu varsayımı gerektirmeyen tahmin etme yöntemleri de bulunmaktadır. Uygulamada sıkça ihlal edilen bir varsayımdır.
- Teorik yapılar için çoklu ölçümler yapılmalıdır. Yani her gizil değişken birden çok (ideal olarak da 3) gözlenen değişkenle ölçülmelidir. Eğer bir faktör yalnızca bir gözlenen değişken tarafından ölçülürse bu durumda ölçüm hatası modellenemez çünkü ölçüm hatası tespit edilemez. İki gözlenen değişkenle ölçülen faktörlerde ise düşük belirlenme sorunu oluşur ve model çözülemez. Yaygın kullanım şekli her bir faktör başına en az üç gözlenen değişken kullanmaktır.
- Bentler, Chou ve Stevens'a göre YEM'de her parametre başına en azından 15 örnek büyüklüğü gereklidir. Loehlin'e göre ise 3-4 gizil değişkenin olduğu durumlarda en azından 100 ve daha iyi sonuç için ise 200 örnek büyüklüğü kullanılmalıdır. Örnek büyüklüğünün küçük olması YEM programlarının uygun sonuçlar vermesini engelleyecektir (gözlenen değişkenlere ait eksi değerli ölçüm hataları, parametre tahminlerinde özellikle standart hatalarda düşük doğruluk oranları vb). Özellikle YEM, verilerin normal dağıldığını varsaydığından verilerin çarpık, tanımlanmamış veya heterojen olduğu durumlarda daha büyük bir

örnek büyüklüğünü gerektirmektedir (INFORMATION TECHNOLOGY SERVICES, 2004).

- YEM, gözlenen değişkenler ile gizil değişkenler arası ve gizil değişkenlerin kendi arasında doğrusal ilişkiler olduğunu varsayar. Regresyon analizinde olduğu gibi orijinal verilerin üssel ve logaritmik dönüşümlerini modele eklemek mümkündür. Bunlar dışsal gizil değişkenler arasındaki analiz edilemeyen korelasyon manasına gelen çift başlı eğik ok (kovaryans) ile gösterilebilir. Lojistik regresyonda olduğu gibi maksimum benzerlik tahmin yöntemi doğrusallık varsayımını gerektirmemektedir.
- YEM, içsel gizil değişkenlerin normal dağılmış bir artıkla (residual) sürekli bir dağılım gösterdiğini varsayar. YEM, artıkların tek değişkende normal dağılması varsayımı yerine değişkenlerin bileşiminde artıkların normal dağıldığını varsayar. YEM, araştırmacıları normal olarak dağılmayan değişkenler için bu varsayımın pratikte karşılanamayacağını düşünerek buna alternatif kabullenmeler ileri sürmüşlerdir. Meselâ Likert ölçeğinin kendi içinde sürekli değişkenler üreten bir ölçüm aracı olmasının kabullenilmesi gibi.
- YEM’de her bir eşitlik uygun bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. Belirlemenin manası YEM’de her bir parametre tahmininde en azından bir tek çözümün olmasıdır.
- Eksik verilerin olması modelin sonucunu etkileyecektir. Genelde veriler SPSS veya Excel gibi programlarda girilir ve daha sonra YEM programlarına aktarılır. SPSS ve diğer programlar eksik verili örneğin tamamını silmek veya bunun yerine eksik veriyi ortalamaya yakın bir değerde yerine tahmini değer koymak gibi eksik verilerle baş edebilme yöntemlerine sahiptirler. Eksik verili örnek sayısı tüm örnek büyüklüğünün %5’inden daha az ise her ne kadar model ölçümünün gücünü azaltacak olsa da örneklerin silinmesi uygun olabilir. Fakat bu sayı %5’in üzerinde ise maksimum benzerlik tahmin yönteminin kullanılması sorunu giderecektir.
- YEM analizi sonucu olumlu çıkarsa bu durum toplanan verilerin teorik modeli geçici olarak doğruladığı anlamına gelir. Aynı verilerle aynı doğruluk oranını veya daha iyisini veren modellerin bulunması muhtemeldir. Veya ikinci bir örnek kütlede alınan veriler modeli reddedebilir. Dolayısıyla YEM sonucu, aynı diğer istatistik metotlarında olduğu gibi (regresyon, ANOVA, faktör vb.) toplanan (gözlenen) veriler için doğrudur. Dolayısıyla YEM’de “model kabul edildi” ifadesi yanlıştır, bunun yerine “model reddedilmedi” ifadesi kullanılmalıdır. Modele dâhil edilen örnek büyüklüğü arttıkça veya çok farklı zaman ve farklı deneklerden alınan örnekler arttıkça modelin geçici kabulü gerçek anlamda kabul edilme sonucuna doğru gidebilir. Dolayısıyla YEM’de, modelin verilere uygun olarak gelişmesi modelin geçici

olarak kabul edilmesine neden olurken, verilere uymayan model kesinlikle reddedilir (SFSU, 2004).

7. YAPISAL EŞİTLİK MODELİNDE POTANSİYEL PROBLEMLER

Bazı durumlarda YEM yanlış sonuçlar verir. Dikkat edilmesi gereken bu hususlar aşağıda belirtildiği gibidir:

- Yetersiz teorik bilgiyle YEM'in kurulması,
- Varsayımlara aykırı verilerin elde edilmesi,
- Etkileşimlerin muhtemel durumlarının modellenmesinde hata yapılması,
- Modelin değişkenler arası doğrulanmış teorik bilgi üzerine inşa edilmemesi,
- Modelde tümevarım ve tümdengelim arasındaki ayırımın yapılamamış olması,
- YEM'de regresyon analizinde olduğu gibi bir sebep-sonuç ilişkisi vardır ve bu ilişki araştırmacı tarafından ileri sürülür. İstatistiğin kendisi yalnızca bunlar arasındaki korelasyon veya kovaryansı verir. Dolayısıyla analizden yanlış sebep sonuç ilişkisi çıkarılması yani yanlış yorumlama olasılığı vardır (STATSOFT, 2003).

8. YAPISAL EŞİTLİK MODELİ SÜRECİ

Yapısal eşitlik modeli belirli bazı süreçlerden geçilerek gerçekleştirilir. Süreçlerin atlanması yanlış çözümlere veya çözümsüzlüğe neden olur. Bu süreç, aşağıda alt başlıklar halinde incelenecektir.

8.1. Model Kurma Aşaması

Bu aşamada ölçüm modeli ve yapısal model oluşturulur. İlk önce gizil değişkenlerle ilgili olan ölçüm modeli oluşturulur ve bu ölçüm modelinin ne kadar doğru olduğu doğrulayıcı faktör analizi yardımıyla belirlenir. Daha sonra gizil değişkenler arasındaki ilişkiler oluşturulur. Henüz bu aşamayı gerçekleştirebilecek bir bilgisayar programı yoktur. Çünkü bu aşamada araştırmacı daha önceki bilgilerine ve literatüre dayanarak modeli kendisi oluşturur. Bilgisayar programları bu aşamadan sonra devreye girer ve oluşturulan modeli test eder. Bu aşama YEM'in en önemli aşamasıdır. Bu aşamada meydana gelecek en ufak bir hata YEM'in yanlış sonuç vermesine neden olacaktır (FLESHANDBONES, 2004).

8.2. Modelin Belirlenmesi

YEM'de her bir eşitlik uygun bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. Belirlenmenin manası, YEM'de her bir parametre tahmininde en azından bir tek çözümün olmasıdır. Eğer her bir parametre için yalnızca bir tek çözüm mevcutsa buna "tam belirlenebilir" (just identified), her bir parametre için

sonsuz sayıda parametre tahmini olanaklıysa “az belirlenebilir” (under identified), her bir parametre için birden fazla parametre tahmini mümkünse buna da “aşırı belirlenebilir” (over identified) model denilir. Meselâ $x+2y=7$ eşitliğinde sonsuz sayıda x ve y çözümü mevcuttur. Bu eşitlikte bilinenden çok bilinmeyen mevcuttur (az belirlenebilir bir model). $x+2y=7$ ve $3x-y=7$ eşitlikleri göz önüne alındığında bilinen kadar bilinmeyen mevcuttur. Çünkü bu eşitliklerden $x=3$ ve $y=2$ sonucu ortaya çıkar, dolayısıyla bu eşitlik tam belirlenmiştir. Eğer bu iki denklemdeki x belirli bir sayıyla sınırlandırılırsa (mesela $x=1$ denilirse) bu durumda y değeri 3 ve -4 çıkar. Yani birden fazla ama sonsuz sayıda olmayan sonuçlar oluşur. Bu durumdaki eşitliğe de aşırı belirlenmiş denilir (INFORMATION TECHNOLOGY SERVICES, 2004). Araştırmacılar kullandıkları modellerin aşırı belirlenmiş olmasını isterler. Az belirlenmiş veya tam belirlenmiş modellerle çalışmak olanaksızdır.

Model yapısının belirlenmesinde öncelikle matrisin çözülebilir olup olmadığına bakılır. Yani deneysel verilerden bilinmeyen parametreler hakkında sonuca ulaşmak için yeterli bilgi olup olmadığına bakılır. Eğer n gözlenen değişken sayısı olarak kabul edilirse $s=n.(n+1)/2$ tane modelde korelasyon veya eşitlik sayısı vardır. Eğer t bilinmeyen parametre sayısı ise $t < s$ olmalıdır. Bu durumda serbestlik derecesi $sd > 0$ olur (aşırı belirlenmiş model)(DEMEROUTI, 2004).

Modelde bilinen örnek momenti serbest parametre sayısından az ise bazı parametrelerin belirli bir sayıya (genelde 1'e) eşitlenmesi (fix) veya varyansları eşit olan bazı parametrelerin birbirlerine eşitlenerek sınırlandırılması (constrain) gereklidir. Bu sayede serbest parametre sayısı azaltılarak modelin az belirlenmiş olması engellenebilir (FLESHANDBONES, 2004).

Kurulan teorik model az belirlenmiş veya tam belirlenmiş çıkarsa bunu gidermenin bazı yolları vardır. Bunlar (MELS, 2004):

- Geri bildirim döngülerinin ve karşılıklı etkilerin elimine edilmesi,
- Bazı katsayıların sabitlenerek tahmin edilecek parametre sayısının azaltılması,
- Bir katsayının sıfıra eşitlenmesi anlamına gelen bazı yön okların modelden çıkartılarak modelin basitleştirilmesi,
- Bazı değişkenlerin modelden çıkarılarak modelin sadeleştirilmesi,
- Diğer değişkenlerle yüksek derecede çoklu bağlantı içinde olan değişkenlerin modelden çıkarılması,
- Fazladan dışsal gizil değişken eklenmesi,
- Gizil değişken başına en az 3 gözlenen değişken kullanılması,
- Verilerin tam olmasına dikkat edilmesi (en fazla % 5 eksik veri),
- Maksimum benzerlik tahmini yöntemi kullanılacaksa YEM programının yineleme (iterative) sayısının artırılması.

8.3. Model Uygunluğunun Ölçümü

Önceden belirlenen modelin (teorik) elde edilen veriyi ne kadar iyi açıkladığı uyum iyiliği indeksleri ile belirlenir. Uyum iyiliği testleri modelin kabul ve red edilmesi kararının verildiği aşamadır. Eğer modelin tamamı uyum iyiliği testleri sonucunda reddedilirse model içindeki katsayıların veya parametrelerin bir önemi kalmaz ve bunlar değerlendirilmez. Öncelikle bir modelin tamamının (overall) kabul edilmesi gerekir, bunun ardından katsayıların anlamlılığı irdelenebilir. LISREL programı 15 adet ve AMOS programı ise 25 adet uyum iyiliği testine yer vermektedir. Genelde bu uyum iyiliği indekslerinden en az 4 en fazla 8 tanesi açıklanırken kullanılır. En çok kullanılan indeksler Chi square, GFI, NFI, CFI, NNFI, SRMR, AGFI, TLI, RMSEA'dır. Buna rağmen araştırmacılar arasında henüz hangi testleri kullanılması ve rapor edilmesi gerektiği konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Fakat genel kabul görmüş bir yaklaşım vardır ki, o da testlerin hepsini veya çoğunu kullanmanın doğru bir yaklaşım olmadığıdır. Uyum iyiliği testlerinin yüksek çıkması ve modelin kabul edilmesi modeldeki değişkenler arasındaki ilişkilerin kuvvetli olduğu anlamına gelmez. Tam tersine değişkenler arasındaki korelasyonların düşük olması modelin daha iyi uyum sağlamasına neden olacaktır (diğer taraftan korelasyonların düşük olması değişkenler arası yol katsayısının düşük değerde olmasına neden olacaktır). Bundan dolayı uyum iyiliği testlerinden sonra parametrelerin incelenmesine dikkat edilmelidir.

Uyum iyiliği testinin yüksek çıkması modelin bütün parçalarının iyi uyum sağladığı anlamına gelmez. Modelin ölçtüğü olgunun aynısını ölçen başka eşitlikler veya modeller de aynı uyum düzeyine sahip sonuçlar verebilir. Dolayısıyla uyum iyiliği modelin iyi bir model olduğunu ispatlamaz ama kötü bir model olduğunu kesinlikle ispatlar. Ayrıca uyum iyiliğinin düşük çıkması modelin yapısal olarak kesin bir şekilde kötü kurulduğu anlamına gelmez. Ölçüm modelinin iyi belirlenmemesi de bu olumsuz sonucu meydana getirebilir. Uyum indeksleri konusu henüz gelişme aşamasında olan bir alandır. Her bir uyum indeksinde belirli bazı kritik limit noktaları vardır. Ama bunlar kesin olmayıp birer kabullenmedir. Yeni gelişmekte olan alanlarda oluşturulan bir modelin uyum iyiliği indekslerinin kritik limitlerin altında kalması normaldir. Meselâ CFI en az .90 olmalıdır. Buna rağmen gelişmekte olan bir alandaki 0.85'lik bir CFI değeri de kabul edilebilir.

8.3.1. Gözlenen ve Tahmin Edilen (Teorik) Kovaryans Yapılarına Dayalı Uyum İyiliği Testleri

Gözlenen ve tahmin edilen kovaryans yapılarına dayalı uyum iyiliği testleri istatistik programlarındaki İngilizce adları baz alınarak aşağıda belirtilmiştir:

Chi Square Index: Orijinal değişken matrisinin varsayılan matristen farklı olup olmadığını test eder. Bu test regresyon katsayılarının işaretine ve anlamlılık düzeyine bakar ve modelin ayrı ayrı parçaları hakkında bilgi verir. Aynı zamanda bu testle modelin tamamının doğruluğu

da ölçülebilir. Bu testte normal ki-kare testinin tersi olarak ki-kare değerinin mümkün olduğunca düşük olması arzulanır. Ki-kare testi normal kullanılışında gözlenen verilerle tahmin edilen veriler arasındaki farkı test eder. Diğer istatistik testlerinde sıfır hipotezi gözlenen verilerle tahmin edilen veriler arasında bir ilişki yoktur şeklindedir ve bu testlerde H_1 hipotezinde ilişki vardır sonucu aranmaktadır. Dolayısıyla ki-kare değerinin anlamlı çıkması ve değer büyük olması arzulanır ki H_1 hipotezi kabul edilebilsin. Diğer taraftan YEM'de gözlenen verilerle teorik veriler arasındaki fark araştırılırken arada bir farkın olmaması arzulanır ki model verilere uygun ve doğrulanabilir olsun. Dolayısıyla YEM'de sıfır hipotezinin kabul edilmesi istenir. Bu nedenle ki-kare değerinin anlamsız ve değer olarak küçük bir rakam çıkması arzulanır. Ki-kare değerinin anlamsız çıkması modelin kabul edildiği anlamına gelmez, diğer bazı uyum iyiliği testlerinin (özellikle örnek büyüklüğünden etkilenmeyen testlerin) de uygulanması gerekir.

Ki-kare testindeki serbestlik derecesi örnek momenti ile serbest parametre sayısı arasındaki farktır. Yani örnek momenti = $n(n+1)/2$ (n: gözlenen değişken sayısı) ve serbest parametreler ise sınırlanmamış veya sabitlenmemiş bilinmeyen parametrelerin hepsidir (gözlenen değişkenlerin varyansı, yol katsayıları, latent değişkenlerin varyansı vb) (FLESHANDBONES, 2004).

Aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı ki-kare testi tek başına bir modelin kabulü veya reddinde kullanılmaz (DEMEROUTI, 2004):

- Model ne kadar karmaşık olursa ki-kare değeri de o kadar uygun çıkar. Modelin karmaşıklığı ise YEM'de istenmeyen bir durumdur,
- Örnek büyüklüğünün fazla olduğu durumlarda büyük ihtimalle ki-kare modelin reddine karar verecektir. Büyük örnek hacminde gözlenen model ile mükemmel uyum sağlayan tahmini model arasındaki en ufak bir farklılık bile anlamlı çıkacaktır. Bu da doğru olma ihtimali olan bir modelin reddine neden olacaktır (II. tip hata),
- Ki-kare uyum indeksi çoklu doğrusal normallik varsayımının ihlâlüne karşı aşırı duyarlıdır. Bu varsayımın ihlâl edildiği durumlarda araştırmacılar Storra Bentler Chi Square endeksini kullanmalıdırlar.

Relative Chi Square Index: Bu test ki-kare'yi daha az örnek büyüklüğüne bağımlı hale getiren bir yöntem olup ki-kare'nin serbestlik derecesine bölümünden elde edilir. Bu değer 2:1, 3:1 aralığında olması gerekir. Bazı araştırmacılara göre ise 5 ve daha aşağı bir değer de modelin kabul edilebilmesi için yeterli sayılabilir. AMOS'ta bu değer CMIN/DF olarak verilir.

Satorra-Bentler Scaled Chi-Square: Satorra-Bentler Scaled Ki-Kare testi ki-kare'de verilerdeki basıklık nedeniyle ortaya çıkabilecek sapmaları engeller. Yani verilerin normal dağılım göstermediği zaman normal ki-kare yerine tercih edilmesi gereken testtir.

Goodness-Of-Fit Index (GFI): GFI, varsayılan modelce hesaplanan gözlenen değişkenler arasındaki genel kovaryans miktarını gösterir. Regresyon analizindeki R^2 gibi açıklanabilir. Aralarındaki fark R^2 (determinasyon katsayısı) hata varyansı ile ilgili iken GFI, gözlenen kovaryans yüzdesiyle ilgilidir. Örnek hacminin çok olması GFI değerini yükselterek doğru sonuç alınmasını önleyebilir. GFI değeri 0 ile 1 arasında değişir. GFI'nın .90'ı aşması iyi bir model göstergesi olarak alınmaktadır. Bu, gözlenen değişkenler arasında yeterince kovaryansın hesaplandığı anlamına gelmektedir.

Adjusted Goodness-Of-Fit Index (AGFI): GFI testinin yüksek örnek hacmindeki eksikliğini gidermek amacıyla kullanılan bir indekstir. Değeri 0–1 arasında değişir ve 0.90'ın üzerinde olması gerekir. Negatif değer alırsa bu durum örnek hacminin çok küçük olduğunu veya modelin son derece kötü bir uyum iyiliği gösterdiğini belirtir. 1'den büyük bir değer çıkarsa bunun anlamı da tam tanımlanmış bir modelin varlığına işaret eder. Düşük örnek hacminde kullanmak doğru değildir.

Root Mean Square Residual (RMS, RMSR veya RMR): Bu değer 0'a yaklaştıkça test edilen modelin daha iyi uyum iyiliği gösterdiği anlaşılır. Standardize edilmiş şekline SRMR uyum iyilik indeksi denir ve SRMR değeri de 0'a yaklaştıkça modelin uyum iyiliği artar.

Relative Non-Centrality Index (RNI): Ki-kare'de hem örnek büyüklüğü hem de model karmaşıklığından kaynaklanan yanılmaların önüne geçen bir indekstir ve 0.90'dan yüksek bir değer alması gerekir.

Centrality Index (CI): Modelin ki-kare'si, serbestlik derecesi ve örnek hacminin bir fonksiyonudur. Genelde 0.90 ve üzeri bir değere sahip olması gerekir.

8.3.2. İncelenen Model İle Alternatif Modelin Karşılaştırılmasına Dayalı Uyum İyiliği Testleri

Bu testler iki model karşılaştırıldığında yararlı olan göstergeleri verir. Önerilen modele alternatif model yoksa YEM programları karşılaştırma için sıfır hipotezi olan ve bağımsız (independence) model olarak adlandırılan ve modeldeki bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu yok sayan bir alternatif modelle karşılaştırma yapar (bağımsız modelin uyumu çok yüksektir).

Comparative Fit Index (CFI): Aynı zamanda Bentler Comparative Fit Index olarak da bilinir. Mevcut modelin uyumu ile gizil değişkenler arası korelasyonu ve kovaryansı yok sayan sıfır hipotez modelinin uyumunu karşılaştırır. Yani model tarafından tahmin edilen kovaryans matrisi ile sıfır hipotezli modelin kovaryans matrisini karşılaştırır. CFI, 0–1 arası değişen değerler alır. 1'e yaklaştıkça uyum iyiliğinin arttığını gösterir veya daha yüksek CFI'ya sahip modelin daha güçlü uyum içinde olduğunu vurgular. CFI, NFI'ya benzer ama aralarındaki fark CFI'nın örnek büyüklüğünden etkilenmesidir. CFI'nın kabul edilebilmesi için 0.90'ın üzerinde bir değer

alması gerekir (modeldeki kovaryans ve korelasyon matrisinin % 90'ının gözlenen veriler tarafından tekrar oluşturulabilme oranını ifade eder).

Incremental Fit Index (IFI): DELTA2 olarak da bilinir. Bazı koşullarda 1'in üzerinde değer alabilir bu durumda 1'e eşitlenir. 0.90'ın üstünde olmalıdır.

Bentler Bonett Index veya Normed Fit Index (NFI): DELTA1 olarak da bilinir. Bentler ve Bonett, karşılaştırmacı uygunluk indeksi adını verdikleri bir dizi test geliştirmişlerdir. Bu indeks varsayılan modelin temel ya da sıfır hipoteziyle olan uygunluğunu araştırır. Amaç varsayılan modelin kullanılmasıyla iyileşen uygunluk miktarını belirlemektir. Diğer bir deyişle sıfır hipotezinin uygunluğu ile karşılaştırıldığında varsayılan modeli kullanarak elde edilen uygunluktaki artış miktarını gösterir ve 0-1 arası değer alır. Bulunan değer 0.90 üzerinde olması gerekir ve 1'e ne kadar yaklaşırsa o kadar fazla uyum iyiliğine sahiptir. NFI'nın dezavantajı modeldeki parametre sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak artmasıdır bu da doğru olmayan bir modelin kabulüyle sonuçlanabilir.

Tucker Lewis Index veya Non-Normed Fit Index (NNFI): RHO2 olarak da isimlendirilir. NFI'nın dezavantajını gideren bir indeks olup parametre sayısının artırılmasından etkilenmemektedir. NNFI 0-1 arası değerlerle sınırlanmadığından non-normed olarak isimlendirilir. NNFI varsayılan model kullanılarak elde edilen serbestlik derecesi başına uygunluktaki artış miktarı olarak yorumlanır. Formülden de anlaşılacağı gibi ki-kare değeri ne kadar düşük çıkarsa NNFI indeksi o oranda yüksek çıkar. Bu indeksin yorumlanması NFI indeksindeki gibidir. İndeks değeri 1 değerinden yüksek çıkarsa 1'e eşitlenir. Eğer NNFI negatif çıkarsa bu modelin ya serbestlik derecesinin az olduğuna veya korelasyon ilişkilerinin zayıf olduğuna işaret eder. Örnek büyüklüğünden en az etkilenen indekslerden biridir. 0.95'in üzerinde olması gerekir.

Bollen86 Fit Index: 0.90'dan büyük bir değer almalıdır.

Relative Fit Index (RFI): RHO1 olarak da bilinir. 0-1 arası değişen değerler alır (bazen bu değerlerin dışına çıkabilir). 0.90'dan yüksek bir değer alması tercih edilir.

8.3.3. Gözlenen ve Tahmin Edilen Kovaryans Yapılarına Dayalı Fakat Parametre Sınırlandırmamayı Dengeleyici Uyum İyiliği Testleri

Her şey eşitken daha karmaşık yani daha fazla parametre ve yol katsayısı içeren modellerin uyum iyiliği daha yüksektir. Bu durum doğru olan bir modelin reddedilmesine ve yanlış olan bir modelin de kabul edilmesine neden olabilir. Dolayısıyla bu testlere ihtiyaç duyulur.

Parsimony Ratio (PRATIO): Varsayılan model ile sıfır hipotez modelinin serbestlik derecesinin oranlanmasından elde edilir. Tek başına bir uyum iyiliği testi olmaktan çok diğerlerinin yorumlanmasında kullanılır.

Parsimony Index: Bentler-Bonnett indeksinin parsimony ratio oranıyla çarpımına eşittir. 0.90'dan büyük olması beklenir.

Parsimony Goodness Of Fit Index (PGFI): GFI'nın bir varyasyonudur.

Parsimony Normed Fit Index (PNFI): NFI değeri ile parsimony oranının çarpımına eşittir.

Parsimony Comparative Fit Index (PCFI): CFI değeri ile parsimony oranının çarpımına eşittir.

Root Mean Square Error Of Approximation (RMSEA): Modelin uygun olabilmesi için RMSEA'nın 0.05 veya daha düşük bir değer alması gereklidir. RMSEA değeri 0.05 ile 0.08 arası bir değer alan modelin uyumu yeterlidir, 0.10 ve daha üstünde ise modelin uygunluğu zayıftır.

P Of Close Fit (PCLOSE): Bu indeks RMSEA'ya alternatif olarak geliştirilmiştir. PCLOSE değeri 0.05'den büyükse modelin uygun olduğu söylenebilir.

8.3.4. Bilgi Teorisi Üzerine Kurulu Uyum İyiliği Endeksleri

Bu tip indeksler daha çok maksimum benzerlik tahmin yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen modeller için uygundur. Literatürde fazla rastlanmamakla birlikte kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu indeksler için belirli bir alt limit yoktur. Genelde iki veya daha fazla model karşılaştırmalarında kullanılır ve en düşük değere sahip model kabul edilir.

Akaike Information Criterion (AIC): Bu indeksin belirli bir standart değeri yoktur ne kadar düşük olursa model o kadar uygundur denilir. Genelde iki model karşılaştırılırken en küçük AIC değerine sahip model kabul edilir. Yani daha çok model karşılaştırmalarında kullanılan bir indekstir. AIC, model karmaşıklığının olumsuz etkilerini engelleyen bir testtir. Varsayılan modelin kovaryans matrisi ile gözlenen kovaryans matrisi arasındaki farklılığı yansıtır. AIC değeri 0'a yakın olursa yüksek uyum iyiliğini gösterir. Ama asıl olarak farklılaştırılan iki model arasındaki uyum farkını gösterir (DEMEROUTI, 2004).

Expected Cross-Validation Index (ECVI): AIC testi gibi varsayılan model kovaryansı ile gözlenen kovaryans arasındaki farkı ölçer. Hiyerarşik olmayan model karşılaştırmalarında kullanılır. Daha düşük ECVI değeri daha iyi uyum anlamındadır.

MECVI: BCC'nin farklı bir versiyonudur. Değerlendirilmesi aynıdır.

Browne-Cudeck Criterion (BCC): 0.90'dan büyük olması iyi uyum iyiliğine işaretler.

Mcdonald Noncentrality Parameter Index (DK): Karmaşık modellerin ki-kare değerinde meydana getirdiği yanlış olumlu etkiyi gideren bir indekstir. 0.90'dan yüksek bir değer alması gerekir.

Consistent Akaike Information Criterion (CAIC): AIC indeksinin benzeri olup farklı olarak örnek büyüklüğünün meydana getirebileceği yanlış etkiyi de bertaraf eder.

Bayesian Information Criterion ((BIC), Akaike's Bayesian Information Criterion (ABIC), Schwarz Bayesian Criterion (SBC)): Model karmaşıklığının ve örnek büyüklüğünün ortaya çıkarabileceği sapmaları dengeleyebilen bir testtir. Kullanımı AIC indeksindeki gibidir. Farkı, modeldeki parametre sayısı az veya örnek büyüklüğü çok fazlaysa AIC yerine bu testin kullanılmasıdır.

Interaction Effect Size (IES): Modele bir etkileşim terimi (değişken) eklendiğinde etkileşim büyüklüğünü ölçen indekstir. Ki-kare testinin örnek kriteridir. Yani ki-kare’de meydana getirilen yüzdelerik düşüş miktarını verir.

Hoelter's Critical N: Modelin ki-kare değerinin 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeylerinde kabul edilebilmesi için gerekli olan örnek büyüklüğü değerini verir. Bu değer 200’den büyük olmalıdır.

8.4. Modelin Yeniden Kurulması

Eğer model uyumluluk analizi sonucunda düşük uyum iyiliği değerine sahip çıkmışsa veya daha iyi uyum iyiliği düzeyine sahip model geliştirilmek isteniyorsa modelin bazı parametrelerinin eklenmesi veya çıkarılması gerekebilir. Uyumsuzluk eğer model kurarken unutulmuş bir değişkenden kaynaklanıyorsa modelin yeniden kurulması söz konusu olmaz. Çünkü tekrar örnek kütleyle sonradan eklenen bu değişkenle ilgili soru sorulması gerekir ki bu çoğu zaman mümkün olmaz. Bundan dolayı model kurmanın başlangıçta çok iyi yapılması gerekir. Ama uyumsuzluk eksik bir yol katsayısından veya eksik bir korelasyon veya kovaryanstan ileri geliyorsa bu YEM ile ilgili programların gösterdiği şekilde düzeltilebilir. Yalnız modelin yeniden oluşturulmasında teorik modelin anlamsızlaşmamasına dikkat edilmesi gerekir. YEM programları teorik model mantığının anlamlılığını ölçmez, teorik modelin gözlenen verilere uygunluğunu test eder. Dolayısıyla modelin ne kadar değiştirileceği araştırmacının karar vereceği bir işittir. Lagrange Multiplier Test, modeldeki hangi sınırlanmış veya sabitlenmiş parametrelerin değiştirilip serbest hale getirilerek veya parametre eklenerek modelin uygunluğunun artırılabilceğini gösteren bir yöntemdir. Bunun tersi olarak Wald Test ise hangi serbest parametrelerin sınırlanması veya sabitlenmesi veya hangi parametrenin çıkarılması gerektiğini gösterir (FLESHANDBONES, 2004).

Modelden bazı yön okları (sebe-sonuç ilişkileri) çıkarılarak (model trimming) veya bazı yön okları eklenerek (model building) hangisinin daha uygun olacağı incelenebilir. Bu şekildeki model karşılaştırmalarına hiyerarşik model karşılaştırmaları denir. Ki-kare hiyerarşik model karşılaştırmalarında kullanılır. Hiyerarşik olmayan model karşılaştırmalarında ise AIC testi kullanılır. Değişirme indekslerini kullanarak modeli tekrar test etmede kural, her denemede yalnızca bir parametre değiştirmektir.

9. SONUÇ

Olayların derinlemesine incelenebilmesi için çoğunlukla söz konusu olayın modeli kurulur. Model kurma, konunun belli ölçekler içinde küçültülmesi ve incelenebilir hale getirilmesi olayıdır. Model kurma araştırılacak konuyu veya olayı daha doğru ve kolay şekilde anlamaya yardımcı olur. Modelin nasıl doğduğunu muhtemelen kimse tam olarak bilemez. Fakat model yardımıyla sorunların çözümüne daha iyi yaklaşılacağını herkes kabul edebilir. Çünkü model konuya ilişkin değişkenleri ve ilişkileri gösterdiği gibi sonuçlarını da verir. Ayrıca model kurma sistem yaklaşımını zorladığı gibi, bilimsel düşünmede de önemli bir rol oynamaktadır.

Model oluşturulduktan sonra bu modelin test edilmesi ayrı bir ihtisas konusudur. YEM, model test etme ve geliştirmede araştırmacılara etkin bir araç olmuştur. YEM, 1930'larda ortaya atılmasına rağmen popülerliğini son on yılda elde etmiştir. Bunun nedeni bilgisayar teknolojisi olmadan YEM'in kullanılmasının imkânsız denecek kadar zor olmasıdır. YEM analizi için oluşturulmuş bilgisayar programları da YEM'in bilimsel araştırmalarda kullanılmasında önemli bir rol oynamıştır.

Dünya literatürüne bakıldığında sosyal bilimlerle ilgili araştırmalarda YEM'in % 10–20 oranında kullanıldığı görülmektedir. Fakat Türkiye'de YEM analizi pek bilinmemekte ve dolayısıyla uygulanmamaktadır. Regresyon, faktör, varyans, yol analizi ve diğer bazı istatistiksel analiz tekniklerini bünyesinde barındıran YEM'le ilgili Türkçe kaynak da yok gibidir. Bu çalışmayla, YEM ve pazarlama bilimine uygulanabilirliği incelenmiş ve böylece literatüre de katkı sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

1. KAYA, İ., **Pazarlama Bilgi Sistemleri**, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayın No: 153, Güryay Matbaacılık, 222 s., İstanbul, 1984.
2. KURTULUŞ, K., **Pazarlama Araştırmaları**, Literatür Yayınları: 114, 816 s., İstanbul, 2004.
3. PUGESEK, B.H., A. TOMER ve A. V. EYE, **Structural Equation Modeling: Application in Ecological and Evolutionary Biology**, Cambridge Press, United Kingdom, 2003.
4. SÜER, İ., **Pazarlama Yönetiminde Sayısal Modeller Yoluyla Karar Verme**, Bizim Büro Basımevi, 302 s., Ankara, 2000.

Makaleler

5. HOX, J. J., T. M. BECHGER, An Introduction To Structural Equation Modeling, **Family Science Review**, 11, 354-373, 1995.

Diğer

6. ANDERSON, James G., **The Basic Of Structural Equation Model**, 2004,
web.ics.purdue.edu/~janders1/Soc681/Soc%20681%20Basics%20of%20Structural%20Equation%20Modeling%202002.ppt, (05.01.2005).
7. DEMEROUTI, Evangelia, **Structural Equation Modeling**, 2004,
www.dmst.aueb.gr/gr2/diafora2/Prosopiko2/visitors_ppts/Demerouti1.ppt), (10.02.2005).
8. FLESHANDBONES, **Path Analysis and Structural Equation Modeling**, 2004, <http://64.233.183.104/search?q=cache:PAtoEgWmQVMJ:www.fleshandbones.com/readingroom/pdf/946.pdf+Path+Analysis+and+Structural&hl=tr>, (12.02.2005).
9. GARSON, David, **Structural Equation Modeling**, 2004,
<http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/structur.htm>, (15.03.2005).
10. HUI, Shirley, **Revision of Genetic Regulatory Models using Structural Equation Modeling/Path Analysis**, 2003,
www.cs.uwaterloo.ca/~s2hui/Summary.doc, (15.05.2005).
11. INFORMATION TECHNOLOGY SERVICES, **Structural Equation Modeling Using AMOS: An Introduction**, 2004,
<http://www.utexas.edu/its/rc/tutorials/stat/amos/>, (10.03.2005).
12. MELS, Gerhard, **Getting Started With The Student Edition Of Lisrel 8.53 For Windows**, 2004, <http://www.psikolojiktestler.hacettepe.edu.tr/l.doc>, (08.02.2005).
13. RIGDON, Edward E., **The Form Of Structural Equation Models**, 2004, <http://www2.gsu.edu/~mkteer/sem2.html>, (05.05.2005).
14. SFSU, **Structural Equation Modeling/Path Analysis**, 2004,
<http://64.233.183.104/search?q=cache:Kp8E3BKd7m4J:userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/path/SEMwebpage.pdf+Articles+Using+or+Addressing+Issues+in+Path+Analysis+in+Biology&hl=tr>, (07.04.2005).
15. STATSOFT, **Structural Equation Modeling**, 2003,
<http://www.statsoft.com/textbook/stsepath.Html>, (02.02.2005).
16. YU, Chong-ho, **Structural Equation Modeling**, 2004,
<http://seamonkey.ed.asu.edu/~alex/teaching/WBI/SEM.html>, (10.10.2005).
17. <http://www.istatistik.gen.tr/modules.php?name=News&file=article&sid=3>, (11.05.2005).