

Yapısal Eşitlik Modellemesinde Özyinelemesiz Modellerin Sağlık Alanında Uygulaması: Metodolojik Bir Çalışma

Application of Non-Recursive Models in Structural Equation Modeling in the Field of Health: A Methodological Study

• Selen Begüm UZUN^a, • Derya GÖKMEN^b

^aSağlık Bakanlığı, Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Sağlık İstatistikleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

^bAnkara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ABD, Ankara, Türkiye

Bu çalışma, Selen Begüm Uzun'un "Psikiyatrik Hastalıklarda Psikopatoloji ve Çevresel Faktörler Arasındaki İlişkinin Özyinelemesiz Modelleme/Psikiyatrik Hastalıklarda, Psikopatoloji ve Çevresel Etken İlişkisinin Özyinelemesiz Model ile Değerlendirilmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir (Ankara: Ankara Üniversitesi; 2021).

ÖZET Amaç: Sağlık alanında yapılan çalışmalarda, gözlenebilir ve gizli değişkenlerden oluşan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin bulunduğu verilerin analizi ile sıklıkla karşılaşmaktadır. Bu durumda kurulan modeller için uygun analiz yönteminin belirlenmesi, araştırılan hipotez için neden-sonuç ilişkisinin net bir şekilde belirlenmesinde önem arz etmektedir. Bu gibi durumlarda, mevcut analizlerin yetersiz kalması nedeniyle Yapısal Eşitlik Modellemesi altında yer alan modeller yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşım, değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri eş zamanlı olarak ortaya koyan, bu süreçte ortaya çıkan ölçüm hataları ve ilişkilerini de modelde değerlendiren, döngüsel/karşılıklı nedensellik analizine olanak tanıyan kapsamlı bir istatistiksel analiz yöntemidir. Bu çalışmada, psikiyatri alanından nedenselliği açıklamamın zor ve karmaşık olduğu bir veri seti üzerinde değişkenler arasındaki döngüsel/karşılıklı ilişkilerin özyinelemesiz eş zamanlı denklem modelleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Kesitsel araştırma olarak tasarlanan çalışma kapsamında değişkenler arasındaki nedensel ilişkinin modellenmesinde özyinelemesiz model kullanılmış, parametre tahminleri için iki aşamalı probit en küçük kareler, iki aşamalı koşullu en çok olabilirlik ve üç aşamalı en küçük kareler yöntemleri kullanılmıştır. Araç değişkeni kavramı açıklanarak, kalitesi, geçerlilik, güç ve içsellik açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler Stata programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. **Bulgular:** Üç aşamalı en küçük kareler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda psikiyatri hastalarının ayırıcı tanısında, benlik saygısı için çocukluk çağı travması ve yaş, algılanan destek için çocukluk çağı travması, bireysel ve sosyal işlevsellikte ise belirti şiddeti ve hastalık durumu değişkenlerinin klinisyen yorumuna yakın anlamlı değişkenler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. **Sonuç:** Değişkenler arasında döngüsel/karşılıklı nedensellik varlığında, değerlendirmelerin yapısal eşitlik modellemesi altında yer alan özyinelemesiz modeller yardımıyla yapılması daha güvenilir sonuçlar verecektir.

Anahtar kelimeler: Özyinelemesiz model; araç değişkeni; iki aşamalı koşullu en çok olabilirlik yöntemi; iki aşamalı probit en küçük kareler yöntemi; üç aşamalı en küçük kareler yöntemi

ABSTRACT Objective: In studies, it is frequently encountered with the analysis of data with dependent and independent variables consisting of observable and latent variables. In this case, the determination of the appropriate analysis method for the established models is important in clearly determining the cause-effect relationship for the researched hypothesis. In such cases, the models under the Structural Equation Modeling have been widely used because the existing analyzes are insufficient. This approach is a comprehensive statistical analysis method that simultaneously reveals the direct/indirect relationships between the variables, evaluates the measurement errors and relationships in the model. This study aimed to evaluate the reciprocal relations/feedback loops between variables with non-recursive simultaneous equation models on a dataset from the field of psychiatry where it is difficult and complex to explain causality. **Material and Methods:** In this cross-sectional study, non-recursive model was used to model the causal relationship between variables, two-stage probit least squares, two-stage conditional maximum likelihood and three-stage least squares methods were used for parameter estimations, and the concept of instrument variable was explained. Evaluations were carried out using the Stata program. **Results:** As a result of the analyzes carried out using the three-stage least squares method, it was found that childhood trauma and age for self-esteem, childhood trauma for perceived support, and symptom severity and disease status in individual and social functionality were significant variables close to the clinician's interpretation. **Conclusion:** In the presence of reciprocal causality between the variables, making the evaluations with the help of non-recursive models will give more reliable results.

Keywords: Non-recursive models; instrumental variable; two-stage conditional maximum likelihood; two-stage probit least squares; three-stage least squares

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Uzun SB, Gökmen D. Yapısal eşitlik modellemesinde özyinelemesiz modellerin sağlık alanında uygulaması: Metodolojik bir çalışma. Türkiye Klinikleri J Foren Sci Leg Med. 2024;16(1):47-57.

Correspondence: Selen Begüm UZUN

Sağlık Bakanlığı, Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Sağlık İstatistikleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

E-mail: selenbegumuzun@gmail.com

Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics.

Received: 16 Oct 2023

Received in revised form: 17 Jan 2024

Accepted: 17 Jan 2024

Available online: 28 Feb 2024

2146-8877 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Sağlık alanında kullanılan ölçme araçlarında sıklıkla genel değerlendirmeler yapılmakta, değişkenler arasındaki karmaşık nedensel yapının net bir şekilde açıklanabileceği yöntemler kullanılmadığı için hastalık ya da durumun yorumlanması istenilen düzeyde yapılamamaktadır. Nedensel ve yapısal ilişkinin belirlenmesi için farklı istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM), çok değişkenli analiz ailesinde yer alan bir istatistiksel analiz yöntemi olup; gözlenen ve gözlenemeyen/gizli/latent değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri eş zamanlı olarak ortaya koyarken, bu süreçte ortaya çıkan ölçüm hatalarını ve ilişkilerini de modelde değerlendirmektedir. Çok değişkenli analizlerden farklı olarak; doğrulayıcı bir yapıda olup hata ile ilgili daha net bilgi vermekte ve gözlenemeyen değişkenleri inceleyebilmektedir. Bu durum, özellikle sağlık alanında hastalığın ya da durumun ortaya çıkmasında rol alan değişkenler arasındaki ilişkiler ve hatalar modele eklenerek, nedenselliğin farklı açıdan değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır.¹

Bu çalışmada, karmaşık nedenselliğe sahip veri kümesinde, özellikle gizli değişkenler arasındaki döngüsel/karşılıklı nedensel ilişkilerin ortaya konulmasında, YEM altında yer alan ve çoğunlukla ekonometri alanında kullanılan özyinelemesiz modeller, teorik olarak özetlenmiş ve sağlık alanındaki bir veri seti üzerinde uygulama sonuçları aktarılmıştır. Çalışmada, tanıya götüren ölçeklerin nedenselliğini açıklamanın zor ve kompleks olduğu bir klinik alan olan psikiyatri hasta verisi kullanılarak, karmaşık nedenselliğe sahip değişkenler arasındaki döngüsel/karşılıklı ilişkilerin özyinelemesiz eş zamanlı denklem modelleri (EDM) ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

YAPISAL EŞİTLİK MODELLERİ

YEM uygulanırken standart prosedürde takip edilen aşamalar; modelin belirlenmesi, tanımlanması, parametre tahmini ve model uyumu olarak verilmektedir. EDM'nin genel gösterimi Denklem 1'de verilmektedir.

$$y = \beta y + \Gamma x + \zeta \quad (1)$$

Denklemde, y içsel/bağımlı değişkeni, x dışsal bağımsız değişkeni, ζ artıklar ya da hataları, Γ dışsal değişkenlerin içsel değişkenler üzerindeki etkisini, beta katsayıları (β) ise içsel bir değişkenin diğer içsel değişken üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Bu değerler, $p \times p$ boyutlu katsayılar matrisi olan B ile özetlenmektedir. Değerlendirme standart regresyona benzer şekilde yapılabilmektedir. EDM, "özyinelemeli" ve "özyinelemesiz" olarak 2 başlık altında incelenebilmektedir. Çalışmada kullanılan özyinelemesiz model, depresyon-sosyallik gibi 2 değişkenin birbirini etkilediği ya da uyku-stres-depresyon gibi döngüsel ilişkilerin olduğu durumlar için kullanılmaktadır.²

ÖZYİNELEMESİZ MODELLER

Yapısal model, sonuç değişkenlerinden herhangi birisinin bir diğerini etkilemesi/karşılıklı ilişki (reciprocal relationship) ya da denklem sisteminin bir noktasında geri besleme döngüsünün (feedback loop) olması ve bazı ζ değerlerinin ilişkili olması durumlarının gözlenmesi halinde özyinelemesiz olarak tanımlanır.³

Klasik regresyon analizinde en küçük kareler (EKK) yönteminde en temel kural, bağımsız değişken (regressor) ile hata terimlerinin ilişkili olmamasıdır. Özyinelemesiz modellerin tanımı gereği, en az bir açıklayıcı değişkenin hata ile ilişkili olduğu bilindiğinden, klasik doğrusal regresyon modeli varsayımları ihlal edilmektedir. Bu nedenle özyinelemesiz modellerde EKK yönteminin doğrudan kullanılması, yanlış ve tutarsız tahminlere sebep olmaktadır.⁴ Çalışmada özyinelemesiz modeller için tüm aşamalar ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Modelleme yapılan tüm çalışmalarda olduğu gibi analiz aşamasından önce en önemli kısım modelin tanımlı olmasıdır. Tanımlılık, araştırılan konuda bilinen ve bilinmeyen parametre sayıları göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Bu kavram dizi ve sıra koşulu gibi yöntemlerle incelenmektedir.⁴ Koşulun sağlanması

diği durumda çözüm, genellikle varsayımı bozan değişkenle ilişkili, ancak denklemin hata terimi ile ilişkili olmayan “araç değişkeni (AD) instrumental variable” olarak ifade edilen değişkenin denkleme dâhil edilmesi ile gerçekleştirilmektedir.²

AD

Karşılıklı/döngüsel ilişkilerin yer aldığı modellerin tanımlanmasında kullanılan AD’lerin anlaşılması oldukça önemlidir. Bağımsız değişkenin başka bir değişkenle karşılıklı ilişkisi nedeniyle hata ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi ele almak için AD’lere ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkinin daha net ortaya konulması için sisteme/denklem AD eklenmektedir. Uygun AD’lerin belirlenmesi zor bir iş olup, ciddi araştırma gerektirmektedir. Seçilen AD (z_1), ζ ile ilişkili değildir [$\text{kov}(z_1, \zeta_1) = 0$]. AD olduğu değişkenle (x_1) ilişkilidir [$\text{kov}(z_1, x_1) \neq 0$]. Özyinelemesiz sistemlerin tahmini, AD’lere bağlı olduğundan, modelde kullanılan AD’lerin kalitesinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda AD’lerin geçerliliği, gücü ve içselliği test edilmektedir.²

MODEL TAHMİNİ

Model tahmini aşamasında, model belirlendikten ve tanımlı olduğu gösterildikten sonra bilinmeyen parametreler tahmin edilir. Çalışma özelliklerine ve değişken türlerine göre farklı tahmin yöntemleri mevcuttur.^{2,5,6} Özyinelemesiz modellerin tahmin edicileri; sınırlı bilgi (limited-information) ve tam bilgi (full-information) yöntemleri olarak 2 sınıf altında incelenmektedir. Sınırlı bilgi yönteminde her seferinde tek bir denklem tahmin edilirken, tam bilgi yönteminde sistemdeki tüm denklemlerin bilgileri göz önüne alınmaktadır. YEM ile ilgili kitaplarda çoğunlukla tam bilgi yöntemlerinden (en çok olabilirlik) bahsedilmekte, özel durumlarda sınırlı bilgi yöntemlerinin [iki aşamalı en küçük kareler (two stage least squares “2SLS”)] kullanılması avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada, iki aşamalı probit en küçük kareler [two-stage probit least squares (2SPLS)], iki aşamalı koşullu maksimum olabilirlik [two-stage conditional maximum likelihood (2SCML)] ve üç aşamalı en küçük kareler [three-stage least squares (3SLS)] yöntemleri açıklanarak analiz sonuçları verilmiştir.⁴ Modelin veriye uyumu, farklı uyum indeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir.^{3,4,7}

2SPLS ve 2SCML

Analiz aşamasında iki sonuçlu ve sürekli bağımlı değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkileri tutarlı bir şekilde tahmin edebilen iki teknik kullanılmıştır. İkinci yöntem, ilk yöntemde elde edilen denkleme, artık değerlerinin eklenmesi ile değerlendirildiği için analizlerin adımları oldukça benzer süreçleri içermektedir. İki bağımlı değişkenin olduğu özyinelemesiz bir modelde denklemler aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:⁶

$$y_1^* = \beta_1 y_2 + \gamma_1 X_1 + \zeta_1 \quad (2)$$

$$y_2 = \beta_2 y_1^* + \gamma_2 X_2 + \zeta_2 \quad (3)$$

Bu denklemlerde y_2 sürekli değişken, x_1 ve x_2 bağımsız değişkenler, ζ_1 ve ζ_2 hata terimleri, γ ve β tahmin edilmek istenen parametreleri ifade etmektedir. Bu temel modelde ilk eşitlik için probit model varsayımları, ikinci için ise EKK varsayımları sağlanıyorsa, her bir denklem tutarlı tahminler verecektir. y_1^* değeri doğrudan gözlenemeyen, aşağıdaki kritere göre belirlenen bir değişkendir:

$$y_1 = \begin{cases} 1 & \text{eğer } y_1^* > 0 \\ 0 & \text{eğer } y_1^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Daha basit ifade ile çalışmada yer alan her bir içsel/bağımlı değişken, sistemde yer alan tüm bağımsız/dışsal değişkenler yardımı ile tahmin edilmektedir. Sonrasında hipotezin değerlendirildiği modelde, ilk aşamada elde edilen bu tahmin değerleri, AD gibi kullanılmaktadır. Burada iki yöneme yer verilmesinin nedeni; içsel değişken sürekli yapıda olduğunda EKK, iki sonuçlu yapıda ise probit analizinin kullanılması gerekliliğidir.⁸

3SLS

3SLS yönteminin temelinde, etkinliğin artırılması amacıyla 2SLS denklemlerine genelleştirilmiş en küçük kareler (GEKK) yöntemi uygulanmaktadır. 2SLS yöntemi kısaca, EKK tahminini iki aşamada uygulamaktadır. İlk aşamada, denklemde yer alan her bir içsel değişken, sistemdeki tüm denklemlerde yer alan tüm dışsal değişkenlerle tahmin edilir. Böylece, sadece dışsal değişkenlerden hesaplanan tahmin değerleri, hata terimi ile olan ilişkiden arınmış olur. 2SLS yönteminin ikinci aşamasında, içsel değişkenlerin ilk aşamada oluşturulan tahmini değerleri kullanılarak yapısal denklemlere EKK yöntemi uygulanır. $\hat{Z}_i = [\hat{Y}_i \ X_i]$ olmak üzere, ilk olarak 2SLS yönteminin ikinci aşamasından elde edilen denklemler sıralanır:

$$y_1 = \hat{Z}_1\delta_1 + \zeta_1, \quad y_2 = \hat{Z}_2\delta_2 + \zeta_2, \quad \dots, \quad y_i = \hat{Z}_i\delta_i + \zeta_i \quad (5)$$

Alternatif olarak yazılan $\hat{Z}_i = [\hat{Z}\delta + \zeta]$ ve ζ için varyans-kovaryans matrisi $\Psi^{-1} \otimes I$ olduğu denkleme GEKK uygulanır.

$$\hat{\delta}_{GEKK} = [\hat{Z}'(\Psi^{-1} \otimes I)\hat{Z}]^{-1}[\hat{Z}'(\Psi^{-1} \otimes I)y] \quad (6)$$

Bu denklemde Ψ tahmin edilmelidir; bunun için 2SLS tahmininden elde edilen artıkların kullanılması Zellner ve Theil tarafından önermektedir:

$$\Psi_1 = \frac{(y_i - \hat{Z}_i\hat{\delta}_i)(y_i - \hat{Z}_i\hat{\delta}_i)'}{N} \quad (7)$$

Eşitlik 6'da yer alan Ψ için ψ değeri yerine konulduğunda 3SLS tahmini elde edilmektedir.

$$\hat{\delta}_{3SLS} = [\hat{Z}'(\hat{\Psi}^{-1} \otimes I)\hat{Z}]^{-1}[\hat{Z}'(\hat{\Psi}^{-1} \otimes I)y] \quad (8)$$

Özetle, ilk olarak 2SLS ikinci aşamasında yapısal denklemlerden artıklar hesaplanmakta, sonrasında bu artıklar denklem artıklarının varyans/kovaryans matrisinin tahmininde kullanılmaktadır.²

Farklı denklemlerin katsayıları arasındaki kısıtlamaların yanı sıra çeşitli denklemler boyunca gözlemlenmiş hata korelasyonlarına izin veren ve denklemler arasındaki bu tür korelasyonları dikkate alarak denklem bazında tahminin verimliliğini artıran bir tahmin yöntemidir. Her yapısal denklemin katsayılarını ayrı ayrı tahmin eden bir denklem sistemi için 2SLS yaklaşımının aksine, üç aşamalı EKK tüm katsayıları aynı anda tahmin eder.⁹

Bu çalışmada, modelin belirlenmesi aşamasında; alınan görüş sonucunda klinik ve istatistiksel olarak anlamlı olacağı düşünülen hipotezler kurulmuş, değişkenler arasındaki ilişkinin türü ve yönü belirlenmiş, diyagram uygun şekilde çizilerek denklemler elde edilmiştir ([Sekil 1](#), [Sekil 2](#)).

$$y_1 = \gamma_{11}x_1 + \beta_{12}y_2 + \beta_{14}y_4 + \zeta_1 \quad (9)$$

$$y_2 = \gamma_{21}x_1 + \beta_{24}y_4 + \zeta_2 \quad (10)$$

$$y_3 = \gamma_{31}x_1 + \beta_{32}y_2 + \zeta_3 \quad (11)$$

$$y_4 = \beta_{41}y_1 + \beta_{42}y_2 + \beta_{43}y_3 + \zeta_4 \quad (12)$$

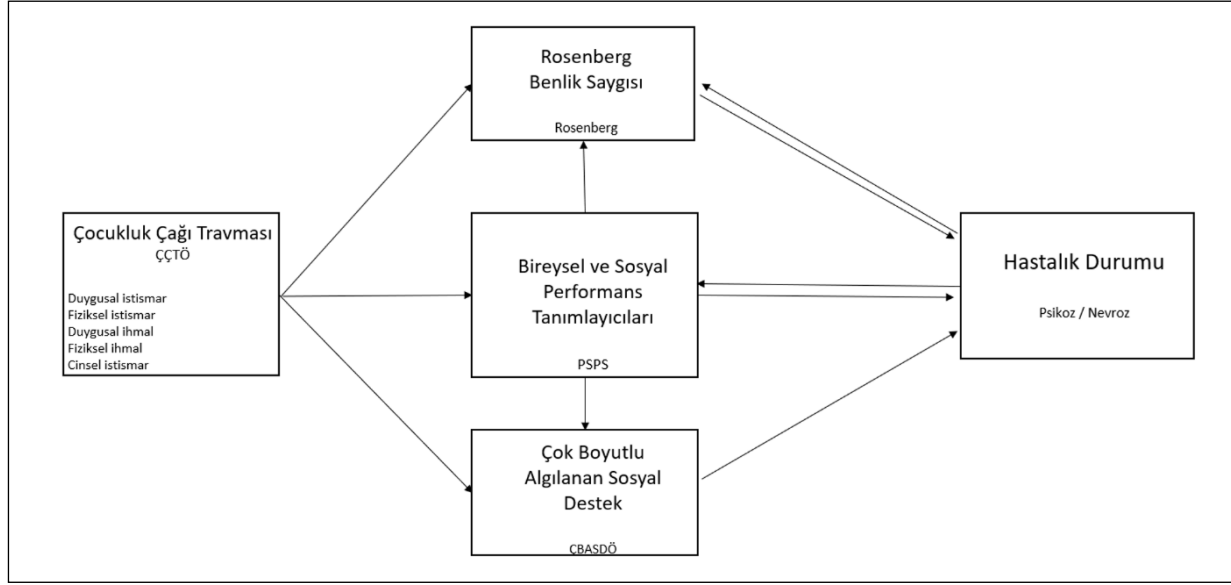
Modelin tanımlılığı, bilinen ve bilinmeyen parametreler göz önüne alınarak değerlendirilmiş, tanımlı olmaması nedeni ile sisteme AD'ler eklenmiştir. AD'ler belirlenirken, bağımlı değişkenler arasında varsayımı bozan değişken ile en yüksek korelasyona sahip değişkenler AD olarak seçilerek uzman onayından sonra sisteme eklenmiştir. Tanımlı hâle getirilen modeller ve diyagram aşağıda yer almaktadır ([Sekil 3](#)).

$$y_1 = \gamma_{11}x_1 + \gamma_{12}x_2 + \beta_{12}y_2 + \beta_{14}y_4 + \zeta_1 \quad (13)$$

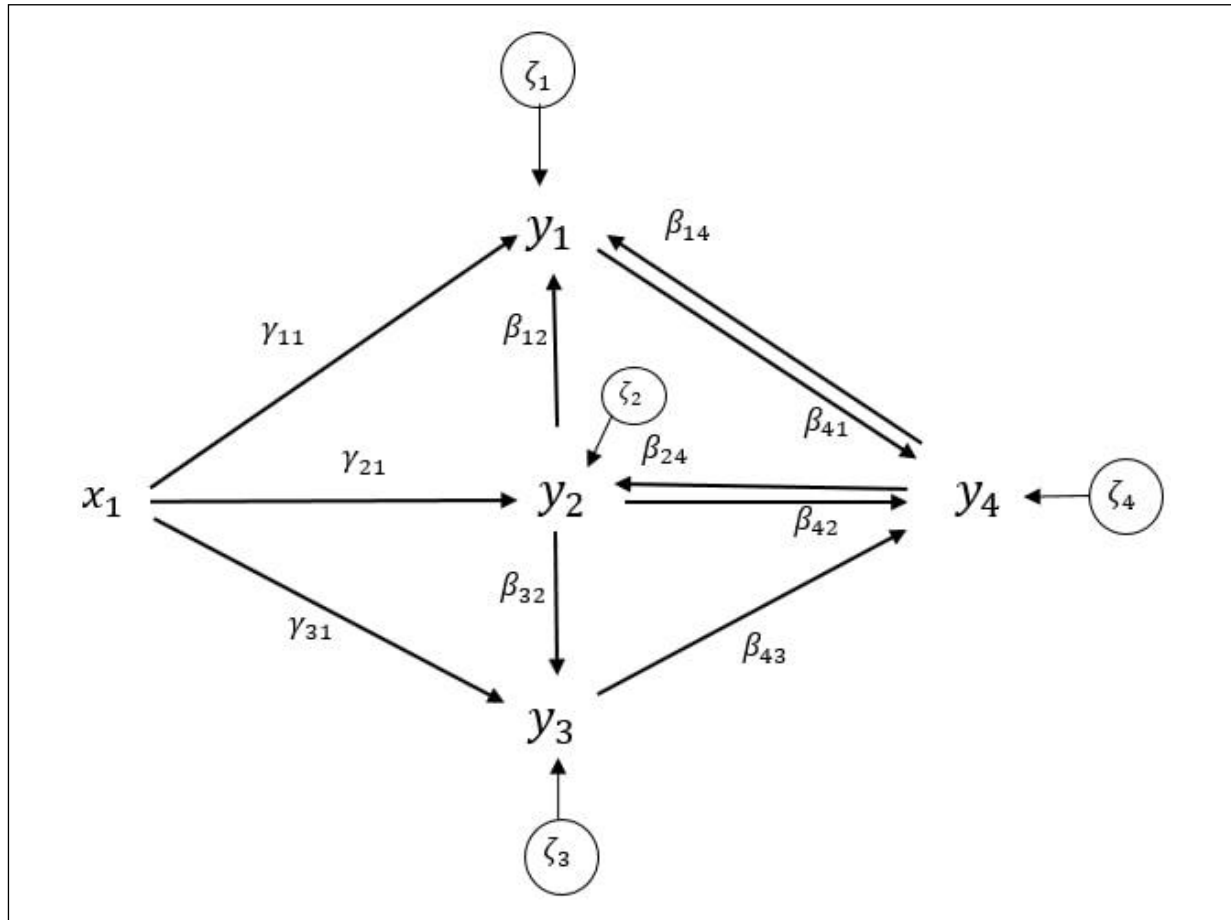
$$y_2 = \gamma_{21}x_1 + \gamma_{23}x_3 + \beta_{24}y_4 + \zeta_2 \quad (14)$$

$$y_3 = \gamma_{31}x_1 + \gamma_{34}x_4 + \beta_{32}y_2 + \zeta_3 \quad (15)$$

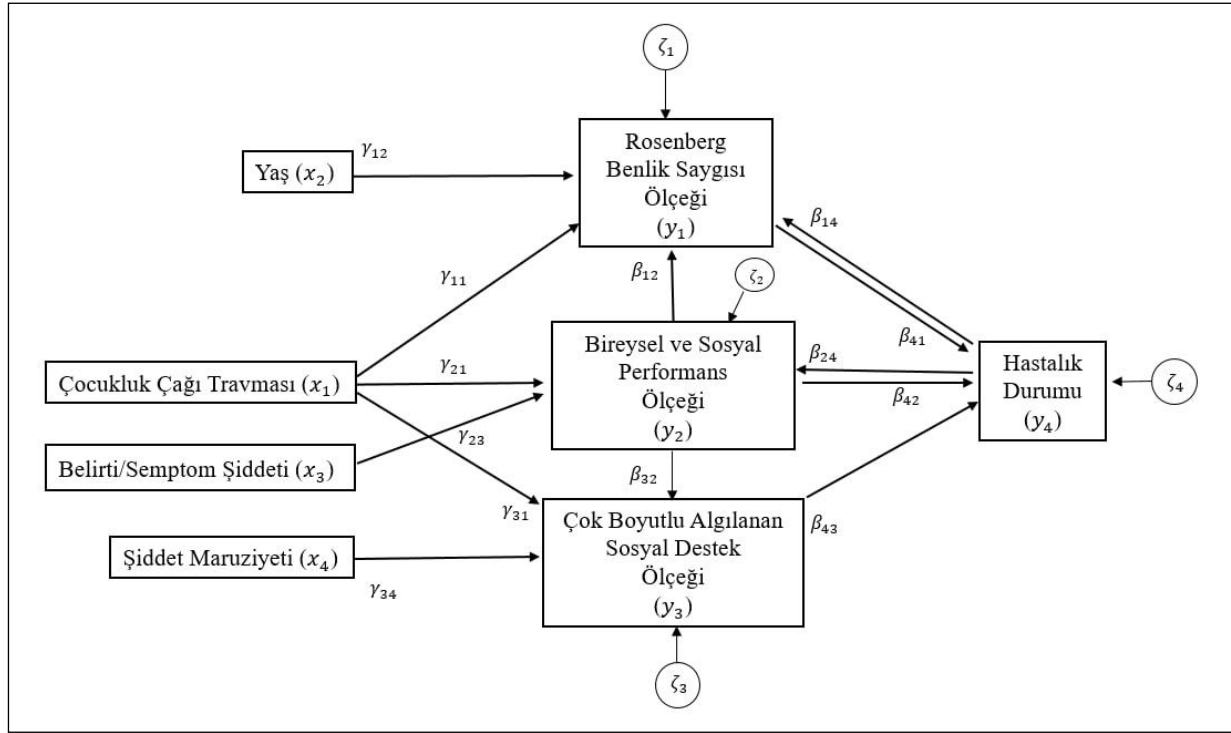
$$y_4 = \beta_{41}y_1 + \beta_{42}y_2 + \beta_{43}y_3 + \zeta_4 \quad (16)$$



ŞEKİL 1: Taslak diyagram.



ŞEKİL 2: Tanımlı hâle getirilmiş diyagram.



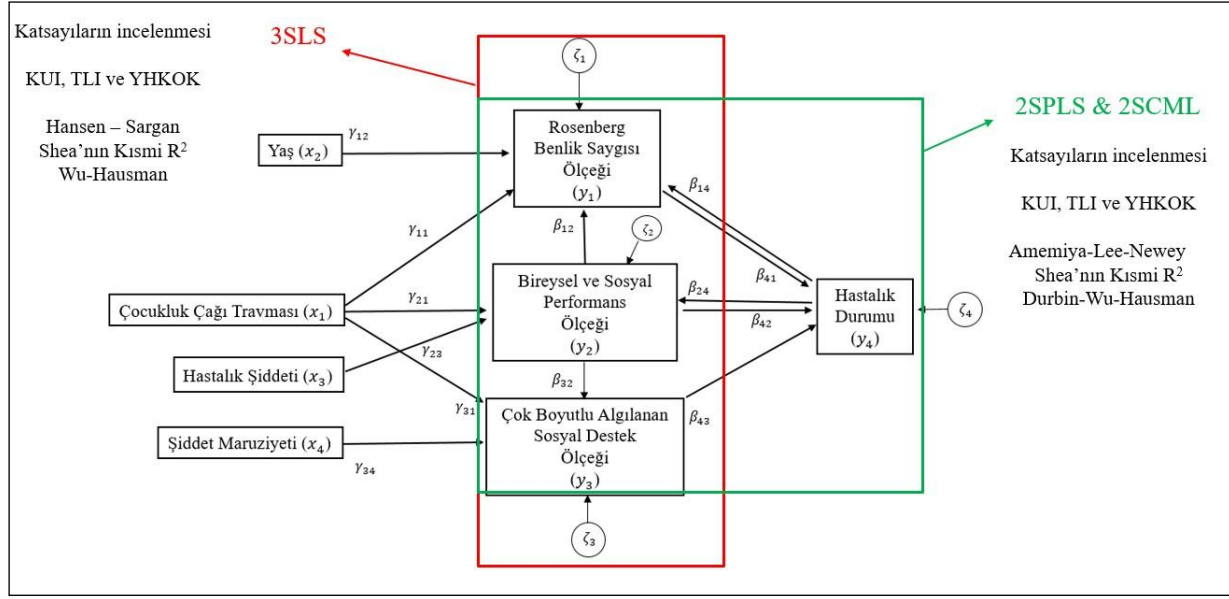
ŞEKİL 3: Tanımlı hâle getirilmiş model.

Analiz aşamasında, literatürde özyinelemesiz sistemlerin çözümünde kullanılan yöntemlerden üç tanesi (2SPLS, 2SCML, 3SLS) kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Modellerin yöntem sonuçlarının değerlendirilmesinde; ilk aşamada katsayıların yönü ve literatür ile uygunluğuna bakılmıştır. Genel uyum için Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (KUI), Tucker-Lewis İndeksi (TLI) ve Yaklaşımın Hata Kareler Ortalaması Karekökü (YHKOK) sonuçları, kritik değerler göz önüne alınarak yorumlanmıştır. Son olarak AD'lerin değerlendirilmesinde; geçerlilik, Sargan-Hansen, Amemiya-Lee-Newey (ALN); güç, Shea'nın Kısmi R^2 ; içsellik ise Durbin-Wu-Hausman testleri ile değerlendirilmiştir.²

Çalışma kapsamında, karmaşık nedenselliğe sahip veri seti üzerinde özyinelemesiz model, YEM süreçleri bakımından incelenmiştir. Korelasyonlar göz önüne alınarak, tanımlılığı sağlamayan bağımlı değişkenle ilişkili, diğer içsel değişkenle ilişkili olmayacak şekilde AD eklenerek, her bir denklem dolayısıyla tüm model tanımlı hâle getirilmiştir. Bu aşamada elde edilen sürekli değişkenler için 3SLS, iki sonuçlu değişken için 2SPLS ve 2SCML yöntemleri kullanılarak tahminleme yapılmıştır. Model uyumu başlığı altında, genel sonuçların ve her bir denklemin kalitesi incelenmiştir. Elde edilen katsayı tahminlerinin uygun işaretlere sahip olup olmaması ve istatistiksel önemlilikleri değerlendirilmiştir. Genel model uyumunun değerlendirilmesinde ise özyinelemeli ve özyinelemesiz modellerde benzer olarak YEM'de kullanılan uyum iyiliği istatistikleri kullanılmaktadır.

Verilerin analizinde Stata 12 (StataCorp. 2011. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP) programı kullanılmıştır. Yapılan analizler ve diyagram ile ilgili özet bilgi Şekil 4'te verilmektedir.



ŞEKİL 4: Analizde kullanılan diyagram ve istatistiklerin özet gösterimi.

2SPLS: İki aşamalı probit en küçük kareler; 2SCML: İki aşamalı koşullu maksimum olasılık; 3SLS: Üç aşamalı en küçük kareler; KUI Karşılaştırmalı Uyum İndeksi; TLI: Tucker Lewis İndeksi; YHKOK: Yaklaşımın hata kareler ortalaması karekökü.

VERİ SETİ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Ana Bilim Dalında tamamlanan tez çalışmasının verileri kullanılmıştır. Çalışma için Ankara Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan izin alınmış (tarih: 10 Nisan 2017; no: 07-363-17) olup, Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uyularak gerçekleştirilmiştir. Yazılı hasta onamı bu çalışmaya katılan tüm katılımcılardan alınmıştır. Kesitsel olarak gerçekleştirilen çalışma kapsamında Mayıs-Haziran 2017 tarihlerinde kliniğe başvuran 378 kişiden, kişisel bilgi formu, şiddet değerlendirme formu, Çocukluk Çağı Travması Ölçeği (ÇÇTÖ), Rosenberg Benlik Saygısı Ölçeği, Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği (ÇBASDÖ), Bireysel ve Sosyal Performans Ölçeği [Personal and Social Performance Scale (PSPS)] yardımı ile veri toplanmıştır. ÇÇTÖ, 5'li Likert yanıt kategorisine sahip 28 sorudan oluşmakta, 25-125 arasında puan almakta ve yüksek puan şiddetli travmayı işaret etmektedir.¹⁰ Rosenberg Benlik Saygısı Ölçeği, 4'lü Likert yanıt kategorisine sahip 63 soru ve 12 alt kategoriden oluşmakta, bu çalışma kapsamında ölçeğin ilk 10 sorusu kullanılmakta, yüksek puan düşük benlik saygısını ifade etmektedir [*Çuhadaroğlu F. Adölesanlarda benlik saygısı (Yayınlanmamış Uzmanlık tezi). Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 1986*]. ÇBASDÖ, 3 alt grupta (aile, arkadaş, özel kişi) her biri 4 sorudan oluşan, toplamda 12 adet 7'li Likert sorudan oluşmakta, yüksek puan algılanan sosyal desteğin yüksek olduğunu göstermektedir.¹¹ PSPS, 4 ana kategoride (sosyal açıdan yararlı aktiviteler, kişisel ve sosyal ilişkiler, öz bakım ve rahatsız edici/agresif davranışlar) 6'lı Likert değerlendirmesi yapılmaktadır. Kişinin işlevselliği 1 ile 10 arasında puan almakta; 1-3 arası puan tam işlevsellik veya çok hafif düzeyde işlevsellik yitimi, 4-6 arası puan; açıkça veya belirgin düzeyde işlevsellik yitimi ve 8-10 puan düzeyi ise şiddetli veya aşırı şiddetli işlevsellik yitimi olarak kabul edilmektedir.¹² Hastalık durumu, ICD-10 kodları göz önüne alınarak, nevroz ve psikoz bozukluk olarak 2 gruba ayrılmıştır. Belirlenen bu değişkenler arasındaki kompleks nedensellik ve sonuçla ilişkisi, YEM içerisinde yer alan özyinelemesiz model ile Stata programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm süreç uzman görüşü alınarak gerçekleştirilmiştir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışma kapsamında nedensellik 3 farklı tahmin yöntemiyle araştırılmıştır. Rosenberg Benlik Saygısı Ölçeği puanı, PSPS puanı ve ÇBASDÖ puanı arasındaki nedensellik ilişkilerinin test edilmesi için 3SLS yöntemi, hastalık durumu değişkeni ile diyagramda yer alan 3 ölçek puanı arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesinde ise 2SPLS ve 2SCML yöntemleri kullanılmıştır.

BULGULAR

2SPLS VE 2SCML SONUÇLARI

Hastalık durumu üzerinde, PSPS, Rosenberg ve ÇBASDÖ puanının etkisi değerlendirildiğinde, her üç değişkenin de istatistiksel olarak anlamlı bir katkıya sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 1). Analiz sonucunda; ÇÇTÖ puanı, yaş, şiddet maruziyeti ve hastalık şiddeti aracılığı ile tahmin edilen bu 3 ölçüm, kişinin psikoz ya da nevroz hastalık tanısı almasında anlamlı bir rol oynamamaktadır. Sistemde yer alan karşılıklı ve döngüsel ilişkiler, seçilen AD'ler göz önüne alındığında, istatistiksel olarak anlamlı değildir. Buna göre kişinin hastalık durumunun psikoz/nevroz olma olasılığı üzerinde; bireysel ve sosyal işlevselliğin, benlik saygısının ve aile, arkadaş/özel bir kişiden aldığı düşündüğü/algıladığı desteğin etkisinin olmadığı görülmüştür. Analiz kapsamında uygulanan Wald Dışsallık testi de benzer olarak, etkisi değerlendirilen değişkenlerin, hastalık durumu üzerinde dışsal değişken olarak anlamlı olmadıklarını doğrulamaktadır ($p=0,716$). Modele artık değerlerin eklenmesi ile elde edilen 2SCML yönteminden elde edilen standart hatalar incelendiğinde, 2SPLS yöntemine göre düşük düzeyde sonuçlar vermiştir.

3SLS SONUÇLARI

PSPS puanı üzerinde, belirti/semptom şiddetinin [$\gamma_{23}=0,120$ ($p<0,001$)] etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kişinin belirtilerinin şiddeti arttıkça, bireysel ve sosyal işlevselliğinin kötüleşmesi beklenmektedir. Rosenberg puanı üzerinde, ÇÇTÖ puanının [$\gamma_{11}=0,109$ ($p=0,001$)] ve yaşın [$\gamma_{12}=-0,128$ ($p<0,001$)] etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre kişinin çocukluğunda yaşadığı travma şiddetinin azalması ve yaşının bir birim artması, benlik saygısını artırmaktadır. ÇBASDÖ puanı üzerinde; ÇÇTÖ puanının [$\gamma_{31}=-0,766$ ($p<0,001$)] etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre çocukluğunda daha şiddetli travmaya maruz kalanların; aile, arkadaş ya da özel bir kişiden aldığı düşündüğü/algıladığı desteğin daha az olduğu görülmektedir (Tablo 2).

TABLO 1: 2SPLS ve 2SCML yönteminden elde edilen sonuçlar.

		Katsayı	SH	z	p değeri	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
2SPLS	Sabit	0,839	2,598	0,32	0,747	-4,253	5,932
	ÇBASDÖ	-0,014	0,018	-0,75	0,451	-0,049	0,022
	Rosenberg	-0,045	0,079	-0,58	0,564	-0,199	0,109
	PSPS	0,073	0,088	0,83	0,407	-0,099	0,245
2SCML	Sabit	0,814	2,521	0,33	0,738	-4,09	5,783
	ÇBASDÖ	-0,014	0,017	-0,78	0,436	-0,048	0,021
	Rosenberg	-0,045	0,076	-0,59	0,552	-0,195	0,104
	PSPS	0,073	0,086	0,85	0,393	-0,095	0,241

2SPLS: İki aşamalı probit en küçük kareler; 2SCML: İki aşamalı koşullu maksimum olasılık; EÇO: En çok olasılık; SH: Standart hata; ÇBASDÖ: Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği; PSPS: Bireysel ve Sosyal Performans Ölçeği.

TABLO 2: 3SLS yönteminden elde edilen sonuçlar.

		Katsayı	SH	z	p değeri	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
PSPS	Sabit	-0,053	0,412	-0,13	0,898	-0,860	0,754
	ÇÇTÖ	0,003	0,007	0,47	0,642	-0,010	0,016
	Hastalık şiddeti	0,120	0,075	14,85	<0,001	0,972	1,267
	Hastalık durumu	0,314	0,182	1,73	0,084	-0,042	0,671
Rosenberg	Sabit	20,525	2,266	9,06	<0,001	16,083	24,968
	Yaş	-0,128	0,033	-3,89	<0,001	-0,192	-0,128
	ÇÇTÖ	0,109	0,033	3,33	0,001	0,045	0,109
	PSPS	0,500	0,326	1,53	0,125	-0,140	0,500
	Hastalık durumu	-0,038	0,868	-0,04	0,965	-1,739	-0,038
ÇBASDÖ	Sabit	89,828	6,076	14,78	<0,001	77,919	101,737
	Şiddet maruziyeti	-0,955	2,617	-0,36	0,715	-6,083	4,174
	ÇÇTÖ	-0,766	0,103	-7,43	<0,001	-0,968	-0,564
	PSPS	-0,202	0,976	-0,21	0,836	-2,116	1,711

3SLS: Üç aşamalı en küçük kareler; SH: Standart hata; PSPS: Bireysel ve Sosyal Performans Ölçeği; ÇÇTÖ: Çocukluk Çağı Travması Ölçeği; ÇBASDÖ: Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği.

MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Model uyum indeksleri incelendiğinde; KUI=0,97 ve TLI=0,92 değerlerine göre model uyumunun yüksek, YHKOK=0,052<0,08 olması kabul edilebilir bir uyumu göstermektedir. Özyinelemesiz modellerde sıklıkla kullanılan AD'lerin değerlendirilmesi çalışmada önemli bir role sahiptir. AD'ler geçerlilik, güç ve içsellik açısından değerlendirilmiştir. Geçerlilik, 3SLS yöntemi için Stata programında "overid" komutu ile değerlendirildiğinde, elde edilen Sargan-Hansen testi sonucuna göre AD'lerin geçerli olduğu görülmektedir (Sargan=5,694; p=0,340>0,05). Aynı değerlendirme 2SPLS yöntemi için ALN sonucuna göre de yapılmıştır (ALN=0,719; p=0,401>0,05). Gücün değerlendirilmesinde, birinci aşama regresyonlarda elde edilen R² değerleri dikkate alınmaktadır. İkinci aşamada kullanılan tahmin değerleri çoğunlukla etkisiz olduğu için birinci aşamada elde edilen kısmi varyanslar kullanılmıştır. Sistemde birden fazla içsel değişken olduğunda, araçlar arasındaki korelasyonların değerlendirildiği Shea'nın Kısmi R² değeri içsel değişkenler bazında hesaplanmıştır. Seçilen AD'lerin gücü; hastalık durumu (F=2,57<10), ÇBASDÖ (F=5,94<10) ve PSPS (F=2,19<10)) için zayıf, Rosenberg için ise güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır (F=12,9>10). İçsellik açısından incelendiğinde ise Durbin-Wu-Hausman içsellik testi, sistemde içsel olarak tanımlanan değişkenin gerçekten içsel olup olmadığını vermektedir. AD'lerin gücü önceki başlıkta güçlü olarak değerlendirildiği için burada yapılan işlem daha güvenilir performans göstermektedir. Modelin değerlendirilmesine ilişkin ayrıntılı bilgi [Tablo 3](#)'te yer almaktadır.

TABLO 3: Modelin değerlendirilmesi.

	Geçerlik	Güç	İçsellik
Amaç	Hariç tutulan AD'lerin hata terimiyle ilişkisiz olduğu varsayımını test etmek	AD'nin, içsel veya sorunlu değişkeniyle ilişkili olması	Sistemde içsel olarak tanımlanan değişkenin gerçekten içsel olup olmadığını test etmek
Test	Basmann & Sargan (3SLS) Amemiya-Lee-Newey (2SPLS)	Shea's Partial R ² & F istatistiği	Durbin-Wu-Hausman
Değerlendirme	Hipotez kabul	F>10	Hipotez ret
AD Kalite Değerlendirme	S : 0,340>0,05 ALN : 0,401>0,05	ÇBASDÖ (F=5,94<10) PSPS (F=2,19<10) Rosenberg (F=12,9>10)	ÇBASDÖ & PSPS (p<0,05) Rosenberg (p>0,05)

AD: Araç değişkeni; 3SLS: Üç aşamalı en küçük kareler; 2SPLS: İki aşamalı probit en küçük kareler; S: Sargan; ALN: Amemiya-Lee-Newey; ÇBASDÖ: Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği; PSPS: Bireysel ve Sosyal Performans Ölçeği.

TARTIŞMA

YEM literatüründe genellikle özyinelemeli modeller kullanılmakta, ekonometri ve sosyal bilimlerde eş zamanlı olarak incelenmesi gereken ilişkiler için ya da ilişkilerin daha karmaşık olduğu yapılarda ise özyinelemesiz modeller ile analizler yapılmaktadır. Sağlık alanında gerçekleştirilen çalışmalarda, oluşturulan diyagram ve değişkenler arasındaki ilişkiler baz alındığında, bu tür nedensel ilişkilerin döngüsel ve/veya karşılıklı olduğu durumlarda özyinelemesiz model ve konuya özgü tahmin yöntemlerinin kullanılması uygun görülmektedir. Özellikle çalışma alanı gereği psikiyatri alanında, kişilerin yaşam olayları, olaylar karşısında tepkileri, duygu/düşünceleri ve dışa vurumları karmaşık bir yapı göstermekte ve bu durumun çözümlenmesi için farklı yaklaşımlar uygulanmaktadır.¹³⁻¹⁷

ÇÇTÖ'nün, algılanan destek ve minnet duygusu ile yapısının incelendiği Yanhui ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışma, bu çalışma kapsamında araştırılan diyagrama benzer şekilde ÇÇTÖ'nün algılanan sosyal desteği etkileyeceği düşünülerek YEM ile değerlendirilmiştir.¹⁸ Breznau'nun, eş zamanlı denklemlerde nedenselliği incelediği çalışmasında, farklı türlerde karşılıklı ilişkinin olduğu sistemlerde uygulanması gereken aşamaları ifade etmektedir. Çalışmada, özyinelemesiz modellerle ilgili verilen örneklerde modelin tanımlanmasının önemli olduğunu, bu amaç için AD'nin olduğu ve olmadığı durumlar gösterilmektedir.¹⁹

Sonuç olarak, değişkenler arasındaki döngüsel/karşılıklı nedenselliğin, AD'ler göz önüne alındığında seçilen yöntemler ile daha açıklayıcı olarak değerlendirilebildiği izlenmektedir. 2SPLS yanlılık konusunda daha iyi iken, 2SCML yönteminde standart hata tahmininde daha tutarlı ve içsellik/dışsallık testlerinde daha fazla bilgi vermektedir.⁶ 2SPLS yönteminin paket programlardaki teorik alt yapısı değerlendirildiğinde; karşılıklı/döngüsel ilişkilerin olduğu sistemlerde iki sonuçlu değişken olması durumunda logit, lojistik ya da probit kullanılması gerekmektedir.¹⁰ Uygulamadan elde edilen bulgular, 2SPLS ve 2SCML yöntemleri yerine 3SLS yöntemi ile klinisyen yorumlarına daha yakın sonuçlar elde edildiği göstermektedir. Grondijs, ikili sonuç değişkeni olması durumunda AD tahmin yöntemlerini araştırmış, 2SLS ve 3SLS yöntemlerinin, hangi durumlarda kullanılacağını ifade etmiştir. Nedensel çıkarsamanın yapılması için modelin doğru bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir.²⁰

Hastalık durumu için açıklayıcı olduğu düşünülen ölçüklerin 2SPLS ve 2SCML yöntemleri ile değerlendirmesi sonucunda; ÇÇTÖ puanı, yaş, şiddet maruziyeti ve belirti/semptom şiddeti aracılığı ile tahmin edilen ÇBASDÖ, PSPS ve Rosenberg ölçümleri, kişinin nevroz ya da psikoz tanısı almasında anlamlı bir rol oynamamaktadır.

Literatürdeki çalışmalara benzer olarak; çalışmanın kesitsel olması, psikiyatrik hastalığı olan kişilerle yapılmış olması nedeniyle beyana dayalı ifadelerin yanlılığı araştırmanın kısıtlılıklarıdır.

SONUÇ

Özellikle ekonometri literatüründe kullanılan EDM, bazı faktörler (çalışmanın amacı, oluşturulan diyagram, AD'ler, kullanılan yöntemler) göz önüne alındığında, sağlık alanında özyinelemesiz modellerin bir uygulaması niteliğindedir. Son yıllarda özyinelemesiz modellerle ilgili daha fazla çalışmalar yapılmaktadır, ancak AD'ler ve uygun yöntemlerin kullanılması hâlâ sınırlı düzeydedir. Araştırılmak istenen değişkenler arasındaki nedenselliğin döngüsel ya da karşılıklı olması durumunda çalışmada verilen yöntemlerin daha sık kullanılması önerilmektedir. Farklı örneklem grupları ve ölçükler, çalışmaya dâhil edilerek farklı AD'ler ile analizlerin tekrarlanması, sonraki çalışmaların hedefi olabilir.

Teşekkür

Çalışmada uzman görüşü ile destek veren Sn. Prof. Dr. Meram Can SAKA ve veri paylaşımında bulunan Sn. Dr. Fuad BASHİROV'a teşekkür ederiz.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Selen Begüm Uzun, Derya Gökmen; **Tasarım:** Selen Begüm Uzun, Derya Gökmen; **Denetleme/Danışmanlık:** Derya Gökmen; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Selen Begüm Uzun; **Analiz ve/veya Yorum:** Selen Begüm Uzun; **Kaynak Taraması:** Selen Begüm Uzun, Derya Gökmen; **Makalenin Yazımı:** Selen Begüm Uzun; **Eleştirel İnceleme:** Derya Gökmen.

KAYNAKLAR

1. Wang J, Wang X. Structural Equation Modeling Applications Using Mplus. 1st ed. Hoboken: Wiley, Higher Education Press; 2012. [\[Crossref\]](#)
2. Paxton P, Hipp JR, Marquart-Pyatt S. Nonrecursive Models: Endogeneity, Reciprocal Relationships, and Feedback Loops. 1st ed. California: Sage Publications; 2011. [\[Crossref\]](#)
3. Kline RB. Principles and Practice of Structural Equation Modelling. 3rd ed. New York: The Guilford Press; 2011.
4. Bollen KA. Structural Equations with Latent Variables. 1st ed. New York: John Wiley & Sons; 1989. [\[Crossref\]](#)
5. Amemiya T. The maximum likelihood and the nonlinear three-stage least squares estimator in the general nonlinear simultaneous equation model. *Econometrica*. 1977;45(4):955-68. [\[Crossref\]](#)
6. Alvarez RM, Glasgow G. Two-stage estimation of nonrecursive choice models. *Political Analysis*. 1999;8(2):147-65. [\[Crossref\]](#)
7. Öztuna D. Kas-iskelet sistemi sorunlarının özürülük değerlendiriminde bilgisayar uyarlamalı test yönteminin uygulanması [Doktora tezi]. Ankara: Ankara Üniversitesi. 2009. [Erişim tarihi: 3 Temmuz 2023]. Erişim linki: [\[Link\]](#)
8. Achen CH. The Statistical Analysis of Quasi-Experiments. 1st ed. California: University of California Press; 1986. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
9. Zellner A, Theil H. Three-stage least squares: simultaneous estimation of simultaneous equations. In: Raj B, Koerts J, eds. *Henri Theil's Contributions to Economics and Econometrics*. 1st ed. Dordrecht: Springer; 1962. p.147-78. [\[Crossref\]](#)
10. Şar V, Öztürk E, İkikardeş E. Çocukluk çağı ruhsal travma ölçeğinin türkçe uyarlamasının geçerlilik ve güvenilirliği [Validity and reliability of the Turkish version of childhood trauma questionnaire]. *Türkiye Klinikleri. Tıp Bilimleri Dergisi*. 2012;32(4):1054-63. [\[Crossref\]](#)
11. Eker D, Arkar H. Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeğinin gözden geçirilmiş formunun faktör yapısı, geçerlik ve güvenilirliği [Factorial structure, validity, and reliability of revised form of the multidimensional scale of perceived social support]. *Türk Psikiyatri Dergisi*. 2001;12(1):17-25. [\[Link\]](#)
12. Aydemir Ö, Uçok A, Esen A. Bireysel ve Sosyal Performans Ölçeği'nin Türkçe sürümünün geçerlilik ve güvenilirlik çalışması [The validation of Turkish version of personal and social performance scale]. *Klinik Psikofarmakoloji Bülteni*. 2009;19(2):93-100. [\[Link\]](#)
13. Keshk OMG. CDSIMEQ: A program to implement two-stage probit least squares. *The Stata Journal*. 2003;3(2):157-67. [\[Crossref\]](#)
14. Gitto L, Noh YH, Andrés AR. An Instrumental Variable Probit (IVP) analysis on depressed mood in Korea: the impact of gender differences and other socio-economic factors. *Int J Health Policy Manag*. 2015;4(8):523-30. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
15. McDonald RP, Ho MH. Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychol Methods*. 2002;7(1):64-82. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
16. Finch WH, French BF. Modeling of nonrecursive structural equation models with categorical indicators. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*. 2015;22(3):416-28. [\[Crossref\]](#)
17. Frazier DT, Renault E, Zhang L, Zhao X. Weak Identification in Discrete Choice Models. arXiv preprint arXiv:2011.06753. 2020. [\[Link\]](#)
18. Yanhui X, Di C, Jiaxu Z. How is childhood abuse associated with moral disgust? The mediating role of social support and gratitude-based on the theory of mind. *Journal of Aggression, Maltreatment & Trauma*. 2020;30(8):1028-40. [\[Crossref\]](#)
19. Breznau N. Simultaneous feedback models with macro-comparative cross-sectional data. *Methods, Data, Analyses: A Journal for Quantitative Methods and Survey Methodology (mda)*. 2018;12(2):265-307. [\[Link\]](#)
20. Grondijs HL. Instrumental Variable Estimation With Dichotomous Outcomes [Master thesis]. Holland: University of Leiden; 2015. [Cited: 10.10.2023] Available from: [\[Link\]](#)