Tez Yazım Merkezi | İleri | Yüksek lisans | Doktora

Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM) Nedir? Başlangıç Rehberi ve Uyum İndeksleri

Yapısal eşitlik modellemesine giriş: SEM nedir, ne zaman kullanılır ve kullanılmaz, gizil değişken, ölçüm ve yapısal model, adım adım analiz, CB-SEM ve PLS-SEM farkı, AMOS ve lavaan, uyum indeksleri, örneklem ve APA raporlama.

Zafer Hoca · Yayın: 06.04.2026 · 7 dk okuma

Kısaca: Yapısal eşitlik modellemesi (SEM), gözlenen değişkenlerle doğrudan ölçülemeyen gizil değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri tek bir modelde, eş zamanlı test eden çok değişkenli bir yöntemdir. İki parçası vardır: ölçüm modeli (DFA ile sınanır) ve yapısal model (yol katsayıları). Model uyumu birlikte raporlanan 3–4 indeksle değerlendirilir; yaygın ölçütler CFI ve TLI > .90 (iyi: > .95), RMSEA ve SRMR < .08'dir.

Bu madde SEM'e bir bütün olarak giriş yapar: ne zaman kullanılacağı, modelin parçaları, analiz adımları, programlar ve raporlama. Ölçüm modelinin ayrıntılı uygulaması için doğrulayıcı faktör analizi (DFA), açımlayıcı ve doğrulayıcı analiz arasındaki seçim için AFA ve DFA farkı maddelerine bakabilirsiniz.

Yapısal eşitlik modellemesi (SEM) nedir?

Yapısal Eşitlik Modellemesi (Structural Equation Modeling), birden fazla değişken arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri eş zamanlı olarak test eden bir istatistiksel yöntemdir. Regresyon, faktör analizi ve yol (path) analizinin birleşimi olarak düşünebilirsiniz. Sosyal bilimler, eğitim, psikoloji ve işletme alanlarında, özellikle ölçeklerle toplanan verilerde yaygın biçimde kullanılır.

SEM'i klasik regresyondan ayıran iki özellik vardır. Birincisi, gizil (latent) değişkenleri birden fazla göstergeyle temsil ederek ölçüm hatasını modelin içine alır; regresyonda ise ölçek puanları hatasız kabul edilir. İkincisi, birden fazla bağımlı değişkeni ve aracı değişkenleri aynı anda sınar; böylece bir kuramsal modeli parça parça değil, bir bütün olarak test edersiniz. Regresyon mantığı için çoklu regresyon analizi maddesine bakabilirsiniz.

SEM, araştırmacının kurduğu nedensel varsayımları test eder ama nedenselliği tek başına kanıtlamaz. Özellikle tek seferde toplanmış (kesitsel) verilerde "etkiler" ifadesini kuramsal bir yorum olarak kullanın; nedensellik iddiası araştırma deseninden gelir.

SEM ne zaman kullanılır, ne zaman kullanılmaz?

Uygun olduğu durumlar

1. Birden fazla bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişki ağını eş zamanlı test etmek istediğinizde.
2. Gizil değişkenler kullanarak ölçüm hatasını modellemek istediğinizde.
3. Aracılık (mediation) ve düzenleyicilik (moderation) etkilerini karmaşık modellerde test etmek istediğinizde.
4. Kuramsal bir modeli bir bütün olarak sınamak istediğinizde.

Uygun olmadığı durumlar

- **Örneklem küçükse:** Örneklem 200'ün altındaysa kovaryans tabanlı SEM sorunlu olabilir; basit modellerde 150 yeterli olabilir.
- **Kuramsal model yoksa:** Değişkenler arasındaki yolları kuramla ve önceki araştırmalarla gerekçelendiremiyorsanız SEM'e geçmeden önce bu temeli kurun.
- **Araştırma keşifsel ise:** Kovaryans tabanlı SEM doğrulayıcı bir yöntemdir. Yapıyı henüz bilmiyorsanız önce açımlayıcı faktör analizi yapın; keşif amaçlı tahmin modellerinde PLS-SEM bir seçenek olabilir.

Temel kavramlar: Gizil değişken, ölçüm modeli ve yapısal model

Kavram	Tanım	Örnek	Model şemasında
Gizil değişken (latent)	Doğrudan ölçülemeyen, göstergelerle temsil edilen kavram	"Motivasyon", beş anket maddesiyle ölçülür	Oval
Gözlenen değişken (observed)	Doğrudan ölçülen değişken	Anket maddeleri, test puanı	Dikdörtgen
Ölçüm modeli	Gizil değişkenlerle göstergeleri arasındaki ilişki; DFA ile test edilir	"Maddelerim gerçekten motivasyonu ölçüyor mu?"	Ovalden dikdörtgenlere oklar
Yapısal model	Gizil değişkenler arasındaki ilişkiler; yol katsayılarıyla ifade edilir	"Motivasyon, öz yeterlik üzerinden başarıyı etkiliyor mu?"	Ovaller arasında oklar
Dışsal / içsel değişken	Modelde başka değişkenlerce açıklanmayan / açıklanan değişken	Motivasyon dışsal, başarı içsel	İçsel değişkene ok gelir
Hata (artık) terimi	Göstergenin ya da içsel değişkenin açıklanamayan kısmı	Madde hatası, başarının açıklanmayan varyansı	Küçük daire

Adım adım SEM analizi nasıl yapılır?

1. **Kuramsal modeli kurun ve çizin:** Hipotezlerinizi okları olan bir şemaya dönüştürün. Her yolu kuramla ya da önceki bulgularla gerekçelendirin.
2. **Veriyi hazırlayın:** Eksik veriyi, uç değerleri ve dağılımı inceleyin. Ters kodlu maddeleri düzeltin. Dağılım normal değilse dayanıklı (robust) kestiricileri, sıralı (ordinal) maddelerde uygun kestiricileri düşünün.
3. **Ölçüm modelini önce test edin (DFA):** Faktör yüklerinin yeterli olup olmadığına bakın; yaygın ölçüt bütün yüklerin .50'nin üzerinde olmasıdır. Ölçüm modeli uyum vermeden yapısal modele geçmeyin.
4. **Yapısal modeli test edin:** Gizil değişkenler arasındaki yolları ekleyin; standartlaştırılmış yol katsayılarını (β) ve anlamlılıklarını (p) inceleyin.
5. **Uyumu değerlendirin:** Birden fazla uyum indeksine birlikte bakın (aşağıdaki tablo).
6. **Modifikasyonlarda dikkatli olun:** Program modifikasyon indeksleri önerir; yalnız kuramsal gerekçesi olan değişiklikleri yapın ve hepsini raporlayın. Yalnız uyumu yükseltmek için yapılan değişiklikler modeli o örnekleme özgü hâle getirir.

7. **Dolaylı etkileri sınayın:** Aracılık hipotezleriniz varsa dolaylı etkiyi bootstrap güven aralığıyla test edin. Mantığı için aracılık (mediation) analizi ve bootstrap güven aralığı maddelerine bakabilirsiniz.
8. **Raporlayın:** Uyum indeksleri tablosu, yol katsayıları ve model şemasıyla sonuçları sunun.

Düzenleyicilik hipotezleri SEM'de çoklu grup analiziyle ya da gizil etkileşim modelleriyle sınanabilir; temel mantık için düzenleyicilik (moderation) analizi maddesine bakın.

Kovaryans tabanlı SEM ile PLS-SEM arasındaki fark nedir?

"SEM" denince çoğunlukla kovaryans tabanlı SEM (CB-SEM) kastedilir; AMOS, lavaan ve Mplus bu yaklaşımı kullanır. SmartPLS ise varyans tabanlı SEM'i, yani kısmi en küçük kareler yöntemini (PLS-SEM) uygular. İkisi farklı sorulara cevap verir.

Özellik	Kovaryans tabanlı SEM	PLS-SEM
Temel amaç	Kuramsal modeli doğrulamak	Bağımlı değişkenleri tahmin etmek, keşif
Örneklem	Görece büyük örneklem ister	Küçük örneklemde avantajlı
Model uyumu	χ^2, CFI, TLI, RMSEA, SRMR gibi indekslerle değerlendirilir	Klasik uyum indeksleri aynı biçimde kullanılmaz
Tipik program	AMOS, R (lavaan), Mplus	SmartPLS

Hangisini seçeceğinizi araştırma sorunuz belirler; tezinizde seçiminizi gerekçelendirin. PLS-SEM'i yalnız "örneklemim küçük" diye seçmek, hakemlerin sık eleştirdiği bir gerekçedir.

SEM için hangi program kullanılır?

- **AMOS:** IBM'in, SPSS verisiyle birlikte çalışan ayrı bir programıdır. Grafik arayüzü vardır, model sürükle-bırak yöntemiyle çizilir. Türkiye'de en yaygın kullanılan programdır; öğrenmesi kolaydır ama esnekliği sınırlıdır ve ücretlidir.
- **R (lavaan paketi):** Ücretsizdir, komutla çalışır, esnek ve tekrarlanabilirdir. Doğrulayıcı faktör analizi, yapısal eşitlik modelleri ve gizil büyüme modelleri gibi birçok gizil değişken modelini kurar.
- **Mplus:** Ücretlidir; kategorik verili ve karmaşık modellerde (çok düzeyli, karma modeller gibi) güçlüdür.
- **SmartPLS:** Varyans tabanlı SEM (PLS-SEM) için kullanılır; küçük örneklemde ve keşif amaçlı modellerde avantajlıdır.

lavaan ile örnek model

lavaan söz diziminde =~ gizil değişkeni göstergeleriyle tanımlar ("ölçülür"), ~ regresyon yolunu ("yordanır"), ~~ kovaryansı belirtir; *:=* ise etiketli yollardan yeni parametreler (örneğin dolaylı etki) türetir. Aşağıdaki model varsayımsal değişken adlarıyla yazılmıştır.

```
model <- '
motivasyon =~ m1 + m2 + m3
ozyeterlik =~ o1 + o2 + o3
basari =~ b1 + b2 + b3
ozyeterlik ~ a*motivasyon
```

```
basari ~ c*motivasyon + b*ozyeterlik
dolayli := a*b
toplam := c + a*b
'
fit <- sem(model, data = veri, se = "bootstrap")
summary(fit, standardized = TRUE, fit_measures = TRUE, rsquare = TRUE)
parameterEstimates(fit)
```

Bu örnekte *a*b* dolaylı etkiyi, *c + a*b* toplam etkiyi verir; *se* = "*bootstrap*" standart hataları bootstrap ile hesaplatır. lavaan'ın güncel sürümünde seçenek adları alt çizgiyle yazılır (fit_measures); birçok eski kaynakta noktalı yazım (fit.measures) görülür. R'a yeni başlıyorsanız R ile istatistiğe başlangıç maddesi işinizi kolaylaştırır.

SEM uyum indeksleri nasıl yorumlanır?

İndeks	Kabul edilebilir	İyi	Not
χ^2/df	< 3	< 2	Büyük örneklemde χ^2'nin anlamlı çıkması olağandır; tek başına yeterli değildir
CFI	> .90	> .95	Karşılaştırmalı uyum
TLI	> .90	> .95	Model karmaşıklığını cezalandırır
RMSEA	< .08	< .05	%90 güven aralığıyla raporlayın
SRMR	< .08	—	Gözlenen ve model kovaryansları arasındaki ortalama fark

Kural: En az 3–4 indeksi birlikte raporlayın, tek indekse güvenmeyin. Bu eşikler, Hu ve Bentler (1999) gibi çalışmalardan türeyen pratik ölçütlerdir; kesin sınırlar değildir. Eşiğin hemen altında kalan bir değer modeli kendiliğinden geçersiz kılmaz, eşiği geçen bir değer de modeli kendiliğinden doğru yapmaz.

SEM için örneklem büyüklüğü ne olmalı?

SEM büyük örneklem gerektirir. Yaygın bir genel kural, tahmin edilen parametre başına 10–15 gözlemdir: 20 parametreli bir model için 200–300 kişi. Kline (2016) en az 200 kişiyi önerir; karmaşık modellerde 500 ve üzeri idealdir. Çok basit modellerde 150 kişi yeterli olabilir.

Bu kurallar kabadır; gereken örneklem modelin karmaşıklığına, faktör yüklerinin büyüklüğüne, gösterge sayısına ve verinin dağılımına göre değişir. Planlama aşamasında yöntemleri karşılaştırmak için örneklem büyüklüğü nasıl belirlenir maddesine bakın. Kullanacağınız ölçekleri seçerken akademik ölçekler sayfası da yardımcı olabilir.

SEM sonuçları APA'ya göre nasıl raporlanır?

Raporda şu sırayı izleyin: önce ölçüm modeli (uyum indeksleri ve faktör yükleri), sonra yapısal model (uyum indeksleri, standartlaştırılmış yol katsayıları, anlamlılık, açıklanan varyans) ve son olarak dolaylı etkiler. Uyum indekslerini tablo olarak, modeli şekil olarak sunun; şekilde gizil değişkenleri oval, gözlenen değişkenleri dikdörtgen çizin.

> "*Kuramsal model yapısal eşitlik modellemesi ile test edilmiştir. Ölçüm modeli DFA ile doğrulandıktan sonra (CFI = .96, TLI = .95, RMSEA = .045, SRMR = .038) yapısal model test edilmiştir. Sonuçlar, motivasyonun başarı üzerinde doğrudan (β = .24, p = .003) ve öz yeterlik aracılığıyla dolaylı (β = .18, p = .008) anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir. Model verilere iyi uyum sağlamıştır (χ²/df = 1.82, CFI = .95, RMSEA = .048).*"

Örnekteki değerler varsayımsaldır. Dolaylı etkiyi raporlarken p değerinin yanına bootstrap güven aralığını da ekleyin; güven aralığı sıfırı içermiyorsa dolaylı etki anlamlı kabul edilir. Kullandığınız programı ve sürümünü, kestiriciyi (örneğin ML ya da MLR) ve eksik veriyi nasıl ele aldığınızı da yazın.

Sık yapılan hatalar: Ölçüm modelini test etmeden doğrudan yapısal modele geçmek, tek bir uyum indeksine dayanmak, gerekçesiz modifikasyonlarla uyumu "düzeltmek", kesitsel veriden kesin nedensellik çıkarmak ve standartlaştırılmış ile standartlaştırılmamış katsayıları karıştırmak.

Kaynaklar ve resmî bağlantılar

- CRAN – lavaan: Latent Variable Analysis (paket sayfası)
- CRAN – lavaan başvuru kılavuzu (sem(), summary(), parameterEstimates())
- lavaan proje sitesi

Etiketler: #Makale #Strateji #Tez

YDS/YÖKDİL barajı akademik kariyerinizi engellemesin. Zafer Hoca kursları: zaferhoca.com.tr/magaza