T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİKTE ARACILIK MODELLERİ VE ANALİZİ

Murat Doğuş GÜNEL
BİYOİSTATİSTİK ANABİLİM DALI
(TIP PROGRAMI)
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Sıddık KESKİN

VAN-2024

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİKTE ARACILIK MODELLERİ VE ANALİZİ

Murat Doğuş GÜNEL
BİYOİSTATİSTİK ANABİLİM DALI
(TIP PROGRAMI)
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Sıddık KESKİN

VAN-2024

KABUL VE ONAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik Ana Bilim Dalı'nda Murat Doğuş GÜNEL tarafından hazırlanan *"İSTATİSTİKTE ARACILIK MODELLERİ VE ANALİZİ"* adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 26/07/2024

Prof. Dr. Sıddık KESKİN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Abdullah YEŞİLOVA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi İsmail YILDIZ
Dicle Üniversitesi
Jüri Üyesi

Tez hakkında alınan jüri kararı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Semiha DEDE
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum *"İSTATİSTİKTE ARACILIK MODELLERİ VE ANALİZİ"* başlıklı tezim; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Bu tezdeki bütün bilgiler akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak hazırlanıp, bu kural ve ilkeler gereği, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yapılmış ve kaynak gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Murat Doğuş GÜNEL
26/07/2024

TEŞEKKÜR

Öncelikle sorduğum her soruya açıklıkla yanıt veren danışmanım Prof. Dr. Sıddık KESKİN'e, değerli bilgi paylaşımı ve rehberliği için teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca bana sağladığı bilimsel katkılar ve yol gösterici önerileri için minnettarım. Yüksek lisans eğitimim süresince bana her türlü desteği sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi çalışanlarına ve hocalarıma teşekkür ederim. Bu süreçte kazandığım bilgi ve deneyimler, akademik hayatımda önemli bir yer tutacaktır.

ÖZET

Günel MD., İstatistikte Aracılık Modelleri ve Analizi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van, 2024. Aracılık analizi, bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkisinin, aracılık değişkeni ya da değişkenleri yoluyla nasıl gerçekleştiğini belirlemek üzere kullanılan analiz yöntemlerinden birisidir. Diğer bir ifade ile X nedensel değişkeninin, Y sonuç değişkeni üzerindeki etkisini nasıl ilettiğine ilişkin hipotezleri test etmek üzere kullanılabilir. Bu çalışmada, aracılık analizinin genel özelliklerinin açıklanması ve konunun anlaşılmasına katkı sağlamak üzere, uygulamalar yapılarak sonuçların yorumlanması ve tartışılması amaçlanmıştır. Çalışmada materyal olarak açık kaynaklı veri setleri kullanılarak, basit ve çoklu aracılık modelleri için uygulama yapılmıştır. Basit ve çoklu aracılık modellerinde; toplam 4 uygulama ile doğrudan, aracılı ve toplam etkiler incelenmiştir. İlk iki uygulamada basit aracılık analizi üzerinde durulurken, üçüncü uygulamada üç aracı değişkenli bir çoklu aracılık analizi uygulaması yapılmıştır. Son olarak, dördüncü uygulamada ise üçüncü uygulamada, istatistik olarak önemli bulunmayan aracı değişken modelden çıkarılarak, iki aracı değişkenli çoklu aracılık analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, Aracılık analizinin genel özelliklerinin ve yapısının açıklanması ile birlikte, basit ve çoklu aracılık modellerinin çözüm ve yorumlanmasına ilişkin özet bilgiler sunan bu çalışmanın, uygulamada bu alanda çalışabilecek araştırmacılara ve literatüre önemli katkı sağlayacağı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aracılık analizi, aracı değişken, korelasyon, path analizi, regresyon

ABSTRACT

Günel MD., Statistical Mediation Models and Analysis, Van Yüzüncü Yıl University, Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Department of Biostatistics, Master's Thesis, Van, 2024. Mediation analysis is one of the analysis methods used to determine how the effect of an independent variable on a dependent variable is realized through the mediation variable or variables. In other words, it can be used to test hypotheses about how the causal variable X transmits its effect on the outcome variable Y. In this study, it is aimed to explain the general characteristics of mediation analysis and to interpret and discuss the results by making applications in order to contribute to the understanding of the subject. In the study, an application was made for simple and multiple mediation models using open access data sets as material. In simple and multiple mediation models; direct, mediated and total effects were examined with a total of 4 applications. While the first two applications focused on simple mediation analysis, a multiple mediation analysis application with three mediator variables was made in the third application. Finally, in the fourth application, a multiple mediation analysis with two mediator variables was made by removing the mediator variable that was not found statistically significant from the model in the third application. In conclusion, it has been emphasized that this study, which provides summary information on the solution and interpretation of simple and multiple mediation models along with the explanation of the general characteristics and structure of mediation analysis, will make a significant contribution to the literature and to researchers who can study in this field in practice.

Keywords: Mediation analysis, mediator variable correlation, path analysis, regression

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay II

Etik Beyan III

Teşekkür IV

Özet V

Abstract VI

İçindekiler VII

Simgeler ve Kısaltmalar IX

Şekiller Listesi X

Tablolar Listesi XII

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 3

2.1. Değişken 3

2.2. Bağımsız Değişken 3

2.3. Bağımlı Değişken 3

2.4. Korelasyon 3

2.4.1. Pearson korelasyon katsayısı 4

2.4.2. Spearman korelasyon katsayısı 5

2.5. Nedensellik İlişkisi 5

2.6. Regresyon 6

2.6.1. Basit doğrusal regresyon 7

2.7. Path Analizi 9

2.7.1. Path analizinde temel tanımlar 10

2.7.2. Path diyagramı 10

Analiz edilmemiş etki 11

Sahte etki 11

2.7.4. Path modelinin test edilmesi 12
3. GEREÇ VE YÖNTEM 14
3.1. Gereç 14
3.2. Yöntem 15
3.2.1. Aracılık analizi 15
3.2.2. Çoklu aracılık analizi 23
4. BULGULAR 27
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 39
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 45
EKLER 46

SİMGELER VE KISALTMALAR

VKİ: Vücut Kütle İndeksi

AE: Aracılı Etki

HKO: Hata Kareler Ortalaması

R^2: Belirleme Katsayısı

KÜA: Kan Üre Azotu

OAB: Ortalama Arter Basıncı

OS: Oksijen Saturasyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Basit aracılık modelinin kavramsal diyagramı 2

Şekil 2. Basit doğrusal regresyon için path diyagramı 11

Şekil 3. Çoklu doğrusal regresyon için path diyagramı 11

Şekil 4. Analiz edilmemiş etkinin kavramsal diyagramı 12

Şekil 5. Sahte etkinin kavramsal diyagramı 12

Şekil 6. Doğrudan etkinin kavramsal diyagramı 16

Şekil 7. Aracılı etkinin kavramsal diyagramı 17

Şekil 8. İki değişkenli uygulamalarda ilişkinin yönü 19

Şekil 9. Üç değişkenli uygulama diyagramı 19

Şekil 10. Aracı değişken ve moderatör değişkenin diyagramı 22

Şekil 11. Çoklu (iki aracı değişkenli) aracılık modeli diyagramı 23

Şekil 12. Çoklu (j aracı değişkenli) aracılık modeli diyagramı 24

Şekil 13. Glikoz bağımlı değişkeni için basit diyagram 27

Şekil 14. Glikoz bağımlı değişkeni için VKİ aracı değişkeni ile diyagram 27

Şekil 15. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın glikoza etkisi 29

Şekil 16. Glikoz bağımlı değişkeni için VKİ aracı değişkeni ile sonuç diyagramı 30

Şekil 17. VKİ bağımlı değişkeni için basit diyagram 31

Şekil 18. VKİ bağımlı değişkeni için Glikoz aracı değişken ile diyagram 31

Şekil 19. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın VKİ'ye etkisi 32

Şekil 20. VKİ bağımlı değişkeni için Glikoz aracı değişkeni ile sonuç diyagramı 33

Şekil 21. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın OAB düzeyine etkisi 34

Şekil 22. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın ortalama arter basıncı üzerine etkisi... 35

Şekil 23. OAB bağımlı değişkeni için KÜA, OS ve D-Dimer aracı değişkenleri ile sonuç diyagramı 37

Şekil 24. OAB bağımlı değişkeni için KÜA ve D-Dimer aracı değişkenleri ile sonuç diyagramı 37

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Nedensellik ilişkisi

Tablo 2. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon katsayıları

Tablo 3. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler

Tablo 4. Özellikler arası korelasyon katsayıları

Tablo 5. VKİ'nin aracı olduğu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Tablo 6. Glikozun aracı olduğu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Tablo 7. Üç aracı değişkenin olduğu çoklu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Tablo 8. KÜA ve D-Dimer düzeyinin aracı olduğu çoklu aracılık analizine ait özet sonuçlar

1. GİRİŞ

Bilimsel çalışmalarda temel amaç, ilgilenilen olayı tanımlamak olabileceği gibi olaylar veya olgular arasındaki ilişkileri belirlemek üzere değişkenler arası yapıyı incelemek de olabilir. Tanımlayıcı çalışmalarda, genel olarak mevcut durum sunulurken, çıkarımsal çalışmalarda gözlem yapılan canlı ya da nesne grupları arasında fark olup olmadığı veya ilgilenilen özellikler arasında önemli bir ilişki olup olmadığı belirlenmeye çalışılır.

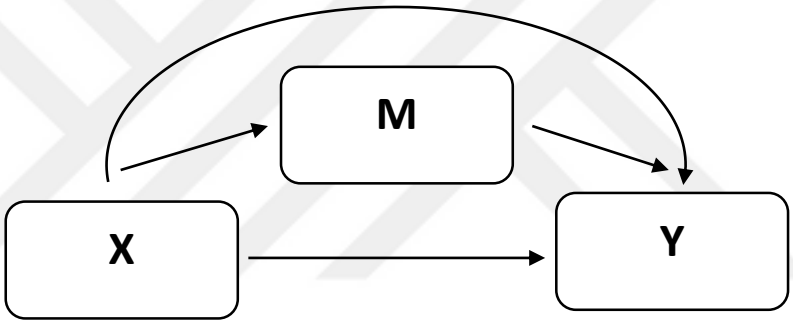
İlgilenilen değişken sürekli bir değişkense ve bu değişkenle ilişkili olabileceği düşünülen değişken veya değişkenler kategorik ise ilgilenilen değişken bakımından kategorik değişkenin seviyeleri arasında fark olup olmadığı analiz edilir. İncelenen değişkenlerin tümünün sürekli olması durumunda, bu değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılır. Değişkenler arasındaki ilişkiler, genel olarak doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkiler olarak tanımlanabilir. Ayrıca, ilişkiler incelenmek istenen değişken sayısına göre basit veya çoklu olarak da nitelendirilebilir. Sürekli değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için genellikle korelasyon ve regresyon katsayıları kullanılır.

Özellikler arasındaki ilişkinin incelenmesinde, ilişkinin yönü ve derecesi belirlenmek isteniyorsa, bu durumda yaygın olarak kullanılan istatistik korelasyon katsayısıdır. Buna karşılık, araştırıcının cevap değişkeni veya bağımlı değişken olarak varsaydığı değişken ile bağımsız değişken(ler) (veya açıklayıcı değişken) olarak varsaydığı değişkenler arasındaki ilişki belirlenmek isteniyorsa, regresyon katsayısı yaygın olarak kullanılmaktadır.

Regresyon katsayılarına dayalı bulunan model yardımıyla, tahminler (kestirimler) yapılabildiğinden bu model; tahmin modeli, kestirim modeli, regresyon modeli, regresyon denklemi veya regresyon eşitliği olarak bilinir. Bu model yardımıyla, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki, sebep-sonuç ilişkisi olarak da ifade edilebilir. Ancak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin farklı ölçü biriminde olması durumunda, katsayıların yorumlanmasında standardizasyonun sağlanması için değişkenler standardize edilerek regresyon modelleri elde edilir. Standardize edilmiş değişkenler kullanılarak elde edilen regresyon modellerindeki regresyon katsayıları ise path (iz) katsayısı olarak adlandırılır. Standardize edilmiş değişkenlerle, sebep-sonuç

ilişkisine dayalı yapılan analizler de path analizi olarak bilinir. Path analizinde, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerine doğrudan etkisi bulunabileceği gibi diğer bağımsız değişkenler üzerinden olan dolaylı etkileri de bulunabilir.

Sağlık bilimlerinde, hastalıkların tedavi süreçlerinde, ilgilenilen değişkenlerin doğrudan ve dolaylı etkilerinin belirlenmesi istenildiğinde, aracılık modelleri ve analizleri kullanılabilir. Analiz yöntemi, bir bağımsız değişkenin, bir bağımlı değişken üzerindeki etkisinin, aracılık değişkeni ya da değişkenleri aracılığı ile nasıl gerçekleştiğini belirlemek üzere kullanılmaktadır. Aracılık modelleri, regresyon modellerine benzerlik göstermektedir. Diğer bir ifade ile aracılık modelleri, bir çeşit regresyon modelleridir. Aracılık modellerinde bağımlı değişken (veya sonuç değişkeni), açıklayıcı değişken (veya bağımsız değişken) ve aracı değişken (mediatör değişken) rol alır.



Şekil 1. Basit aracılık modelinin kavramsal diyagramı

Basit aracılık modelinin kavramsal diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1' de X bağımsız değişkeni, M aracı değişkeni ve Y de bağımlı değişkeni temsil etmektedir. Aracılık analizinde, X bağımsız değişkeninin, Y bağımlı değişkenine, M aracı değişken üzerinden etkisi araştırılır. Böylece doğrudan ve aracı etkisi söz konusudur.

Bu çalışmada, aracılık analizinin genel özelliklerinin açıklanması ve konunun anlaşılmasına katkı sağlamak üzere, uygulamalar yapılarak sonuçların yorumlanması ve tartışılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Değişken

En genel ve basit anlamıyla değişken, farklı değerler alabilen özellik olarak ifade edilebilir. Ölçülebilen veya atfedilen herhangi bir özellik olabilir.

2.2. Bağımsız Değişken

Açıklayıcı, etkileyen ya da yordayıcı değişken olarak da bilinen bağımsız değişken, diğer değişken veya değişkenler tarafından etkilenmediği veya değişmediği varsayılan değişkendir. Nedensellik (sebep-sonuç ilişkisi) durumunda sebep değişkeni olarak da adlandırılır.

2.3. Bağımlı Değişken

Bir ya da daha fazla bağımsız değişken tarafından etkilendiği veya bağımsız değişkene göre değiştiği düşünülen değişkendir. Açıklanan, etkilenen veya yordanan değişken ya da çıktı (output, cevap ya da yanıt) değişkeni olarak da bilinir. Nedensellik (sebep-sonuç ilişkisi) durumunda sonuç değişkeni olarak adlandırılır.

2.4. Korelasyon

Korelasyon, genel olarak iki ya da daha fazla değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve derecesini belirtir. İki değişken (genellikle biri bağımlı diğeri bağımsız değişken) arasındaki ilişki basit korelasyonla belirlenirken; bir bağımlı değişkenin iki ya da daha fazla bağımsız değişken ile ilişkisi çoklu korelasyonla belirlenir. Bazı durumlarda iki değişken arası ilişkiye diğer değişkenlerin de etkisi varsa, bu etkiyi gidermek üzere kısmi korelasyon katsayısı kullanılır.

Hesaplama yapılırken hangi korelasyon katsayısının kullanılacağı koşullara göre belirlenir. İki sürekli değişken için normallik varsayımının sağlanması durumunda, Pearson (r) korelasyon katsayısı, sağlanmaması durumunda Spearman (r_s) korelasyon katsayısı kullanılır.

2.4.1. Pearson korelasyon katsayısı

Pearson korelasyon katsayısı, iki sürekli değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve derecesini belirtir. Örneklem korelasyon katsayısı "r", evren korelasyon katsayısı "ρ" ile ifade edilir. Uygulamalarda bu katsayının kullanılabilmesi için her iki değişkenin de normal dağılım göstermesi gerekir.

Pearson korelasyon katsayısı r;

x: Bağımsız değişken,

y: Bağımlı değişken olmak üzere;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2}{n}\right)}} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Hesaplanan bu katsayının istatistik olarak anlamlı (önemli) olup olmadığı ya da sıfırdan istatistik olarak önemli derecede farklı olup olmadığı test edilebilir.

H_0: ρ = 0 (İki değişken arasında ilişki yoktur) test hipotezini,

H_1: ρ ≠ 0 (İki değişken arasında ilişki vardır) hipotezine karşı test etmek üzere aşağıdaki test istatistiği hesaplanır:

$$t_{hesap} = \frac{r-\rho}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (2)$$

Karar verirken, t_{hesap} değeri ile t_{tablo} değeri karşılaştırılır. t_{tablo}, istenilen yanılma düzeyinde n-2 serbestlik dereceli t_{tablo} değeridir. $t_{hesap} \geq t_{tablo}$ ise sıfıra eşitlenen "H_0: ρ=0" hipotezi reddedilerek iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olduğuna hükmedilir.

2.4.2. Spearman korelasyon katsayısı

Spearman korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişikliyi belirlemek üzere kullanılan parametrik olmayan bir istatistiktir. Pearson korelasyon katsayısından farklı olarak, Spearman korelasyon katsayısı verilerin sıralamalarına dayanır ve bu nedenle verilerin normal dağılıma uyması gerekmez. Spearman korelasyon katsayısı, veriler monotonik, ancak doğrusal olmayan bir ilişkiye sahip olduğunda kullanılabilir.

2.5. Nedensellik İlişkisi

Bir sağlık sorununun ya da hastalığın kişi, yer ve zaman özelliklerine göre tanımlanmasından sonraki aşama, bu sorunun ya da hastalığın nedenlerinin belirlenmesidir. Analitik araştırmalarda, önce etken (bağımsız değişkenler) ile hastalık ya da sağlık sorunu (bağımlı değişken) arasında bir ilişki olup olmadığı incelenir. Hastalık, bağımsız değişkenlerin farklı düzeylerinde değişim gösteriyorsa, aralarında bir ilişkinin varlığından söz edilir. Bundan sonra yapılması gereken, iki değişken arasındaki ilişkinin "nedensel" olup olmadığının belirlenmesidir.

Herhangi bir nedenin bir etkiye ya da sonuca yol açması söz konusu olduğunda bu ilişkinin; gereklilik ve yeterlilik özelliklerine dikkat etmek gerekir. Bu anlamda bir neden ile sonuç arasında ortaya çıkabilecek dört ilişki durumu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Nedensellik ilişkisi

	Gereklilik	**Yeterlilik**
A	+	+
B	+	-
C	-	+
D	-	-

Tablo 1'de gösterilen bu ilişkilerden,

1) Tablonun A satırında yer alan birinci tür ilişkide; neden, sonucun ortaya çıkması için hem gerekli hem de yeterlidir. Bunun anlamı, nedenin yokluğunda sonucun ortaya çıkması söz konusu değildir. Varlığında ise sonuç mutlaka ortaya çıkacaktır.

2) Tablonun B satırında yer alan ikinci tür ilişkide; neden, sonucun ortaya çıkması için gereklidir. Ancak yeterli değildir.

3) Tablonun C satırında yer alan üçüncü tür ilişkide, neden gerekli değil ancak yeterlidir.

4) Tablonun D satırında yer alan dördüncü tür ilişkide ise neden, sonucun ortaya çıkması için gerekli de değildir, yeterli de değildir. Bilimsel yöntem kullanılmadan ortaya atılan pek çok ilişki bu gruba girmektedir.

Bu dört tür ilişkiye ek olarak, bazı karıştırıcı değişkenler de yanlışlıkla yeterlilik ya da gereklilik değerlendirmesinde yer alabilmekte ve yanlış nedensellik değerlendirmelerine neden olabilmektedir. Örneğin, denizde boğulma vakaları ile dondurma tüketimi arasındaki ilişkide, denizde boğulmak için dondurma yemek ne gereklidir ne de yeterlidir. Her iki olayın da temelinde ortak bir değişkenin, mevsimin yer alması, yani üçüncü bir değişkenin karıştırıcılığı söz konusudur.

Nedensel ilişkiler doğrudan (direct) veya dolaylı (indirect) olabilir. Doğrudan ilişkilerde tek bir etkene maruz kalma hastalığa yol açar. Örneğin, bulaşıcı hastalıklarda bakteriler, virüsler, parazitler belirli bir hastalıktan sorumludur. Bu etkenler olmazsa hastalık oluşmaz. Bazı hastalıklar ise çok nedenlidir ve çeşitli nedenler bir hastalığın oluşmasında farklı düzeylerde etkili olabilir. Böyle durumlarda, bu etkenler ile hastalık arasındaki ilişkiler dolaylıdır (Gökmen ve ark., 2018).

2.6. Regresyon

Regresyon, kelime anlamıyla Türkçeye “Bağlanım” olarak çevrilmiştir. İncelenen bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin belirli varsayımları sağlayarak bir amaç doğrultusunda matematiksel olarak modellenmesi ve regresyon eşitliği elde edilmesi sürecine “Regresyon çözümlemesi” denir (Alpar, 2022).

Regresyon çözümlemesi iki değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmamasına, modeldeki bağımsız değişken sayısına ve bağımlı değişkenin türüne göre farklılık gösterir. Çalışma kapsamında basit ve çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi üzerinde durulmuştur.

Bir regresyon denklemi veya eşitliği oluşturabilmek için gerekli varsayımlar:

1) Örneklem popülasyonu temsil etmektedir.

2) Bağımsız değişken(ler) ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki vardır.

3) Tüm değişkenler normal dağılım gösterir. Kontrol etmek için artıkların histogram, P-P veya Q-Q grafiği çizilir.

4) Aykırı değerler yoktur (aykırı değerler varsa bunların çıkarılması gerekir). Kontrol etmek için aykırı değerleri tespit etmeye yönelik bir test kullanılır.

5) Bağımsız değişkenlerin tümü doğrusal olarak bağımsızdır (diğer değişkenlere bağımlı değişken yoktur). Kontrol etmek için bağımsız değerler birbirlerine karşı çizilir ve bir korelasyon aranır.

6) Çoklu regresyon için değişken sayısının en az beş katı kadar veri olması önerilir.

Doğrusallık varsayımları:

1) Hataların dağılımının ortalaması 0'dır (Bağımsız değişkendeki ölçüm hataları önemsizdir).

2) Hataların varyansı, bağımsız değişkenin tüm seviyelerinde sabittir. Buna varyansların homojenliği (homoscedasticity) denir. Kontrol etmek için y'nin tahmin edilen değerlerine karşı artıklar çizilir.

3) Hataların dağılımı normaldir. Kontrol etmek için hataların histogram grafiği çizilir.

4) Tüm hatalar bağımsızdır. Kontrol etmek için zaman periyotlarına karşı artıklar çizilir.

2.6.1. Basit doğrusal regresyon

Bir bağımlı, bir bağımsız değişkenin olduğu ve değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu regresyon çözümlemesine basit doğrusal regresyon denir.

Basit doğrusal regresyon eşitliği:

$$y_i = a + bx_i + e_i \quad (3)$$

olarak yazılır ve bu eşitlik yardımıyla y'ye ilişkin tahmin yapılabilir. Ayrıca, bağımsız değişkendeki kendi birimi cinsinden 1 birimlik artışa karşılık, bağımlı değişkendeki ortalama değişim miktarı bulunarak özet bilgiler sunulabilir.

Adımlar:

1) Regresyon denklemindeki a ve b katsayıları bulunur.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n}}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}{n}} = \frac{ÇT_{XY}}{KT_{XY}} \quad (4)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (5)$$

2) Örneklemdeki y_i ile tahmin edilen $\hat{y}_i$ değerleri arasındaki fark, yani artıklar bulunur. Artık değerleri ne kadar düşük ise model veriye o kadar iyi uyum sağlar.

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad (6)$$

3) Artıkların standart sapması, yani regresyon denkleminin standart hatası bulunur. Bu değer, korelasyonun -1 veya +1'e yaklaşmasıyla azalma eğilimi gösterir.

4) Regresyon denklemindeki a ve b katsayılarının standart hataları tespit edilir. Bu bilgi ve katsayılar ile populasyon parametrelerine ait güven aralıkları hesaplanır.

$$S(a) = s\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{KT_x}} \quad (7)$$

$$S(b) = \frac{s}{\sqrt{KT_x}} \quad (8)$$

$$\alpha \text{ için güven aralığı } [a \pm t_{\left(sd=n-2;\frac{\alpha}{2}\right)} S(a)] \quad (9)$$

$$\beta \text{ için güven aralığı } [b \pm t_{\left(sd=n-2;\frac{\alpha}{2}\right)} S(b)] \quad (10)$$

5) a ve b katsayılarının sıfıra eşit olup olmadığına karar vermek için anlamlılık (önemlilik) testleri yapılır. Hesaplanan test istatistiklerinin değeri, tablo değerlerinden büyük ise katsayıların önemli veya anlamlı olduğuna hükmedilir.

Regresyon sabiti (a) için t_{hesap} değeri; a/S(a)

Regresyon katsayısı b için t_{hesap} değeri; b/S(b)

Regresyon katsayısı b için F_{hesap} değeri;

Sd_R: Regresyon serbestlik derecesi =1,

Sd_A: Artık serbestlik derecesi = n-2,

KT_R: Regresyon kareler toplamı,

KT_A: Artık kareler toplamı,

KO_R: Regresyon kareler ortalaması = KT_R / Sd_R = b($ÇT_{XY}$),

KO_A: Artık kareler ortalaması = KT_A / Sd_A = KT_A / (n-2) olmak üzere F = KO_R / KO_A ile bulunur.

2.7. Path Analizi

Özellikler veya değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönü ve derecesi korelasyon katsayısı ile belirlenir. Bu ilişkiye dayalı olarak, değişkenlerden birinin bağımlı değişken, diğerinin veya diğerlerinin ise bağımsız değişken olarak alınıp, bir tahmin modeli elde edilmesi ve bağımsız değişkendeki bir birimlik artışa karşılık, bağımlı değişkendeki ortalama değişim miktarının belirlenmesi ise regresyon analizi ile incelenir. Bazı durumlarda, iki değişken arasındaki ilişki, üçüncü bir değişkene bağlı olabilir. Ayrıca çok değişkenli veri yapılarında, bir değişken, diğer bazı değişkenlerle ilişkili olabilir.

Modelde yer alan bağımsız değişkenler farklı ölçü birimlerinde olduğunda, katsayıların büyüklüğü de bu ölçü birimlerine bağlı olarak değişebilir. Bu durumda, katsayıların büyüklüğünü yorumlamak ve karşılaştırmak yanıltıcı olabilir. Bu sorunun giderilebilmesi için değişkenler standardize edilir. Diğer bir ifade ile bütün değişkenler, standart normal dağılıma dönüştürülür. Böylece standart normal dağılıma dönüştürülmüş (standardize edilmiş) değişkenler ile yapılan regresyon analizi de path analizi olarak bilinir. Path analizi ile bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerine olan doğrudan etkileri bulunabileceği gibi diğer bağımsız değişkenler üzerinden olan dolaylı etkileri de bulunabilir. Path analizinin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir

1. Path diyagramı oluşturulur.
2. Doğrusal ilişkinin yönü ve miktarı belirlenir.

3. Nedensellik söz konusu ise doğrudan ve dolaylı etkiler, nedensellik söz konusu değilse sahte ve analiz edilmemiş etkiler ayrıştırılır.
4. Önemsiz bulunan path katsayıları modelden çıkarılır.
5. Path modeli test edilir.
6. İlişkiler yorumlanır.

2.7.1. Path analizinde temel kavramlar

Dışsal değişken: Analiz kapsamında, modele dahil edilen, bağımsız değişken ya da değişkenler dışsal değişkenler olarak adlandırılır.

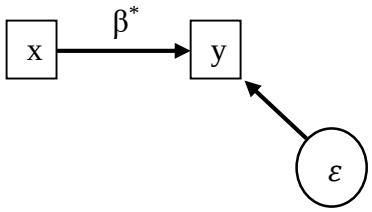
İçsel değişken: Analiz kapsamında, etkilenen değişken ya da değişkenler, içsel değişken olarak adlandırılır. Diğer bir diğer ifade ile içsel değişken bağımlı değişkendir.

Path katsayısı: Modeldeki herhangi bir içsel (bağımlı) değişkene, dışsal (bağımsız) değişkenin doğrudan etkisini gösteren standardize edilmiş regresyon katsayısı path katsayısıdır (β^*). Bu değer, dışsal değişkende bir standart sapmalık artışa karşılık, içsel değişkende standart sapma cinsinden ortalama değişim miktarını belirtir.

2.7.2. Path diyagramı

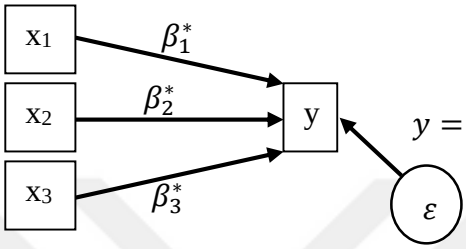
Path diyagramının oluşturulması, path analizinin ilk basamağıdır. Path diyagramı, bilgisayar programlamadaki akış şemasına benzeyen bir araçtır. Akış şemaları, değişkenleri birbirine bağlayan yapıyı gösterirken, path diyagramı değişkenler arasındaki nedensel ilişki yapısını gösterir. Değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin diyagram halinde gösterilmesi, sistemin özelliklerini daha anlaşılır yapar. Path katsayıları, oluşturulan path diyagramına göre hesaplanır. Path katsayılarını hesaplamak için içsel (bağımlı) değişkenlerin sayısı kadar regresyon modeli kurulur.

Path diyagramında doğrusal çizilen tek yönlü ok, bağımsız değişkenin bağımlı değişkenin nedeni olduğunu gösterir. Her iki değişken de birbirinin nedeni ise çift yönlü ok ve ilişki varken neden-sonuç ilişkisi yok ise eğrisel çizilen iki yönlü ok kullanılır. Diyagram çizilirken sadece değişken isimleri ve değişkenler arası ilişkilerin yönünü (+, -) gösteren işaretler ve oklar var ise buna girdi diyagramı, okların üzerinde path katsayıları var ise buna çıktı diyagramı denir.



$$y = \beta^* x + \varepsilon \tag{11}$$

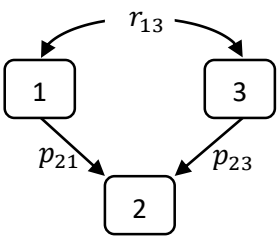
Şekil 2. Basit doğrusal regresyon için path diyagramı



$$y = \beta_1^* x_1 + \beta_2^* x_2 + \beta_3^* x_3 + \varepsilon \tag{12}$$

Şekil 3. Çoklu doğrusal regresyon için path diyagramı

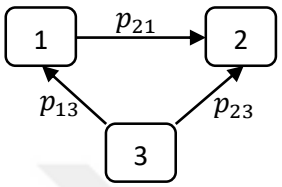
Analiz edilmemiş etki: Bir değişkenin üçüncü bir değişkenle karşılıklı, ancak nedensel olmayan bir ilişkisi olduğunda kullanılır. Bu tür ilişki, diyagram üzerinde iki ucu oklu eğri çizgi ile (Şekil 4'te 1 ile 3 arasında) gösterilir. Bu durumda, birinci değişken ile ikinci değişken arasındaki ilişki ve üçüncü değişken ile ikinci değişken arasındaki ilişki, analiz edilmemiş etki olarak adlandırılır. Analiz edilmemiş etki, ilgili iki değişken arasındaki path katsayısı ile değişkenlerden birinin üçüncü bir değişkenle yaptığı neden-sonuç ilişkisi olmayan korelasyon katsayısının çarpılması sonucunda elde edilir. Şekil 4'te analiz edilmemiş etkiler; 1 ile 2 arasında; "$r_{13} \times p_{21}$" ve 2 ile 3 arasında "$r_{13} \times p_{23}$" olarak hesaplanır.



Şekil 4. Analiz edilmemiş etkinin kavramsal diyagramı

Sahte etki: Ortak sebep değişkeniyle ortaya çıkan etkiyi ifade eder. Birinci ve ikinci değişkene etkili olan başka bir değişken varsa sahte etki meydana gelir. Şekil 5'te,

birinci değişkenin ikinci değişkene yaptığı p_{21} kadarlık doğrudan etkinin yanı sıra, bir üçüncü değişkenin birinci ve ikinci değişkene olan etkisiyle sahte etki de vardır. Bu etki birinci ve ikinci değişken arasındaki sahte etki olarak tanımlanır. Bu iki değişken arasındaki sahte etki, bu değişkenlerin üçüncü değişken ile yaptığı path katsayılarının çarpımı ile hesaplanır. Birinci ve ikinci değişken arasındaki sahte etki; "$p_{23} \times p_{13}$" çarpımı ile hesaplanır.



Şekil 5. Sahte etkinin kavramsal diyagramı

2.7.3. Path modelinin test edilmesi

Modele dahil edilen tüm değişkenleri içeren modelle (tümel model), önemli katkı sağlamayan değişkenlerin çıkarıldığı model arasında, kullanılacak olan modeli belirlemek üzere, bağımsız değişkenler için hesaplanan belirleme katsayısı (R^2) temeline dayalı olarak elde edilen Q değeri kullanılarak bulunan W istatistiğinden yararlanılır. Böylece bir bakıma, tümel model ile indirgenmiş model arasındaki çoklu korelasyonlar karşılaştırılmış olur.

s: Bağımsız değişken sayısı olmak üzere,

Q istatistiği; $Q = \frac{(1-R_{1,t}^2)\times(1-R_{2,t}^2)\times\ldots\times(1-R_{s,t}^2)}{(1-R_{1,i}^2)\times(1-R_{2,i}^2)\times\ldots\times(1-R_{s,i}^2)}$ eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;

t: Tümel modeli,

i: İndirgenmiş modeli,

$R_{k,t}^2$ ve $R_{k,t}^2$: k. içsel değişkenin çoklu korelasyonunun karesini ifade eder. Böylece W istatistiği "$W = -(N-d) \times lnQ$" olarak hesaplanır. Eşitlikte;

d: Silinen path sayısını ve

N: Toplam gözlem sayısını ifade eder. Burada test edilen H_0 hipotezi:

“Tümel model ile indirgenmiş model arasında fark yoktur.” şeklinde ifade edilir (Alpar ve Karakaya, 2022).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Çalışmada materyal olarak açık kaynaklı veri setleri kullanılarak, basit ve çoklu aracılık modelleri için uygulama yapılmıştır.

Basit aracılık modeline ilişkin veri setinin (n = 4254) tanımlayıcı istatistikleri ve değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon katsayıları

n = 4254	Tanımlayıcı istatistikler				Korelasyonlar			
Değişkenler	Ort.	St. Sap.	Min.	Mak.		Yaş	VKİ	Glikoz
Yaş (Yıl) [X]	50.20	17.83	18	82	Yaş	1		
VKİ [M]	30.43	7.24	11.3	92	VKİ	0.033*	1	
Glikoz [Y]	108.51	47.77	55.12	271.74	Glikoz	0.228**	0.157**	1

İlk uygulamada, basit aracılık modeli için Glikoz (mg/dL) bağımlı değişken, Yaş (yıl) ise bağımsız değişken olarak belirlenmiş ve basit regresyon analizi yapılmıştır. Ardından, Yaş ve Glikoz ile ilişkili olabileceği düşünülen Vücut Kütle İndeksi (kg/m²) aracı değişken olarak eklenmiş ve bu şekilde basit aracılık modeli oluşturulmuştur.

İkinci uygulamada, aynı veri seti kullanılarak ilk olarak Vücut Kütle İndeksi (VKİ) bağımlı değişken ve Yaş bağımsız değişken olarak alınmış ve basit regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, Yaş ve VKİ ile ilişkili olabileceği düşünülen Glikoz, aracı değişken olarak eklenmiş ve bu doğrultuda basit aracılık modeli kurulmuştur.

Çoklu aracılık modeli için veri setinde (n = 4711) yer alan Yaş (X, yıl), Kan üre azotu (KÜA, M1, mg/dL), Oksijen saturasyonu OS (M2), D-dimer (M3, mg/mL) ve Ortalama arter basıncı OAB (Y, mmHg) değişkenleri için tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te ve değişkenler (özellikler) arası korelasyon katsayıları ise Tablo 4'te verilmiştir.

Çoklu aracılık modeli için yapılan üçüncü uygulamada; COVID-19 hastalarında Yaşın, Ortalama arter basıncı (OAB) üzerine etkisi ve bu etkinin, Kan üre azotu (KÜA), Oksijen saturasyonu (OS) ve D-dimer aracı değişkenleri ile modellemesi yapılmıştır.

Tablo 3. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler

n = 4711	Tanımlayıcı istatistikler			
Değişkenler	Ort.	St. Sap.	Min.	Mak.
Yaş (Yıl) [X]	63.36	16.7	18	103
KÜA (mg/dL) [M1]	27.2	31.22	0	301
OS [M2]	89.59	18.97	0	100
D-Dimer (mg/ml) [M3]	3.22	5.27	0	20
OAB (mmHg) [Y]	81.75	24.49	0	138.33

Tablo 4. Özellikler arası korelasyon katsayıları

	Yaş	KÜA	OS	D-Dimer	OAP
Yaş	1				
KÜA	0.25*	1			
OS	0.18	0.83*	1		
D-Dimer	0.138*	0.222*	0.007	1	
OAB	-0.57*	-0.42*	0.517*	-0.55*	1

*: $p<0.01$

Bu amaçla, öncelikle Ortalama Arter Basıncı (OAB) bağımlı değişken ve Yaş bağımsız değişken olarak belirlenmiş ve basit regresyon analizi yapılmıştır. Ardından, Yaş ve Ortalama Arter Basıncı ile ilişkili olabileceği düşünülen Kan Üre Azotu, Oksijen Satürasyonu ve D-dimer değişkenleri aracı değişken olarak eklenerek, üç aracı değişkenin yer aldığı çoklu aracılık modeli oluşturulmuştur.

Dördüncü ve son uygulamada ise; üç aracı değişken içeren modelde istatistik olarak önemli bulunmayan Oksijen saturasyonu çıkarılarak iki aracı değişken ile çoklu aracılık modeli oluşturulmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1 Aracılık Analizi

Aracılık analizi ilk olarak Baron ve Kenny (1986) tarafından tanıtılmış olup, başta psikoloji ve ekonomi olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Analiz yöntemi, bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkisinin, aracılık değişkeni ya

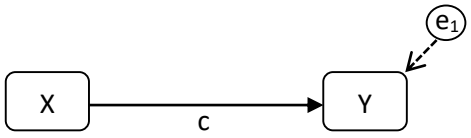
da değişkenleri yoluyla nasıl gerçekleştiğini belirlemek üzere kullanılmaktadır. Aracılık analizi, X nedensel öncül değişkeninin, Y sonuç değişkeni üzerindeki etkisini nasıl ilettiğine ilişkin hipotezleri test etmek için tasarlanmış çalışmalardan elde edilen bilgileri değerlendirmek için kullanılan bir istatistik yöntemdir. Aracılık analizi, neden değişkeninin sonuç değişkeni üzerindeki hem doğrudan hem de dolaylı etkilerini değerlendirmek amacıyla aracı (mediator) değişkeni modele dahil ederek inceler (Gunzler ve ark., 2013). Aracılık analizindeki modeller özet olarak, bağımlı değişkeni en iyi şekilde tahmin etmek üzere, açıklayıcı değişkenlerin belirlenmesi ile bunlara ilişkin katsayılarının bulunması ve yorumlanması işlemlerini içerir.

Aracılık analizi ile aracı değişken ya da değişkenler, bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasındaki ilişkilere eklenir. Bu adım, analizin temel amacını oluşturan aracılık etkilerini değerlendirmek için önemli bir adımdır.

Aracılık analizi, belirli bir veri setinin aracılık yapısı sergileyip sergilemediğini araştırmak için kullanılan bir dizi istatistik süreçtir. Bir aracılık yapısı, bağımsız bir değişkenin bağımlı bir değişkeni etkileyebileceği mekanizmanın kavramsallaştırmasını; doğrudan değil de, daha çok aracı değişken tarafından tanımlanan bir müdahale sürecini içerir (Iacobucci, 2008).

I. Doğrudan etki

Doğrudan etki, herhangi bir aracı değişken etkisi olmaksızın, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine olan etkisini ifade eder.

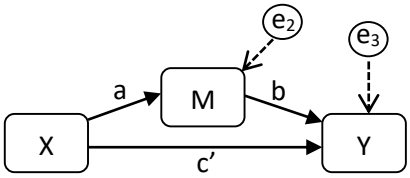


Şekil 6. Doğrudan etkinin kavramsal diyagramı

$$Y = i_1 + cX + e_1 \quad (13)$$

II. Aracılı etki

Bağımsız değişkenin, bağımlı değişken üzerine diğer bir aracı değişken yoluyla yaptığı etkiyi ifade eder. Bu etki literatürde aracılı etki olarak bilinir. Eşitlik 14 ve 15'te, "a" ve "b" ile ifade edilen etki, matematiksel olarak "axb" şeklinde ifade edilebilir. Bu etki aynı zamanda "axb = c- c′ " olarak tanımlanır.



Şekil 7. Aracılı etkinin kavramsal diyagramı

$M = i_2 + aX + e_2$ (14)

$Y = i_3 + c'X + bM + e_3$ (15)

III. Toplam etki

Doğrudan etki ile aracılık etkisinin toplamına denir. Matematiksel olarak [c′ + (axb)] ile ifade edilir.

Eşitlik 13, 14 ve 15'te;

i_1, i_2, ve i_3; regresyon sabitleri,

c, a, c′; regresyon katsayıları ve

e_1, e_2, e_3; hata terimleridir.

Bu etkilere ait standart hatayı bulmak için Sobel tarafından;

$$S_{ab} = \sqrt{b^2 s_a^2 + a^2 s_b^2} \quad (16)$$

eşitliği önermiştir. Eşitlik 16'da;

s_{ab}: Aracı etkinin standart hatası ve

s_a ile s_b: Sırası ile a ve b katsayılarının standart hatası olarak tanımlanır.

t test istatistiği kullanılarak standart hata, aynı zamanda;

$$S_{ab} = \frac{t_a t_b}{\sqrt{t_a^2 t_b^2}} \quad (17)$$

eşitliğiyle de hesaplanabilmektedir. Eşitlik 17'de; s_{ab}: Aracı etkinin standart hatası ve

t_a ile t_b: Sırası ile a ve b katsayılarına ilişkin t istatistiği olarak tanımlanır.

Bu standart hata, "axb=c-c′ " farkı üzerinden de;

$$S_{c-c'} = \sqrt{s_c^2 + s_{c'}^2 - 2rs_c s_{c'}} \quad (18)$$

olarak hesaplanabilmektedir. Eşitlik 18'de; $s_{c\text{-}c'}$: Aracı etkinin standart hatası,

s_c ve $s_{c'}$: c ve c′ katsayılarının standart hatası ve

r: c ve c′ arasındaki korelasyon katsayısı olarak tanımlanır.

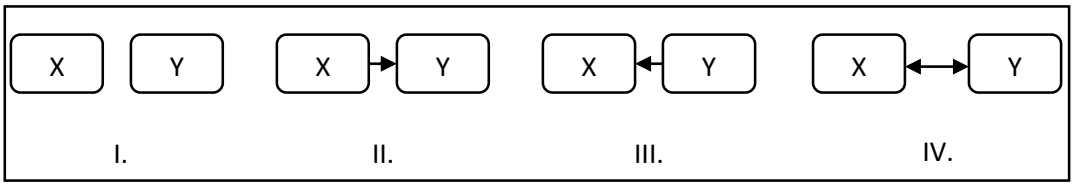
Bu eşitlikler, aracı ve bağımlı değişkenin sürekli değişken olduğu durumda geçerlidir. Ancak bağımlı değişkenlerden birinin veya daha fazlasının ikili olduğu durumlarda lojistik veya probit regresyon kullanılır (MacKinnon ve Dwyer, 1993).

IV. İki değişkenli durum

Aracılık kavramlarının istatistik yöntemlere aktarılması, iki değişken arasındaki ilişkinin en basit şekliyle başlar. İstatistiklerin çoğu, bir değişken olan X'in, başka bir değişken olan Y ile ilişkisine odaklanır. Değişkenler arasındaki varsayılan ilişkinin yönünü belirlemek için genellikle bağımsız değişken olan X ile bağımlı değişken olan Y arasında bir ayrım yapılır. Bir değişkenin başka bir değişkene neden olduğu etkiler, bir değişkenin başka bir değişkenin nedeni olduğunu belirtmek için asimetrik etkiler olarak adlandırılır (Rosenberg, 1968).

Simetrik bir ilişki, hem X hem de Y'nin birbirlerine neden olduğu ilişkidir. Bu durum için; iki değişkenle sınırlama yapıldığında ve X ile Y arasındaki ilişkiyi başka hiçbir değişkenin etkilemediği varsayıldığında dört durum ortaya çıkmaktadır: Bunlardan birincisi, X ve Y ilişkisizdir. İkincisi X, Y'ye neden olur. Üçüncüsü Y, X'e neden olur. Dördüncüsü, karşılıklı bir ilişki olarak; X, Y'ye neden olur veya aynı anda Y, X'e neden olur. Birçok araştırma ve teori, bu iki değişkenli ilişkiler sisteminden elde edilen

istatistiklere dayanmaktadır. Korelasyon katsayısı, regresyon katsayısı, odds oranı ve iki grup arasındaki ortalama farkı (burada X gruplara atamayı temsil eder) iki değişkenli bir sistemden nicel ölçümlere örnektir. İki değişkenli bir sistem de olsa, nedensel ilişkileri belirlemek çok zor veya imkânsız olabilir. Zira bu ilişkiler ölçülen değerlere dayanmaktadır (MacKinnon, 2008).

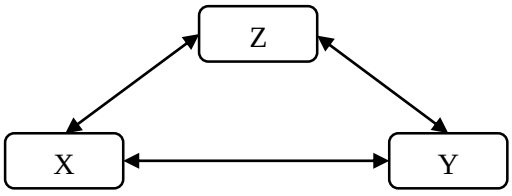


Şekil 8. İki değişkenli uygulamalarda ilişkinin yönü

V. Üç değişkenli durum

Bir bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkinin yorumlanmasına üçüncü bir değişkenin eklenmesi, üç değişken arasındaki olası ilişkilerin sayısını ve karmaşıklığını artırır. X'in Y'ye veya Y'nin X'e neden olması hala mümkündür, ancak birçok ek olasılık vardır. Asimetrik etkiler söz konusu olduğunda, artık üçüncü değişken olan Z, X ve Y ile herhangi bir nedensel yön sıralamasında olabilir. Örneğin, X'ten Z'ye Y'ye, Z'den X'e ve Y'ye, X'ten Y'ye ve Z'ye olasılıklar olabilir. Herhangi iki değişken arasında ve her üç değişken arasında karşılıklı ilişkiler de mümkündür.

Bu değişkenler arasındaki olası ilişkilerin sayısı ve karmaşıklığı göz önüne alındığında, üç değişken arasındaki kavramsal ilişkilerin genel kabul görmüş birkaç tanımı vardır. Bu tanımlar, daha da karmaşık ilişki sistemlerindeki etkileri açıklamak için genel bir yol oluşturur (MacKinnon, 2008).



Şekil 9. Üç değişkenli durum için diyagram

VI. Karıştırıcı (Şaşırtıcı) değişken

Z değişkeni; hem X, hem de Y'ye neden olduğunda, X ve Y arasındaki ilişkinin değişmesidir. Ancak Z analize dahil edilmezse ilişki, nedensel olarak kabul edilebilir (Greenland ve Morgenstern, 2001). Böyle bir Z değişkeni etkinin karıştırıcısıdır ve X ile Y arasındaki ilişkiyi değiştirebilir.

Karıştırıcı değişken, hem bağımsız hem de bağımlı değişkenle ilişkili olduğundan, bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi değiştiren bir değişken olarak tanımlanmaktadır (MacKinnon, 2008).

Meinert (1986), karıştırıcı değişkeni "ilgilenilen iki değişkenle ilişkili olan ve aralarındaki ilişkiyi yanlış bir şekilde gizleyen veya vurgulayan bir değişken" olarak tanımlamıştır.

Üçüncü bir değişken olan Z'nin, X ve Y arasındaki ilişkiyi artırabileceğine dikkat etmek önemlidir. Bu durumda Z bir bastırıcı değişkendir. Bastırıcı değişken, bir analizde üçüncü bir değişkene göre ayarlama yapıldığında, iki değişken arasındaki orijinal ilişkinin büyüklüğünün artıran değişkendir (Conger, 1974; MacKinnon ve ark., 2000).

Üçüncü bir değişken analize dâhil edildiğinde, X ve Y arasındaki ilişkinin tersine dönmesi de mümkündür ki bu da bozucu bir değişkendir (Rosenberg, 1968). Bu değişken, iki değişken arasındaki ilişkiyi değiştiren bir değişkendir, öyle ki analize dâhil edildiğinde, daha önce ilişkisiz olan değişkenler arasında bir ilişki ortaya çıkar ya da iki değişken arasındaki ilişkinin yönü tersine döner.

VII. Ortak (Benzer, Eş) değişken

Bir ortak değişken, bağımlı değişkenle ilgili olan ve genellikle bağımsız değişkenle asgari düzeyde ilişkisi olan bir değişkendir. Üçüncü değişken Z'nin, Y'nin X'ten bağımsız başka bir tahmincisi olması durumunda, Z ortak (benzer, eş) değişken olarak adlandırılır. Öyle ki hem X, hem de Z, Y'yi tahmin etmektedir. Bu durumda ek tahminci Z, Y değişkenindeki değişkenliği açıkladığı için Y'nin tahminini daha doğru hale getirecektir. X ve Z arasında bir ilişki yoksa üçüncü değişken Z'nin analize eklenmesi, X ve Y arasındaki ilişkiyi değiştirmeyecektir. Ortak değişkenler aynı zamanda

hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlerle ilişkili olabilir. Genellikle bir karıştırıcı ortak değişkenden farklıdır, zira karıştırıcı X ve Y ile ilişkilidir. Ancak karıştırıcının dikkate alınması X ve Y arasındaki ilişkiyi değiştirecek şekildedir (MacKinnon, 2008).

VIII. Aracı değişken

Genellikle M veya Z ile gösterilen üçüncü değişkenin, X ve Y arasındaki nedensel zincirde ara değişken olduğu, X'in Z'ye ve Z'nin Y'ye neden olduğu daha karmaşık bir ilişki mevcut olduğu bu ilişki türüne aracılık ilişkisi denir. Bir aracı (M) değişken, bağımsız bir değişkenden bağımlı bir değişkene giden nedensel yolda bir ara değişkendir. Aracı değişken, değişkenler arasındaki asimetrik ilişkileri temsil eder. Bir aracılık modelinde, bağımsız değişken aracı değişkene, o da bağımlı değişkene neden olur.

Baron ve Kenny (1986), aracılığı "odak bağımsız değişkenin ilgilenilen bağımlı değişkeni etkileyebildiği üretici mekanizma" olarak tanımlamıştır.

Last (1988) ise aracı değişkeni, "bağımsız bir değişkenden bağımlı bir değişkene giden nedensel yolda, ortaya çıkan bir değişken" olarak tanımlamaktadır. Bağımlı değişkende değişime neden olur ve kendisi de bağımsız değişken tarafından etkilenir. Dolayısıyla bir aracı (M), bağımsız bir değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ileten bir değişkendir. Aracılık aynı zamanda X'in M'den önce ve M'nin Y'den önce meydana geldiği zamansal bir ilişkiyi de ifade eder.

İki değişken arasındaki ilişki, bir veya daha fazla üçüncü değişkenden etkilenebilir. Başka bir deyişle, iki değişken arasındaki bağlantıda, her iki değişkenle de ilişkili olabilen üçüncü bir değişkenin etkisi bulunabilir. Eğer araştırmacının ifade ettiği model nedensellik modeli ise, sebep ve sonuç değişkeni ile ilişkili olan üçüncü değişkenler "Aracı Değişken (Mediator Variable)" olarak tanımlanır. Yani, aracı değişken, bir sebep değişkeninden sonuç değişkenine olan etkiyi aktaran bir değişken olarak da tanımlanabilir (Keskin ve Günel, 2022).

İki değişken arasındaki ilişkiyi etkileyebilecek üçüncü bir değişken, modelin yapısına bağlı olarak aracı değişken (mediator variable) veya karıştırıcı değişken (confounder variable) olarak tanımlanabilir. Bu değişkenin modeli etkileyen rolü ise, aracılık etkisi (mediation effect) veya karıştırıcı etki (confounding effect) olarak

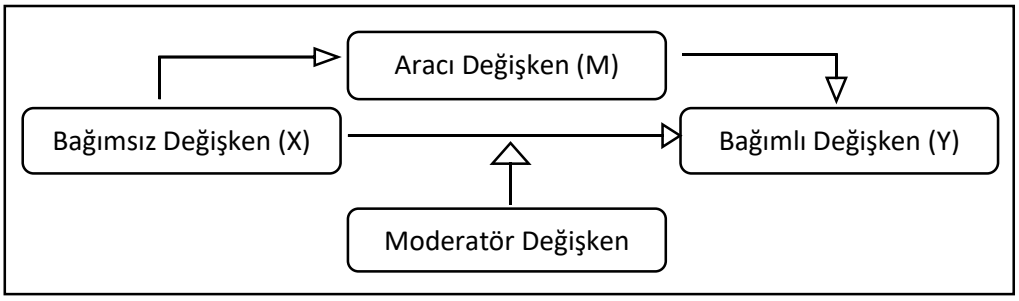
adlandırılır. Eğer model bir sebep-sonuç ilişkisi içeriyorsa, bu durumda aracılık etkisinden bahsedilir; model böyle bir ilişkiyi içermiyorsa, karıştırıcı etkiden söz edilir (Yu ve Li, 2022).

IX. Moderatör değişken

Baron ve Kenny (1986) moderatör değişkeni "bağımsız veya tahmin edici değişken ile bağımlı veya cevap değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve/veya gücünü etkileyen nitel (örneğin cinsiyet, ırk, sınıf) veya nicel (örneğin ödül düzeyi) bir değişken" olarak tanımlamıştır.

Sharma, ve ark. (1981) moderatör değişkeni, "bir tahmin edici ile bir ölçüt (bağımlı) değişken arasındaki ilişkiyi sistematik olarak değiştiren" bir değişken olarak tanımlamaktadır.

Aracı değişken ile moderatör değişken arasındaki farkı belirlemek üzere, literatürde birçok açıklama yapılmıştır. Kraemer ve ark. (2001) aracı değişkeni, bir müdahaleden sonra zaman içinde değişen değişkenler, moderatör değişkeni ise bir müdahaleden önce ölçülen değişkenler olarak tanımlamışlardır.



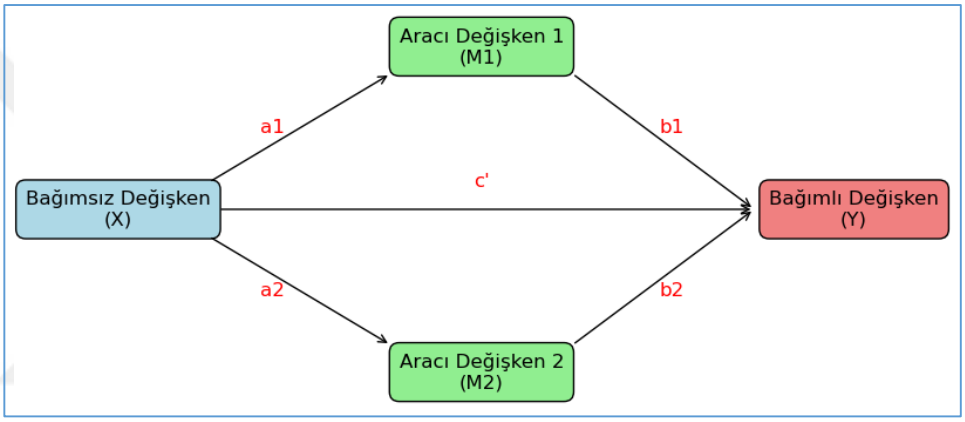
Şekil 10. Aracı değişken ve moderatör değişkenin diyagramı

3.2.2. Çoklu Aracılık Analizi

Değişken sayısı arttıkça, değişkenler arasındaki olası ilişki sayısı da artmaktadır. Dört değişkenli etkinin bir örneği, varyans analizindeki dört yönlü etkileşimdir. Belki de

bir alandaki bilgi birikimi arttıkça, daha karmaşık etkiler varsayılacak ve test edilecektir. Bu karmaşıklıkla başa çıkmanın yaygın bir yolu, daha karmaşık modellerde üçüncü değişken etkilerini tanımlamaktır.

Bir bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak için genellikle birden fazla aracılık süreci öngörülür. Sağlık bilimleri ile ilgili çalışmalarda genellikle birden fazla aracı değişken bulunmaktadır. Çoklu aracı modeli, birçok hastalık önleme programının teorik temelini oluşturmaktadır. Çoklu aracıların, bağımlı değişken üzerine katkılarının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, kritik aracıların netleştirilmesinin yanı sıra, çalışmalar arasındaki tutarsızlıkların giderilmesine de yardımcı olabilir.



Şekil 11. Çoklu (iki aracı değişkenli) aracılık modeli diyagramı

Birden fazla aracı değişken içeren modeller, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini farklı aracılar üzerinden ölçmeyi amaçlar. Aracı değişkenlerin her biri, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin bir parçasını açıklar. Çoklu aracılık modelleri, bir bağımsız değişkenin (X) bağımlı değişken (Y) üzerindeki etkisinin birden fazla aracı değişken (M1, M2, ...) aracılığıyla nasıl geçtiğini analiz etmek için kullanılır. Bu modeller, her bir aracının bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi nasıl ve ne ölçüde etkilediğini açıklamaya yardımcı olur. Çoklu aracı modelinin temel yapısı iki aracılı model için aşağıdaki gibidir:

X bağımsız değişkeninin, M_1 ve M_2 aracı değişkenlere etkisi aşağıdaki gibidir.

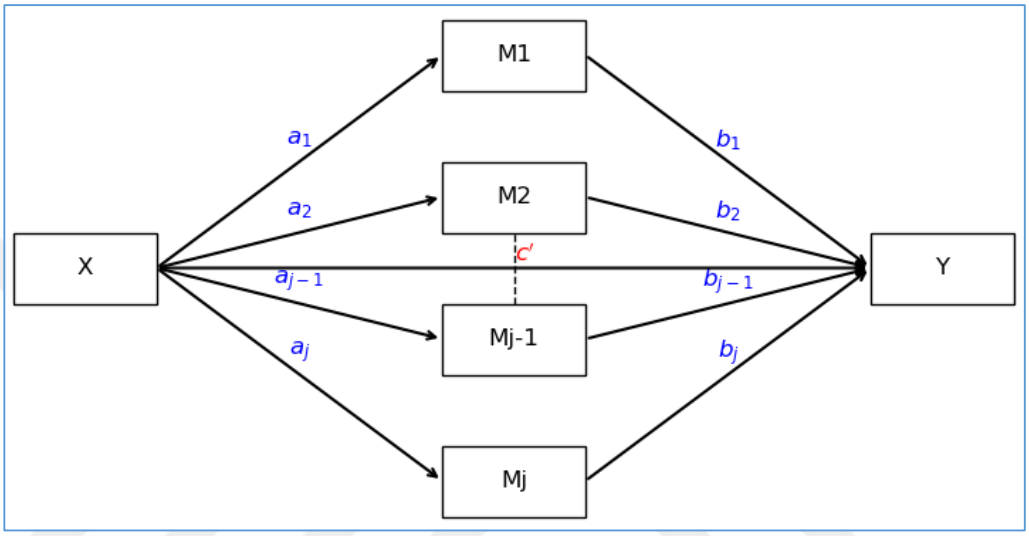
$$M_1 = i_1 + a_1X + e_1 \tag{19}$$

$$M_2 = i_2 + a_2X + e_2 \tag{20}$$

Bağımlı değişkene etki ise

$$Y = i_3 + c'X + b_1M_1 + b_2M_2 + e_3 \quad (21)$$

olarak yazılabilir. Bu modeller genel çerçeveyi ifade etmekte olup aracı sayısı arttıkça aynı mantık ile bağımlı değişken üzerindeki etkinin regresyon eşitliği eklemeli olarak artacaktır.



Şekil 12. Çoklu (j aracı değişkenli) aracılık modeli için diyagram

Toplam, doğrudan ve aracı etkiler;

Toplam etki (c):

$$Y = i_4 + cX + e_4 \quad (22)$$

olmak üzere bağımsız değişkenin (X) aracı değişkenler dikkate alınmadan bağımlı değişken (Y) üzerindeki etkisidir.

Doğrudan etki (c'): Bağımsız değişkenin (X) aracı değişkenler kontrol edildiğinde bağımlı değişken (Y) üzerindeki etkisidir.

Aracı etkiler (a_1b_1, a_2b_2, ...): Bağımsız değişkenin (X), aracı değişkenler (M_1, M_2, ...) üzerinden bağımlı değişkene (Y) etkisi, (a_1, a_2, ...) ve (b_1, b_2, ...) çarpımıdır (Bollen, 1987).

Toplam etki ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Toplam Etki} = c' + (a_1 \times b_1) + (a_2 \times b_2) + \ldots + (a_j \times b_j) \quad (23)$$

Birden fazla aracı değişken olduğunda, aracı etkinin standart hatası; bağımsız değişkenin her bir aracı değişken üzerindeki etkisi ile o aracı değişkenin bağımlı değişkene olan etkisinin standart hatasının karesi ile çarpımlarının toplamı kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$S_{ab} = \sqrt{a_1^2 s_{b1}^2 + b_1^2 s_{a1}^2 + a_2^2 s_{b2}^2 + b_2^2 s_{a2}^2} \quad (24)$$

Eşitlik 24' te: a_1 ve a_2: Bağımsız değişkenin aracı değişkenler üzerindeki etkilerini,

b_1 ve b_2: Aracı değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerini ve

s_{a1}, s_{b1}, s_{a2}, s_{b2}: İlgili katsayıların standart hatalarını göstermektedir.

Çoklu aracılık analizinin adımları:

1. Her bir aracı değişken ve bağımlı değişken için regresyon eşitlikleri yazılır. Bir bağımsız değişkenin birden fazla aracı değişken üzerindeki etkisinin incelenmesinde çoklu regresyon analizi kullanılır.
2. Regresyon katsayıları (a_1, a_2, ..., b_1, b_2, ..., c') tahmin edilir.
3. Toplam, doğrudan ve aracı etkiler hesaplanır.
4. Aracı etkilerin anlamlılığı (önemliliği) test edilir (örneğin, Sobel testi kullanılarak).
5. Gerekli olması durumunda, bootstrap yöntemleri ile aracı etkilerin güven aralıkları hesaplanır.

Sobel testi: Sobel testi, aracı etkilerin istatistik anlamlılığını değerlendirmek için kullanılan bir test yöntemidir ve test istatistiği

$$z = \frac{a \times b}{\sqrt{b^2 \times SE(a)^2 + a^2 \times SE(b)^2}} \quad (25)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlik 25'te;

a: Bağımsız değişkenin aracı değişken üzerindeki etkisi,

b: Aracı değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi ve

SE(a) ve SE(b): Bu etkilerin standart hatasıdır.

Bootstrap yöntemleri: Aracı etkilerin güven aralıklarını hesaplamak için Bootstrap kullanılabilir. Bootstrap, verinin yeniden örneklenmesi ve her örneklem için aracı etkinin hesaplanması yoluyla güven aralıklarının belirlenmesini sağlar.

Adımları:

1. Orijinal veri setinden birçok bootstrap örneklemi oluşturulur.
2. Her örneklem için aracılı etkiler hesaplanır.
3. Bu aracılı etkilerin dağılımı kullanılarak güven aralıkları belirlenir.

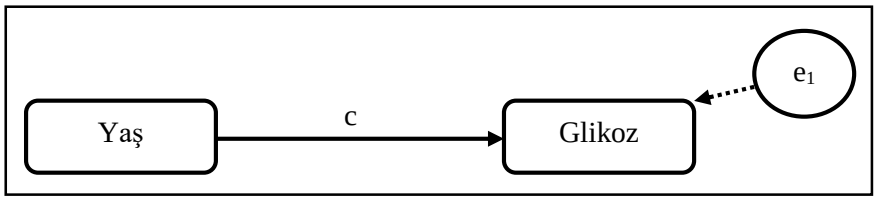
Çoklu aracılık analizinde kullanılan yazılımlar;

1. SAS: “proc reg” ve “proc calis” komutları kullanılarak çoklu aracı modelleri analiz edilir.
2. SPSS: “PROCESS” makrosu ve regresyon analizleri ile bu modellerin analizi yapılır.
3. R: “mediation” paketi, çoklu aracı modellerin analizinde kullanılır.

Uygulamalara ilişkin analizler, SPSS yazılımının bir eklentisi olan PROCESS v4.2 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Basit aracılık modeli için ilk uygulamada; bir bağımlı ve bir bağımsız değişkenin olduğu durum için diyagram Şekil 13'te, bir bağımlı, bir bağımsız ve bir aracı değişkenin olduğu durum için diyagram ise Şekil 14'te verilmiştir.



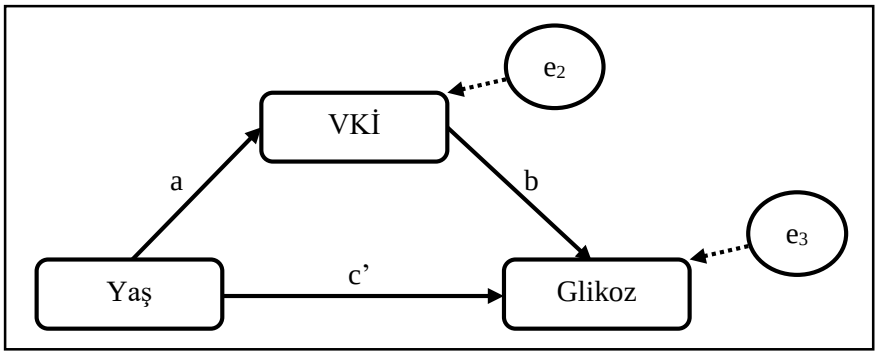
Şekil 13. Glikoz bağımlı değişkeni için basit diyagram

Şekil 13'teki diyagrama göre, Yaş'tan (X) Glikoz'a (Y) yönelen ok, Yaşın (diğer değişkenlerin etkisi göz ardı edildiğinde) Glikoz üzerindeki toplam etkisini göstermektedir. Buna ilişkin basit regresyon modeli;

$$\text{Glikoz (Y)} = i_1 + c\ \text{Yaş (X)} + e_1 \qquad (26)$$

olarak yazılır.

VKİ değişkeninin Yaş ve Glikoz ile ilişkili olduğu varsayıldığında ve bu değişkenin bir aracı değişken (M) olarak ele alındığı durumda, yani yaş değişiminin VKİ'de değişime yol açtığı ve VKİ'deki bu değişimin de Glikoz seviyelerinde değişime neden olduğu düşünüldüğünde, bu ilişkiyi gösteren diyagram Şekil 14'te sunulmuştur.



Şekil 14. Glikoz bağımlı değişkeni için VKİ aracı değişkeni ile diyagram

Şekil 14'teki diyagramda, *c'* katsayısı, Yaşın (X) Glikoz (Y) üzerindeki doğrudan etkisini ifade eder. *a* katsayısı, Yaşın (X) VKİ (M) üzerindeki etkisini, *b* katsayısı ise VKİ'nin (M) Glikoz (Y) üzerindeki etkisini temsil eder.

$$\text{VKİ (M)} = i_2 + a\ \text{Yaş (X)} + e_2 \quad (27)$$

$$\text{Glikoz (Y)} = i_3 + c'\ \text{Yaş (X)} + b\ \text{VKİ(M)} + e_3 \quad (28)$$

Eşitlik 26, 27 ve 28'de yer alan regresyon katsayıları, standart regresyon analizi yöntemi kullanılarak hesaplanabilir (MacKinnon, 2008; Rijnhart ve ark., 2017; Hayes, 2022). Bu katsayılara göre, sebep değişkeni olan Yaşın, VKİ aracı değişkeni üzerinden Glikoz üzerindeki aracılık etkisi (mediation or mediator effect, ME), "a" ve "b" katsayılarının çarpımıyla hesaplanır (ME = a × b). Ayrıca, yaşın toplam etkisi (c), doğrudan etkisi (c′) ile VKİ aracı değişkeni üzerinden gerçekleşen aracılık etkisinin toplamına eşittir [c = c′ + (a × b)]. Bu durumda, aracılık etkisi [ME veya (a × b) = c - c′] şeklinde tanımlanır. Bunun yanı sıra, aracılık oranı (proportion mediated), şu formüllerle hesaplanabilir: [$(a\times b)/(a\times b+c')$ veya $1-(c'/c)$]. VKİ'nin aracı değişken olarak alındığı bu aracılık modeline ilişkin analizlerin özet sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Aracılık modellerinde, aracı değişkenin etkisinin veya "$a\times b$" olarak hesaplanan aracılık etkisinin sıfırdan farklı olup olmadığı Sobel testi kullanılarak değerlendirilebilir.

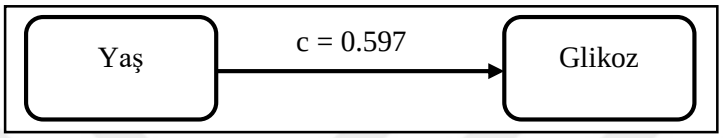
Bu doğrultuda H_0 test hipotezi, H_0: "$a\times b$" = 0 veya IE = 0 şeklinde tanımlanır. Aracılık etkisinin standart hatası (S_{ab} veya S_{IE}):

$S_{ab} = \sqrt{b^2 s_a^2 + a^2 s_b^2}$ olarak hesaplanır. Bu denklemde; S_a ve S_b sırasıyla *a* ve *b* regresyon katsayılarının standart hatalarını ifade eder. Burada test istatistiği Z aşağıdaki; $Z = ab/S_{ab}$ formülü ile hesaplanır (Warner, 2012; Hayes, 2022).

Tablo 5. VKİ'nin aracı olduğu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Değişken	Katsayı	St. Hata	p	Güven Aralığı	HKO	R^2
Yaş → Glikoz [c]	0.597	0.042	0.001	0.531-0.688	2164.240	0.052
Yaş → VKİ [a]	0.013	0.006	0.037	0.001-0.026	52.304	0.001
VKİ → Glikoz [b]	0.971	0.097	0.001	0.778-1.163	2042.600	0.073
Yaşın Glikoza Doğrudan Etkisi [c']	0.584	0.039	0.001	0.506-0.662		
Yaşın Glikoza VKİ üzerinden Aracılı Etkisi [axb]	0.013	0.006	0.021#	0.001-0.026		

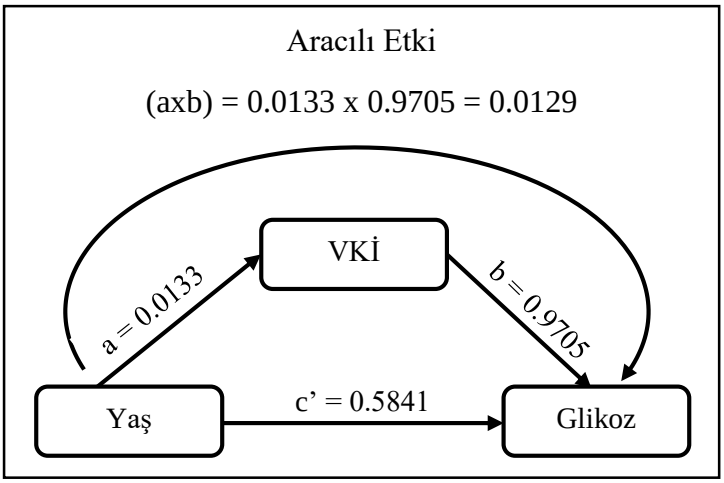
#: Sobel testine göre hesaplanan p değeri



Şekil 15. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın glikoza etkisi

Aracı değişkenin bulunmadığı durumda, yani Yaşın Glikoz üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişkenden etkilenmediği varsayıldığında, Yaş için elde edilen regresyon katsayısı 0.597 olarak bulunmuştur (Tablo 5 ve Şekil 17). Bu sonuç, yaşın her bir yıl artmasıyla birlikte, Glikoz seviyesinin 0.597 mg/dL artacağına işaret etmektedir. Modelin belirleme katsayısı (R^2) %5.2 olup, buna göre glikozdaki varyasyonun %5.2'sinin yaştaki değişikliklerle açıklanabileceği söylenebilir. Benzer şekilde, Yaşın Vücut Kütle İndeksi (VKİ) üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişkenden bağımsız olduğu kabul edildiğinde, Yaş için regresyon katsayısı 0.013 olarak saptanmıştır. Bu durumda, yaşın her 1 yıl artışıyla, vücut kütle indeksinde 0.013 kg/m^2'lik bir artış öngörülmektedir. Bu model için belirlenen belirleme katsayısı ise %0.11 olarak bulunmuştur.

Yaşın Glikoz üzerindeki doğrudan etkisini ve VKİ aracılığıyla ortaya çıkan aracılık etkisini incelemek amacıyla yapılan analiz sonucunda, Glikoz ile Yaş arasındaki toplam etki 0.597 olarak hesaplanmış ve bu etki iki bileşene ayrılmıştır. Bu doğrultuda, Yaşın Glikoz üzerindeki doğrudan etkisi 0.5841 olarak belirlenmiş, VKİ aracılığıyla oluşan aracılık etkisi ise 0.013 (0.597 - 0.5841 = 0.013 veya [a x b] = 0.0133 x 0.9705 = 0.013) olarak hesaplanmıştır (Tablo 5 ve Şekil 17).



Şekil 16. Glikoz bağımlı değişkeni için VKİ aracı değişkeni ile sonuç diyagramı

Bu durumda, Yaşın Glikoz üzerindeki doğrudan etki oranı %97.8 (0.5841/0.597) olarak belirlenirken, aracılı etki oranı ya da VKİ değişkeni için aracılık oranı %2.2 (0.013/0.597 veya 1 - 0.978) olarak bulunmuştur.

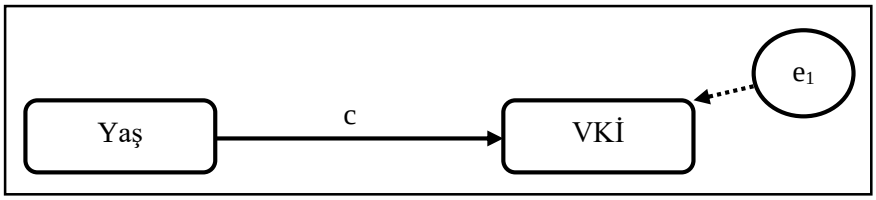
Yaşın Glikoz üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişken tarafından etkilenmediği, yani Yaş ile Glikoz arasında aracı bir değişkenin olmadığı varsayıldığında, Hata Kareler Ortalaması (HKO) 2164.24 olarak hesaplanmıştır. VKİ değişkeni modele aracı değişken olarak eklendiğinde ise HKO yaklaşık 122 birim azalarak 2042.60'a düşmüştür. Buna paralel olarak belirleme katsayısı da %2.15 artarak %7.35'e ulaşmıştır.

VKİ değişkenine ait aracılık etkisinin anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla Sobel testi kullanılabilir (H_0: AE veya (a × b) = 0; aracılık etkisi sıfırdır veya VKİ değişkeninin aracılık etkisi yoktur. Bu durumda, aracı değişkenin modele dahil edilmesi gerekmez). Sobel testi için aracılık etkisinin standart hatası ise şu şekilde hesaplanır:

$$S_{ab} = \sqrt{b^2 s_a^2 + a^2 s_b^2} = \sqrt{0.9705^2\ x\ 0.0064^2 + 0.0133^2\ x\ 0.0979^2} = \ 0.00634621$$

Bu değere dayanarak test istatistiği ise; Z = 0.0129 / 0.00634621 = 2.03 olarak hesaplanır. Bu durumda p değeri [2.03 için → 0.4788 ve (0.5-0.4788 = 0.0212)] = 0.0212 olarak elde edilmiştir. Bu sonuca göre, test hipotezi reddedilmiş ve VKİ değişkeninin aracılık etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur.

İkinci uygulamada, VKİ bağımlı değişken ve Glikoz aracı değişken olarak alınmıştır. Buna göre, basit diyagram Şekil 17'de, aracı değişkenle olan diyagram ise Şekil 18'de verilmiştir.



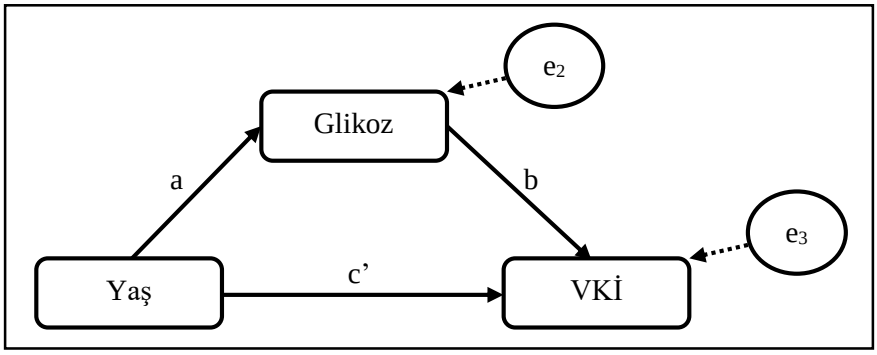
Şekil 17. VKİ bağımlı değişkeni için basit diyagram

Şekil 17'deki diyagrama göre, Yaş'tan (X) VKİ'ye (Y) yönelen ok, Yaşın (diğer değişkenlerin etkileri göz ardı edildiğinde) VKİ üzerindeki toplam etkisini göstermektedir. Bu durumu açıklayan basit regresyon modeli;

$$VKİ\ (Y) = i_1 + c\ Yaş(X) + e_1 \tag{29}$$

olarak yazılır.

Glikozun, Yaş ve VKİ ile ilişkili olduğu ve bu değişkenin aracı değişken (M) olarak kabul edildiği durumda, yani Yaş'taki değişimin Glikoz'da değişime neden olacağı ve Glikoz'daki değişimin de VKİ'de değişime yol açacağı varsayıldığında, bu ilişki diyagram olarak Şekil 18'de gösterilmiştir.



Şekil 18. VKİ bağımlı değişkeni için Glikoz aracı değişken ile diyagram

Şekil 18'deki diyagramda, *c'* katsayısı, Yaşın (X) Vücut Kütle İndeksi (VKİ) (Y) üzerindeki doğrudan etkisini temsil eder. *a* katsayısı, Yaşın (X) Glikoz (M) üzerindeki etkisini, *b* katsayısı ise Glikozun (M) VKİ (Y) üzerindeki etkisini gösterir. Bu ilişkileri ifade eden modeller şu şekilde yazılabilir:

$$\text{Glikoz (M)} = i_2 + a\ \text{Yaş (X)} + e_2 \quad (30)$$

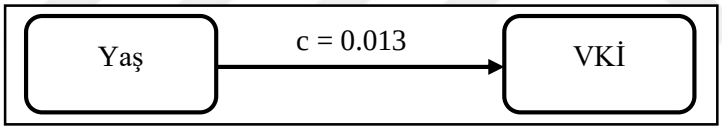
$$\text{VKİ (Y)} = i_3 + c'\ \text{Yaş (X)} + b*\text{Glikoz(M)} + e_3 \quad (31)$$

Buna göre Glikozun aracı değişken olarak alındığı aracılık modeline ilişkin analiz özet sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Glikozun aracı olduğu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Değişken	Katsayı	St. Hata	p	Güven Aralığı	HKO	R^2
Yaş → VKİ [c]	0.013	0.006	0.037	0.001-0.026	52.304	0.001
Yaş → Glikoz [a]	0.5969	0.0403	0.001	0.5180-0.6759	2091.37	0.0512
Glikoz → VKİ [b]	0.0243	0.0024	0.001	0.0195-0.0291	51.0847	0.0246
Yaşın VKİ'ye Doğrudan Etkisi [c']	-0.0012	0.0065	0.8505	-0.0139-0.0115		
Yaşın VKİ'ye glikoz üzerinden Aracılı Etkisi [axb]	0.0145	0.0018	0.001#	0.0112-0.0181		

#: Sobel testine göre hesaplanan p değeri

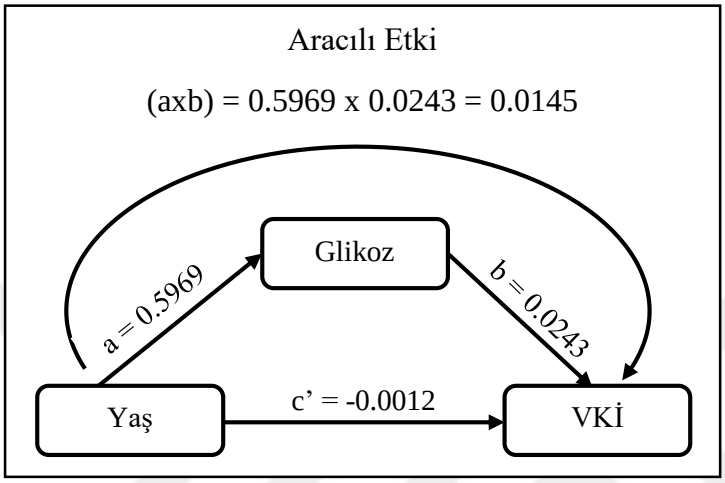


Şekil 19. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın VKİ'ye etkisi

Aracı değişkenin bulunmadığı ve Yaşın VKİ üzerindeki etkisinin herhangi bir üçüncü değişkenden bağımsız olduğu varsayıldığında, Yaşın regresyon katsayısı 0.013 olarak hesaplanmıştır (Tablo 6 ve Şekil 19). Bu sonuç, yaşın her bir yıl artmasıyla birlikte, VKİ'nin 0.013 birim artacağını öngörmektedir. Modele ait belirleme katsayısı (R^2) %0.1 olarak hesaplanmış ve bu da VKİ'deki varyasyonun %0.1'inin yaş değişkenindeki varyasyonla açıklanabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Yaşın Glikoz üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişkenden bağımsız olduğu varsayıldığında, Yaşa ait regresyon katsayısı 0.596 olarak bulunmuştur. Bu durumda, Yaşın her yıl artmasıyla birlikte Glikoz seviyesinde 0.596 birimlik bir artış beklenmektedir. Bu modele ilişkin belirleme katsayısı ise %5.12 olarak saptanmıştır.

Yaşın VKİ üzerindeki doğrudan etkisini ve Glikoz aracılığıyla gerçekleşen dolaylı etki miktarını belirlemek amacıyla yapılan aracılık analizi sonucunda, VKİ ile Yaş

arasındaki sebep-sonuç ilişkisi modelinde 0.013 olarak hesaplanan toplam etki iki bileşene ayrılmıştır. Bu analizde, Yaşın VKİ üzerindeki doğrudan etkisi -0.0012 olarak saptanmış, Glikoz aracılığıyla gerçekleşen dolaylı etki ise 0.0145 (0.0133 - (-0.0012) = 0.0145 veya [a x b] = 0.5969 x 0.0243 = 0.0145) olarak hesaplanmıştır (Tablo 6 ve Şekil 20).



Şekil 20. VKİ bağımlı değişkeni için Glikoz aracı değişkeni ile sonuç diyagramı

Yaşın VKİ üzerindeki doğrudan etki payı -%9.02 olarak hesaplanırken (-0.0012/0.0133), Glikoz değişkeni aracılığıyla oluşan aracılık oranı ise 1.0902'dir (0.0145/0.0133 veya 1 - (-0.0902)). Yaşın VKİ'ye doğrudan etkisi negatif yönlü olduğundan, aracılık oranı 1'in üzerinde bulunmuştur. Aracılık oranı 1'in üzerinde olduğunda, bu durum, aracı değişkenin (Glikoz) bağımlı değişken (VKİ) üzerindeki etkisinin, bağımsız değişkenin (Yaş) doğrudan etkisinden daha büyük olduğu anlamına gelir ve aracılık etkisinin daha baskın olduğu ve bağımsız değişkenin etkisinin büyük ölçüde aracı değişken üzerinden aktarıldığı şeklinde yorumlanabilir. Yaşın VKİ üzerindeki negatif doğrudan etkisi (β=−0.0012), yaş arttıkça VKİ'nin azalmasına işaret eder. Ancak, bu etki istatistik olarak önemli (anlamlı) değildir (p = 0.8505).

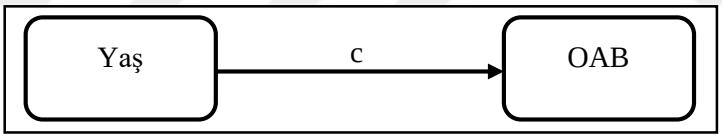
Yaşın VKİ üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişken tarafından etkilenmediği, yani Yaş ve VKİ arasında aracı bir değişkenin olmadığı varsayıldığında, Hata Kareler Ortalaması (HKO) 52.304 olarak hesaplanmıştır. VKİ değişkeni aracı değişken olarak modele eklendiğinde ise HKO yaklaşık 1.22 birim azalarak 51.0847'ye düşmüştür. Bu durumda belirleme katsayısı da %2.36 artış göstererek %2.46 olmuştur.

Glikoz değişkeninin aracılık etkisinin anlamlılığını değerlendirmek için Sobel testi kullanılabilir. (H_0: AE veya (a × b) = 0; aracılık etkisi yoktur veya Glikoz değişkeninin aracılık rolü bulunmamaktadır. Bu durumda, aracı değişkenin modele eklenmesine gerek yoktur.) Sobel testi için aracılık etkisinin standart hatası aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$S_{ab} = \sqrt{b^2 s_a^2 + a^2 s_b^2} = \sqrt{0.0243^2\ x\ 0.0403^2 + 0.5969^2\ x\ 0.0024^2} = 0.00173529$$

Bu duruma ait test istatistiği, $Z = \frac{0.0145}{0.00173529} = 8.36$ olarak hesaplanmıştır; bu da p değerinin yaklaşık 0.001 olduğunu gösterir [(8.36 için → ≈ 0.5 ve (0.5 - 0.5 ≈ 0.00)] ≈ 0.001). Bu sonuca dayanarak, test hipotezi reddedilmiş ve Glikoz değişkeninin aracılık etkisinin istatistik olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Üçüncü uygulamada; COVID-19 hastalarında Yaşın, Ortalama arter basıncı (OAB) üzerine etkisi ve bu etkinin, Kan üre azotu (KÜA), Oksijen saturasyonu (OS) ve D-dimer aracı değişkenleri ile modellemesi yapılmıştır. Buna göre, basit diyagram Şekil 21'de, aracı değişkenle olan diyagram ise Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 21. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın OAB düzeyine etkisi

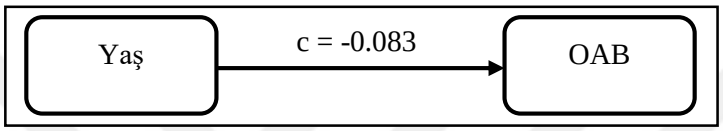
Şekil 21'deki diyagrama göre, Yaş'tan (X) Ortalama Arter Basıncı'na (OAB) (Y) yönelen ok, diğer değişkenlerin etkisi göz ardı edildiğinde, Yaşın Ortalama Arter Basıncı üzerindeki toplam etkisini göstermektedir. Bu durumu açıklayan basit regresyon modeli: OAB (Y) = i_1 + c Yaş(X) + e_1 olarak yazılır. (32)

Tablo 7. Üç aracı değişkenin olduğu çoklu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Değişken	Katsayı	St. Hata	p	Güven Aralığı	HKO	R^2
Yaş → OAB [c]	-0.083	0.021	0.001	[-0.125, -0.42]	597.965	0.003
Yaş → KÜA [a1]	0.4681	0.0264	0.001	[0.4164, 0.5198]	913.505	0.0627
Yaş → OS [a2]	0.0199	0.0165	0.2297	[-0.0126, 0.0523]	359.729	0.003
Yaş → D-Dimer [a3]	0.0435	0.0046	0.001	[0.0346, 0.0525]	27.2399	0.0191
KÜA → OAB [b1]	-0.0522	0.0103	0.001	[-0.0724, -0.0321]	433.534	0.2778

OS → OAB [b2]	0.6757	0.0161	0.001	[0.6442, 0.7071]		
D-Dimer → OAB [b3]	-0.1736	0.0593	0.0034	[-0.2898, -0.0574]		
Yaşın OAB'ye Doğrudan Etkisi [c']	-0.0648	0.0188	0.0006	[-0.1018, -0.0279]		
Yaşın OAB'ye KÜA üzerinden Aracılı Etkisi [a1xb1]	-0.0244	0.0057	0.001#	[-0.0356, -0.0134]		
Yaşın OAB'ye OS üzerinden Aracılı Etkisi [a2xb2]	0.0134	0.0118	0.114	[-0.0094, 0.0375]		
Yaşın OAB'ye D-Dimer üzerinden Aracılı Etkisi [a3xb3]	-0.0076	0.0032	0.003#	[-0.0144, -0.0017]		

#: Sobel testine göre hesaplanan p değeri

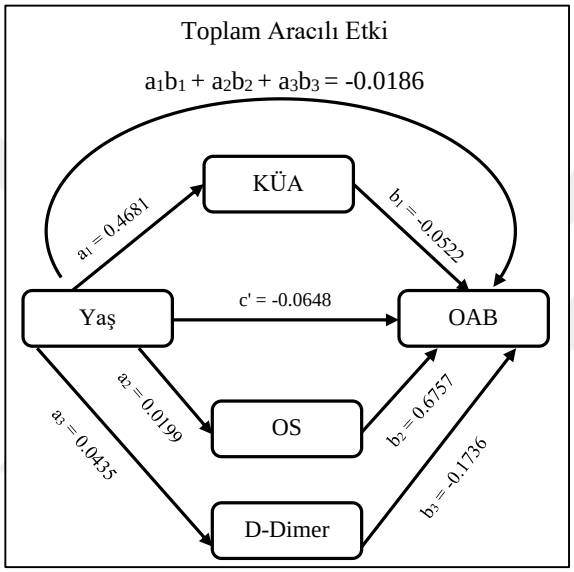


Şekil 22. Diğer etkenler yok sayıldığında yaşın ortalama arter basıncı üzerine etkisi

Aracı değişkenin yer almadığı ve Yaşın Ortalama Arter Basıncı (OAB) üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişkenden bağımsız olduğu kabul edildiğinde, Yaşın regresyon katsayısı -0.083 olarak saptanmıştır (Tablo 7 ve Şekil 22). Model genel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Bu sonuca göre, yaştaki her bir yıl artışla, OAB'nin 0.083 birim azalması beklenmektedir. Modele ilişkin belirleme katsayısı (R^2) %0.3 olarak tespit edilmiş olup, OAB'deki varyasyonun %0.3'ü yaştaki değişimle açıklanabilir. Yaşın ortalama arter basıncını açıklama oranı düşüktür.

Yaşın KÜA üzerindeki etkisinin başka bir üçüncü değişken tarafından etkilenmediği varsayımı altında, yaşa ait regresyon katsayısı 0.468 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, yaştaki her 1 yıllık artışın KÜA'da 0.468 birim artışa yol açacağını göstermektedir. Modelin belirleme katsayısı ise %6.27 olarak tespit edilmiştir. Yaşın OS üzerindeki etkisinin başka bir değişken tarafından etkilenmediği kabul edildiğinde, yaşa ait regresyon katsayısı 0.0199 olarak bulunmuş ve bu değerin istatistik olarak anlamlı olmadığı ($p=0.2297$) görülmüştür. Ayrıca, yaşın D-Dimer üzerindeki etkisi incelendiğinde, yaşa ait regresyon katsayısının 0.0435 olduğu belirlenmiştir.

Yaşın OAB üzerindeki doğrudan etkisini ve KÜA, OS ve D-Dimer düzeyleri üzerinden olan aracılı etkilerini belirlemek amacıyla çoklu aracılık analizi yapılmıştır. Bu analizde, yaş ile OAB arasındaki toplam etki miktarı -0.0834 birim olarak hesaplanmış ve bu etki dört bileşene ayrılmıştır. Yaşın OAB'ye olan doğrudan etkisi -0.0648, KÜA değişkeni aracılığıyla olan etkisi -0.0244, OS değişkeni aracılığıyla olan etkisi 0.0134 ve D-Dimer düzeyi aracılığıyla olan etkisi -0.0076 olarak bulunmuştur. OS değişkeni aracılığıyla hesaplanan 0.0134 birimlik aracılı etki, istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır (p = 0.114).



Şekil 23. OAB bağımlı değişkeni için KÜA, OS ve D-Dimer aracı değişkenleri ile sonuç diyagramı

Yaşın OS üzerinden OAB'ye etkisi istatistik olarak önemli bulunmadığı için toplam aracılı etki istatistik olarak önemli bulunmamıştır (O'Rourke ve MacKinnon , 2015).

İstatistik olarak önemli bulunmayan OS değişkeni, aracılık modelinden çıkartılarak dördüncü uygulama yapılmıştır. Buna göre analiz yapıldığında, iki aracı değişkenin olduğu aracılık modeli için analiz özet sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

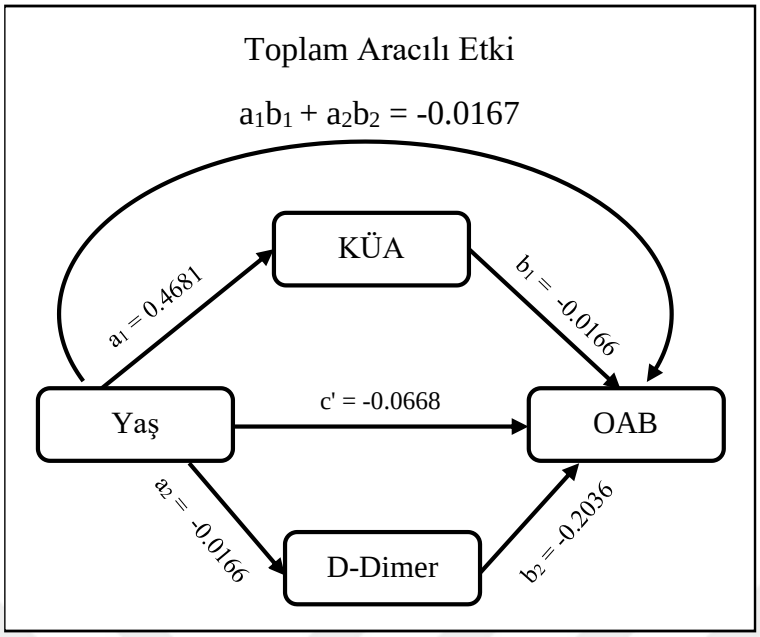
Tablo 8. KÜA ve D-Dimer düzeyinin aracı olduğu çoklu aracılık analizine ait özet sonuçlar

Değişken	Katsayı	St. Hata	p	Güven Aralığı	HKO	R^2

Yaş → OAB [c]	-0.083	0.021	0.001	[-0.125, -0.42]	597.965	0.003
Yaş → KÜA [a1]	0.4681	0.0264	0.001	[0.4164, 0.5198]	913.505	0.0627
Yaş → D-Dimer [a2]	0.0435	0.0046	0.001	[0.0346, 0.0525]	27.2399	0.0191
KÜA → OAB [b1]	-0.0166	0.0120	0.1658	[-0.0402, 0.0069]	596.626	0.0059
D-Dimer → OAB [b2]	-0.2036	0.0695	0.0034	[-0.3400, -0.0673]		
Yaşın OAB'ye Doğrudan Etkisi [c']	-0.0668	0.0221	0.001#	[-0.1101, -0.0234]		
Yaşın OAB'ye KÜA üzerinden Aracılı Etkisi [a1xb1]	-0.0078	0.0060	0.084	[-0.0297, -0.0042]		
Yaşın OAB'ye D-Dimer üzerinden Aracılı Etkisi [a2xb2]	-0.0089	0.0033	0.003#	[-0.0157, -0.0028]		

#: Sobel testine göre hesaplanan p değeri

Yaşın OAB üzerindeki doğrudan etkisini ve KÜA ile D-Dimer düzeyleri aracılığıyla olan aracılı etkilerini belirlemek amacıyla çoklu aracılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda, yaş ile OAB arasındaki bu nedensel (sebep-sonuç ilişkili) modele dayanarak toplam etki miktarı -0.0834 birim olarak hesaplanmış ve bu etki üç bileşene ayrılmıştır. Yaşın OAB'ye doğrudan etkisi -0.0668, KÜA değişkeni aracılığıyla olan etkisi -0.0078 ve D-Dimer düzeyi aracılığıyla olan etkisi -0.0089 olarak tespit edilmiştir. KÜA değişkeni aracılığıyla hesaplanan -0.0078 birimlik aracılı etki, istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.084$).



Şekil 24. OAB bağımlı değişkeni için KÜA ve D-Dimer aracı değişkenleri ile sonuç diyagramı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Başta Sağlık Bilimleri olmak üzere, birçok alanda araştırıcının bağımsız değişken olarak almış olduğu değişken ile Bağımlı değişken olarak varsaydığı değişken arasındaki ilişki doğrusal regresyon ile incelenmektedir.

Doğrusal regresyon analizinde sebep-sonuç ilişkisi belirlenmek istendiğinde, path analizi yapılabilmektedir. Path analizine benzer şekilde, aracılık analizi de bağımlı değişken üzerine etkili olabileceği düşünülen bağımsız değişkenin, doğrudan ve aracı değişken üzerinden olan etkisini belirlemek üzere kullanılabilmektedir. Aracılık analizinin kullanımının artması ile birlikte aracı etkisini belirlemeye yönelik istatistik modeller geliştirilmiştir. Aracılık modellerinde; X bağımsız değişkeni ile Y bağımlı değişkeni arasına aracı değişken eklenerek, X'in Y'ye doğrudan ve aracı değişken üzerinden etkisi açıklanmaya çalışılmaktadır.

Adından da anlaşılacağı üzere, Basit aracılık modeli, X bağımsız değişkeni ile Y bağımlı değişkeni arasında yalnızca bir aracı değişkenin yer aldığı modeldir. Diğer çoklu aracılık modellerine temel oluşturması bakımından bu modelin anlaşılması oldukça önemlidir.

Fitrianto ve Midi (2013)'nin çalışmaları, standartlaştırılmış regresyon katsayılarının basit aracılık modellerinde kullanımını vurgulayan önemli bir inceleme sunmaktadır. Standartlaştırılmış regresyon katsayıların, özellikle doğal bir metriği olmayan değişkenler için daha anlamlı olduğu ve değişkenlerin göreceli önemini yansıttığı vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra özellikle çoklu regresyon modellerinde, değişkenlerin etkilerinin karşılaştırılmasında ve doğrudan ve dolaylı etkilerin anlaşılmasında, daha derin bir kavrayış sağlayabileceği belirtilmiştir.

Moderatör ve mediatör değişkenler arasındaki farklar, istatistik analizlerde sıkça karıştırılan ancak önemli kavramsal ayrımları ifade eden unsurlardır. Mediatör değişken, iki değişken arasındaki ilişkinin nasıl gerçekleştiğini açıklayan bir süreç sunarken, moderatör değişken bu ilişkinin gücünü veya yönünü etkileyebilir. Bhandari (2023)'ye göre, mediatör değişkenler bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin anlaşılmasına yardımcı olurken, moderatör değişkenler bu ilişkinin belirli koşullarda nasıl

değiştiğinin anlaşılmasına olanak tanır. Bu ayrım, araştırma tasarımı ve bulguların yorumlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Aracılı etki, bir değişkenin başka bir değişken üzerinden etkisinin hangi mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıktığını belirlemek için kritik öneme sahiptir. Bu modellerde, birden fazla aracı değişkenin dahil edilmesi, bir etkinin birden fazla mekanizma aracılığıyla iletildiği gerçeğini kabul eder ve araştırmacılara bu mekanizmaları karşılaştırma olanağı sağlar (Coutts, 2020).

Aracılık modellerinde, aracı değişken için tam ya da kısmi aracılık durumu olabilir. Tam aracılık durumunda, aracı değişken modele eklendiğinde, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin zayıflaması ya da istatistik olarak önemli bulunmaması beklenir. Kısmi aracılık durumunda ise aracı değişken bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin tamamını açıklayamaz, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki istatistik olarak önemli olabilir.

Cox (2018), X ile Y arasındaki ilişkiye, aracı değişkenlerin eklenmesi ile kesinliğin ve gücün artacağını vurgulamıştır. Buna bağlı olarak, aracı değişkenin önemli olup olmadığını belirlemek üzere MacKinnon ve ark. (2002), en iyi Tip I hata oranı ve güç değeri ile aracılık testini tanımlamıştır.

Aracılık analizinin uygulanması, teorik ve pratik zorlukları içeren karmaşık bir süreçtir. Agler ve De Boeck (2017), aracılık analizinde farklı bakış açılarını tartışarak, bu analizlerin kullanımında ortaya çıkan çeşitli perspektifleri ve bu perspektiflerin avantaj ve dezavantajlarını ele almışlardır. Örneğin, bazı araştırmacılar doğrudan ve dolaylı etkilerin ayrımına odaklanırken, diğerleri genel modelin doğruluğunu ve uygunluğunu vurgular. Ayrıca, aracılık hipotezi olmadan mı yoksa belirli bir aracılık hipoteziyle mi ilerlenmesi gerektiği konusunda da farklı görüşler bulunmaktadır. Bu farklı bakış açıları, hem kavramsal hem de metodolojik düzeyde önemli çıkarımlara sahiptir. Araştırmacılar, verilerin analizinde hangi perspektifin daha uygun olduğunu belirlerken, çalışmanın bağlamını ve amacını dikkate almalıdır. Aracılık analizinin yalnızca bir analiz aracı olmadığı, aynı zamanda olası nedensel ilişkileri keşfetmek ve test etmek için de kullanıldığını söylenebilir.

Klasik epidemiyolojik yöntemler, genellikle maruz kalma (E) ve sonuç (Y) arasındaki ilişkiyi incelemeye odaklanırken, son yıllarda bu ilişkiyi açıklayan mekanizmaları ve yolları belirlemek için kullanılan yöntemler gelişmiştir. Aracılık analizi, bu "kara kutu"yu açığa çıkarmak için kullanılan güçlü bir yöntem olarak öne çıkmıştır (Jung, 2021).

Gunzler ve ark. (2013), aracılık analizi ile hastalıkların etiyolojisinin yanı sıra, farmakolojik ve fizyoterapik uygulamaların mekanizmalarının ve etkilerinin daha ayrıntılı anlaşılabileceğini vurgulamışlardır.

Geleneksel aracılık analizi yöntemleri, araştırmacılar arasında yaygın olarak kullanılmış olsa da, son yıllarda nedensel aracılık analizi yöntemlerinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Rijnhart ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışma, gözlemsel epidemiyolojik çalışmalarda kullanılan aracılık analizi yöntemlerini gözden geçirerek, gelecekteki çalışmalarda nedensel aracılık analizi kullanımını teşvik etmek için öneriler sunmaktadır.

Hayes (2009) ‘in çalışması, aracılık analizinde geleneksel Baron ve Kenny (1986) yaklaşımının ötesine geçerek modern yöntemleri tanıtmaktadır. Geleneksel yöntemde, bir değişkenin diğer bir değişken üzerindeki etkisinin aracılar yoluyla gerçekleşip gerçekleşmediğini test etmek için kullanılan adımlar çeşitli eleştiriler almıştır. Özellikle, bu yaklaşımın düşük güçte olması ve dolaylı etkinin varlığını test etmek için kullanılan hipotez testlerinin güvenilirliği eleştirilmektedir. Hayes, Sobel testi gibi yöntemlerin, dolaylı etkinin örnekleme dağılımının normal olduğu varsaymasına karşın, gerçekte bu dağılımın asimetrik olabileceğini belirtmektedir. Bunun yerine, son yıllarda yaygınlaşan bootstrapping yöntemi, dolaylı etkinin güven aralıklarını oluşturmak için daha güvenilir ve geçerli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bootstrapping, dolaylı etkinin örnekleme dağılımını ampirik olarak temsil eder ve varsayımlara dayanmadığından, Sobel testinin eksikliklerini aşmaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar tarafından dolaylı etkilerin test edilmesinde tercih edilmesi önerilmektedir. Tez çalışması kapsamında Sobel testi ile önemlilik testi yapılırken, aynı zamanda aracılı etkilerin güven aralıkları SPSS PROCESS v4.2 programı ile bootstrapping yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Bilimsel çalışmalarda ilgilenilen özellikler arası ilişkiler oldukça dinamik ve karmaşık yapıdadır. Bu karmaşık ilişki yapısını mümkün olduğunca en basit modellerle açıklayabilmek ve anlaşılır yapabilmek için birçok analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de Aracılık analizidir. Aracılık analizi, bu tür ilişkileri tanımlamak, keşfetmek ve olası nedensel ilişkileri belirlemek üzere kullanılabilecek kısmen basit analiz yöntemlerinden birisidir. Bu nedenle Aracılık analizinin genel özelliklerinin ve yapısının açıklanması ile birlikte, basit ve çoklu aracılık modellerinin çözüm ve yorumlanmasına ilişkin özet bilgileri sunarak, farklı modellerle kullanılabilirliğinin incelenmesi bakımından bu çalışmanın, uygulamada bu alanda çalışabilecek araştırmacılara ve literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Agler R, De Boeck P. On the Interpretation and Use of Mediation: Multiple Perspectives on Mediation Analysis. Front. Psychol. 2017;8:1984.

Alpar R, Karakaya J. Path Analizi. Alpar R, editör. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. 6. Baskı. Ankara: Detay Yayıncılık; 2021.

Alpar R. Uygulamalı İstatistik ve Geçerlik-Güvenirlik. 7. Baskı. Ankara: Detay Yayıncılık; 2022.

Baron RM, Kenny DA. The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. J. Pers. Soc. Psychol. 1986.

Bhandari P. Moderatör ve mediatör değişkenler arasındaki farklar. [Internet]. 2023 [Erişim Tarihi: 27 Temmuz 2024]. Erişim adresi: https://www.scribbr.com/methodology/mediator-vs-moderator/

Bollen KA. Total, direct, and indirect effects in structural equation models. Sociol. Methodol. 1987;17:37–69.

Conger AJ. A revised definition for suppressor variables: A guide to their identification and interpretation. Educ. Psychol. Meas. 1974;34:35–46.

Coutts J. Contrasting Contrasts: An Exploration of Methods for Comparing Indirect Effects in Mediation Models [Yüksek lisans tezi]. Ohio State University; 2020. Erişim adresi: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1605579439442685

Cox DR. Regression Analysis When There is Prior Information About Supplementary Variables. J. R. Stat. Soc. Series B Methodol. 2018;22(1):172-76.

Fitrianto A, Midi HB. Standardized Simple Mediation Model: A Numerical Example. World Appl. Sci. J. 2013;22(8):1135-1139.

Gökmen D, Yavuz Z, Özgür EG. Analitik araştırmalar. Gökmen D, editör. Bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2018.

Greenland S, Morgenstern H. Confounding in health research. Annu. Rev. Public Health. 2001;22:189–212.

Gunzler D, Chen T, Wu P, Zhang H. Introduction to mediation analysis with structural equation modeling. Shanghai Arch. Psychiatry. 2013;25(6):390-4.

Hayes AF. Beyond Baron and Kenny: Statistical Mediation Analysis in the New Millennium. Commun. Monogr. 2009;76(4):408–20.

Hayes AF. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. New York: The Guilford Press; 2022.

Iacobucci D. Mediation Analysis. Quantitative applications in the social sciences; 156. SAGE Publications; 2008.

Imai K, Keele L, Tingley D. A general approach to causal mediation analysis. Psychol. Methods. 2010;15(4):309–34.

Jung SJ. Introduction to Mediation Analysis and Examples of Its Application to Real-world Data. J. Prev. Med. Public Health. 2021;54(3):166-72.

Keskin S, Günel MD. Basit Aracılık Modeli ve Analizi. Keskin S, Ergül Erkeç Ö, editörler. Sağlık Bilimlerinde Araştırma ve Derlemeler. Ankara: İksad Yayınevi; 2022.

Kraemer HC, Stice E, Kazdin A, Offord D, Kupfer D. How do risk factors work together? Mediators, moderators, and independent, overlapping, and proxy risk factors. Am. J. Psychiatry. 2001;158:848–56.

Last JM. A dictionary of epidemiology. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1988.

MacKinnon DP, Dwyer JH. Estimating mediated effects in prevention studies. Eval. Rev. 1993;17:144-58.

MacKinnon DP, Krull JL, Lockwood CM. Equivalence of the mediation, confounding, and suppression effect. Prev. Sci. 2000;1:173–81.

MacKinnon DP, Lockwood CM, Hoffman JM, West SG, Sheets V. A comparison of methods to test mediation and other intervening variable effects. Psychol. Methods. 2002 Mar;7(1):83-104.

MacKinnon DP. Introduction to Statistical Mediation Analysis. New York: Lawrence Erlbaum Associates Taylor & Francis Group; 2008.

Meinert CL, Tonascia S. Monographs in epidemiology and biostatistics: Vol. 8. Clinical trials: design, conduct, and analysis. New York: Oxford University Press; 1986.

O'Rourke HP, MacKinnon DP. When the test of mediation is more powerful than the test of the total effect. Behav. Res. Methods. 2015 Jun;47(2):424-42.

Rijnhart JJM, Lamp SJ, Valente MJ, MacKinnon DP, Twisk JWR, Heymans MW. Mediation analysis methods used in observational research: a scoping review and recommendations. BMC Med. Res. Methodol. 2021;21(1).

Rijnhart JJM, Twisk JWR, Chinapaw MJM, de Boer MR, Heymans MW. Comparison of methods for the analysis of relatively simple mediation models. Contemp. Clin. Trials Commun. 2017 Jun 22;7:130-35.

Rosenberg M. The logic of survey analysis. New York: Basic Books; 1968.

Sharma S, Durand RM, Gur-Arie O. Identification and analysis of moderator variables. J. Mark. Res. 1981;18:291–300.

Sobel ME. Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. Leinhart S, editör. Sociol. Methodol. 1982. San Francisco: Jossey-Bass; 1982. p. 290-312.

Warner RM. Applied Statistics: From Bivariate Through Multivariate Techniques. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.; 2012.

Yu Q, Li B. Statistical methods for Mediation, Confounding and Moderation Analysis using R and SAS. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, LLC; 2022.

ÖZGEÇMİŞ

Diyarbakır ilinde 1991 yılında doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Van'da tamamladı. 2018 yılında Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü'nden şeref öğrencisi olarak mezun oldu. 2022 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2023 yılında Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı Ana Bilim Dalı'nda görevine devam etmektedir.

EKLER

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

G23 - TEZ ÖNERİSİ ETİK ONAY FORMU

Anabilim Dalı	Biyoistatistik
Öğrencinin Adı Soyadı	Murat Doğuş GÜNEL
Öğrenci No	21930002011
Tez Eserinin Adı	İSTATİSTİKTE ARACILIK MODELLERİ VE ANALİZİ

KARAR: Sunulan tez çalışmasında, doğrudan veya dolaylı olarak insan ve/veya hayvan ile ilişkili materyal kullanımı olmadığından (bitki/gıda/yazılım/kimyasal vs. ilgili çalışma) dolayı Etik Kurul Onay Belgesi gerektirmediği hususu,

Anabilim dalı kurulu tarafından uygun görülmüştür.

	Unvanı, Adı ve Soyadı	**Tarih**	**İmza**
Danışmanı	Prof. Dr. Sıddık KESKİN	09 . 01 . 2024	
Anabilim Dalı Başkanı	Prof. Dr. Sıddık KESKİN	09 . 01 . 2024	
Anabilim Dalı kurul üyesi	Doç. Dr. Sadi ELASAN	09 . 01 . 2024	
Anabilim Dalı kurul üyesi	Dr. Öğr. Ü. Sinemis ÇETİN DAĞLI	09 . 01 . 2024	

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

G19 –TEZ ORİJİNALLİK RAPORU

Tez Başlığı / Konusu	İstatistikte Aracılık Modelleri ve Analizi

İntihal taraması yapılan bölümler ve sayfa sayıları				
Kapak sayfası	Giriş	Ana bölümler	Sonuç bölümleri	Toplam sayfa sayısı
3	**2**	**25**	**5**	**37**

İntihal taraması yapılan program	Taramanın yapıldığı tarih	Benzerlik oranı %
	01 /08 / 2024	**%18**

***Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:**

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyiinceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihaliçermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabulettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Murat Doğuş GÜNEL

Öğrencinin Adı Soyadı	Murat Doğuş GÜNEL
Anabilim Dalı	Biyoistatistik
Öğrenci No	21930002011
Programı	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI	**ENSTİTÜ ONAYI**
UYGUNDUR	UYGUNDUR
Prof. Dr. Sıddık KESKİN	Doç. Dr. Hamit Hakan ALP