

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK ANABİLİM DALI

**ARACILIK ANALİZİNDE BİYOBELİRTEÇLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE ALTERNATİF
YAKLAŞIMLARIN ARAŞTIRILMASI**

Hülya BİNOKAY

**BİYOİSTATİSTİK DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMANI
Doç. Dr. Yaşar SERTDEMİR**

ADANA-2025

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK ANABİLİM DALI

**ARACILIK ANALİZİNDE BİYOBELİRTEÇLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE ALTERNATİF
YAKLAŞIMLARIN ARAŞTIRILMASI**

Hülya BİNOKAY

**BİYOİSTATİSTİK DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMANI
Doç. Dr. Yaşar SERTDEMİR**

ADANA-2025

KABUL VE ONAY

X X X X

ETİK BEYANI



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca tecrübesinden ve bilgisinden istifade ettiğim sayın tez danışmanım Doç. Dr. Yaşar SERTDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasının tez izleme raporlarında değerli görüşleriyle katkı sağlayan hocalarım Prof. Dr. Güzin YÜKSEL ve Doç. Dr. İlker ÜNAL'a teşekkürü bir borç bilirim. Doktora eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Gülşah SEYDAOĞLU ve Prof. Dr. Zeliha Nazan ALPARSLAN'a, desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca desteklerinden dolayı Prof. Dr. Gülhan TEMEL ve Doç. Dr. Didem DERİCİ YILDIRIM hocalarıma teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamın her aşamasında ve tüm eğitimim boyunca ilgilerini ve desteklerini her zaman hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmamı TDK-2021-13815 No'lu proje ile maddi olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne teşekkür ederim.

Hülya BİNOKAY

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
ETİK BEYANI	IV
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Aracılık Analizi ve Aracılık Modelleri	4
2.2. Aracılık Modelleri.....	4
2.2.1. Basit Aracılık Modeli.....	4
2.2.1.1. Basit Aracılık Modelinde Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler	5
2.2.2. Çoklu Aracılık Modelleri	6
2.2.2.1. Paralel Çoklu Aracılık Modeli	6
2.2.2.2. Paralel Çoklu Aracılık Modeli için Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler.....	7
2.2.2.3. Seri Çoklu Aracılık Modeli	8
2.2.2.4. Seri Çoklu Aracılık Modeli için Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler.....	9
2.3. Aracı Değişken Etkisini Test Etmek için Kullanılan Yöntemler	9
2.3.1. Nedensel Adım Yaklaşımı (BK Yöntemi)	9
2.3.1.1. Aracılık Analizinde Tam ve Kısmi Aracılık	10
2.3.1.1.1. Tam Aracılık	10
2.3.1.1.2. Kısmi Aracılık.....	11
2.3.1.1.3. Aracılığın Olmaması	11
2.3.2. Nedensel Adım Yaklaşımının (BK Yöntemi) Sınırlılıkları	11
2.3.3. Katsayılarla İlişkin Testler	12

2.3.3.1. Katsayıların Farkı Yaklaşımı	12
2.3.3.2. Katsayıların Çarpımı Yaklaşımı	13
2.3.3.2.1. Sobel Testi	14
2.3.4. Bootstrap Yöntemi	15
2.3.5. Aracılık Analizinde Dolaylı Etkinin Boyutunu Ölçmek için Kullanılan Ölçütler	15
2.3.5.1. Aracılık Oranı (AO)	15
2.3.5.2. Dolaylı Etkinin Doğrudan Etkiye Oranı	16
2.3.5.3. Açıklanan Varyans (RMed2)	16
2.4. Etki Büyüklüğüne göre BK ve Sobel Yöntemleri için Örnek Büyüklüklerinin Hesaplanması	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	19
3.1. Benzetim Çalışması	22
3.1.2. Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Benzetim Çalışmasının Adımları	25
3.2. Gerçek Veri Uygulaması	25
3.2.1 NHANES 1999-2020 Veri Seti: Bağımlı, Bağımsız ve Aracı Değişkenin Sürekli Olduğu Durum	25
3.2.2 KNHANES V Veri Seti: Bağımsız ve Aracı Değişkenin Sürekli, Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durum	26
4. BULGULAR	27
4.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olduğu Senaryolar için Elde Edilen Bulgular	27
4.1.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Küçük Etki ($a=0.14$, $b=0.14$) için Elde Edilen Bulgular	27
4.1.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük- Küçük Orta Arası Etki ($a=0.14$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular	30
4.1.3. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Orta Etki ($a=0.14$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular	32
4.1.4. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Büyük Etki ($a=0.14$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular	35

4.1.5. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası Etki ($a=0.26$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular.....	38
4.1.6. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Orta Etki ($a=0.26$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular	40
4.1.7. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Büyük Etki ($a=0.26$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular	43
4.1.8. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta-Orta Etki ($a=0.39$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular	46
4.1.9. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta- Büyük Etki ($a=0.39$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular	48
4.1.10. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Büyük-Büyük Etki ($a=0.59$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular	51
4.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Elde Edilen Bulgular (Tip 1 hata).....	56
4.2.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük- Sıfır Etki ($a=0.14$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	56
4.2.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Sıfır Etki ($a=0.26$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	57
4.2.3. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta- Sıfır Etki ($a=0.39$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	58
4.2.4. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Büyük- Sıfır Etki ($a=0.59$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	59
4.3. NHANES 1999-2020 Veri Seti Uygulamasından Elde Edilen Bulgular.....	60
4.4 Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olduğu Senaryolar için Elde Edilen Bulgular.....	61
4.4.1. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük-Küçük Etki ($a=0.14$, $b=0.14$) için Elde Edilen Bulgular	61
4.4.2. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük- Küçük Orta Arası Etki ($a=0.14$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular	64
4.4.3. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası Etki ($a=0.26$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular.....	67

4.4.4. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Orta-Orta Etki ($a=0.39$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular	70
4.4.5. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Büyük-Büyük Etki ($a=0.59$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular	72
4.5. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Elde Edilen Bulgular (Tip 1 hata).....	77
4.5.1. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük- Sıfır Etki ($a=0.14$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	77
4.5.2. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Sıfır Etki ($a=0.26$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	78
4.5.3. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Orta- Sıfır Etki ($a=0.39$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular	79
4.5.4. Bağımlı Değişkenin İkili olduğu Durumda Büyük- Sıfır etki ($a=0.59$, $b=0$) için elde edilen bulgular	80
4.6. KHNANES V Veri Seti Uygulamasından Elde Edilen Bulgular	81
5. TARTIŞMA	83
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR	88
EKLER.....	91
EK 1 Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda $c'=0$ Senaryosu İçin Farklı Örnek Büyüklüklerindeki Güç Değerleri	91
EK 2 Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda $c'=0$ Senaryosu İçin Farklı Örnek Büyüklüklerindeki Güç Değerleri	93
EK 3 Gerçek Veriler İçin Aracılık Diyagramları.....	94
EK 4 Gerçek Verilerin frekans tabloları	95
ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:

Sayfa No:

Şekil 1.	Basit aracılık analizi diyagramı (22).....	5
Şekil 2.	Basit aracılık modelinin istatistiksel diyagramı(22)	6
Şekil 3.	Paralel Çoklu aracılık modeli diyagramı(22).....	7
Şekil 4.	Seri Çoklu aracılık modeli diyagramı(20)	8
Şekil 5.	Önerilen yöntemin adım diyagramı	21
Şekil 6.	Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	29
Şekil 7.	Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	32
Şekil 8.	Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	34
Şekil 9.	Küçük- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	37
Şekil 10.	Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	40
Şekil 11.	Küçük Orta Arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	42
Şekil 12.	Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	45
Şekil 13.	Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	48
Şekil 14.	Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	51

Şekil 15.	Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği	53
Şekil 16.	Küçük- Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği.....	56
Şekil 17.	Küçük Orta Arası-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği	57
Şekil 18.	Orta-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği.....	58
Şekil 19.	Büyük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği.....	59
Şekil 20.	NHANES 1999-2020 verisi için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin hata çubukları grafiği.....	61
Şekil 21.	Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği.....	63
Şekil 22.	Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği.....	66
Şekil 23.	Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği.....	69
Şekil 24.	Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği.....	72
Şekil 25.	Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği.....	74
Şekil 26.	Küçük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği	77
Şekil 27.	Küçük Orta Arası-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği.....	78

Şekil 28. Orta-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği	79
Şekil 29. Büyük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği	80
Şekil 30. KNHANES V veri seti için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin hata çubukları grafiği	82



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No:

Sayfa No:

Çizelge 4.1.	Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.03, 0.05)$ için güç değerleri	28
Çizelge 4.2.	Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.07, 0.12)$ için güç değerleri	29
Çizelge 4.3.	Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.06, 0.09)$ için güç değerleri	30
Çizelge 4.4.	Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.12, 0.21)$ için güç değerleri	31
Çizelge 4.5.	Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.08, 0.12)$ için güç değerleri	33
Çizelge 4.6.	Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.17, 0.28)$ için güç değerleri	34
Çizelge 4.7.	Küçük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.12, 0.17)$ için güç değerleri	36
Çizelge 4.8.	Küçük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.24, 0.37)$ için güç değerleri	37
Çizelge 4.9.	Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.10, 0.15)$ için güç değerleri.....	38
Çizelge 4.10.	Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.21, 0.33)$ için güç değerleri.....	39
Çizelge 4.11	Küçük Orta Arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.15, 0.21)$ için güç değerleri	41

Çizelge 4.12. Küçük Orta arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.28, 0.42) için güç değerleri	42
Çizelge 4.13.. Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.21, 0.28) için güç değerleri	44
Çizelge 4.14. Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.52) için güç değerleri	45
Çizelge 4.15. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.20, 0.28) için güç değerleri	46
Çizelge 4.16. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.52) için güç değerleri	47
Çizelge 4.17. Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.28, 0.37) için güç değerleri	49
Çizelge 4.18. Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda BK, Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.47, 0.62) için güç değerleri.....	50
Çizelge 4.19. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.47) için güç değerleri	52
Çizelge 4.20. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= 0.57 için güç değerleri	53
Çizelge 4.21. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri	55
Çizelge 4.21. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri (devamı)	56
Çizelge 4.22. NHANES 1999-2020 verisi için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri	60
Çizelge 4.23. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.03, 0.05) için güç değerleri	62

Çizelge 4.24. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.07, 0.12)$ için güç değerleri	63
Çizelge 4.25. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.06, 0.09)$ için güç değerleri.....	65
Çizelge 4.26. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.12, 0.21)$ için güç değerleri.....	66
Çizelge 4.27. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.10, 0.15)$ için güç değerleri	68
Çizelge 4.28. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.21, 0.33)$ için güç değerleri	69
Çizelge 4.29. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.20, 0.28)$ için güç değerleri.....	71
Çizelge 4.30. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.37, 0.52)$ için güç değerleri.....	71
Çizelge 4.31. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.37, 0.47)$ için güç değerleri	73
Çizelge 4.32. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve $AO = (0.57)$ için güç değerleri	74
Çizelge 4.33. Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri.....	76
Çizelge 4.34. KNHANES V veri seti için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri	81

SİMGELER VE KISALTMALAR

BK	: Baron-Kenny
AO	: Aracılık Oranı
R^2_{med}	: Açıklanan Varyans
R_M	: Dolaylı Etkinin Doğrudan Etkiye Oranı
FGF-23	: Fibroblast Büyüme Faktörü
VCAM-1	: Vasküler Hücre Yapışma Proteini-1
ICAM-1	: Hücrelerarası Yapışma Molekülü-1
AGPT2	: Anjiyopoietin 2
BDNF	: Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör
ALT	: Alanin Aminotransferaz
AST	: Aspartat Aminotransferaz
GGT	: Gamma Glutamil Transferaz
HDL-C	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein Kolesterol
LDL-C	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein Kolesterol
HDL	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
TG	: Trigliserit
TC	: Total Kolesterol
RC	: Remnant Kolesterol
Non-HDL-C	: Yüksek Yoğunluklu Olmayan Lipoprotein Kolesterol

ÖZET

Aracılık Analizinde Biyobelirteçlerin Değerlendirilmesinde Alternatif Yaklaşımların Araştırılması

Bir hastalığın tanısında ve prognozunda biyobelirteçler önemli bilgiler verirler. Biyobelirteçlerin değerlendirilmesinde, sıklıkla t testi veya ROC analizi kullanılmaktadır. Bu yöntemler sadece iki değişken (bağımlı ve bağımsız) arasındaki ilişkiyi değerlendirmektedir. Ancak bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişki üçüncü bir değişkene bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Üçüncü bir değişkenin bu ilişkiyi nasıl etkilediğini incelemek, biyobelirteçlerin değerlendirilmesi için önemlidir. Aracı değişken olarak adlandırılan bu üçüncü değişkenin etkisini test etmek için aracılık analizi kullanılmaktadır. Literatürde aracı değişken etkisini test etmek için Baron-Kenny (BK) ve Sobel yöntemleri en sık kullanılan yöntemlerdir. Ancak bu yöntemlerin sınırlılıkları bulunmaktadır. BK yöntemi aracı değişken etkisini değerlendirirken daha yüksek Tip 1 ve Tip 2 hata yapmaktadır. Sobel yöntemi ise normallik varsayımı ihlali ve olası korelasyon yapısını ihmal etmektedir.

Bu tez çalışmasında BK ve Sobel yöntemlerinin performanslarının incelenmesi ve bu yöntemlerin sınırlılıkları göz önüne alınarak bu yöntemlere alternatif olabilecek bir karar mekanizmasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu karar mekanizması önerilen yöntem olarak adlandırılmıştır. Ayrıca önerilen karar mekanizması literatürde aracılık etkisini test etmek için kullanılan BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve McGuigan ve Langholtz tarafından önerilen ML yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntem, benzetim çalışması ve gerçek veri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Benzetim çalışmasında farklı aracılık oranları (0.03-0.57), örnek büyüklükleri (25-1100) kombinasyonlarında bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durum için aracı değişkenin etkisi değerlendirilmiştir.

Benzetim çalışması sonuçları incelendiğinde bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durumda Önerilen yöntemin küçük örnek büyüklüklerinde ve etki büyüklüğünün orta ve büyük olduğu durumlarda performansının diğer yöntemlere göre daha yüksek performans göstermiştir.

Gerçek verilerin sonuçları incelendiğinde ise Önerilen yöntem küçük örnek büyüklüklerinde diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir.

Sonuç olarak bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durumda küçük örnek büyüklüklerinde ve etki büyüklüğünün orta ve büyük olduğu durumlarda alternatif olarak geliştirilen Önerilen yöntemin kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Baron-Kenny, Sobel, Önerilen yöntem, Aracı, Aracılık analizi, Biyobelirteç

ABSTRACT

Investigating Alternative Approaches to the Evaluation of Biomarkers in Mediation Analysis

Biomarkers provide important information in the diagnosis and prognosis of a disease. In the evaluation of biomarkers, the t-test or ROC analysis is often used. These methods only evaluate the relationship between two variables (dependent and independent). However, the relationship between the dependent variable and the independent variable may depend on a third variable. Examining how a third variable affects this relationship is important for the evaluation of biomarkers. Mediation analysis is used to test the effect of this third variable called mediator variable. In the literature, Baron-Kenny (BK) and Sobel methods are the most frequently used methods to test the effect of mediating variables. However, these methods have limitations. The BK method makes higher Type 1 and Type 2 errors when evaluating the mediating variable effect. The Sobel method, on the other hand, violates the normality assumption and neglects the possible correlation structure.

In this thesis, it is aimed to examine the performance of BK and Sobel methods and to develop a decision mechanism that can be an alternative to these methods by considering the limitations of these methods. This decision mechanism is named as the proposed method. In addition, the proposed decision mechanism is compared with BK, Sobel, Aroian, Bootstrap and ML methods proposed by McGuigan and Langholtz, which are used in the literature to test the mediation effect. The proposed method is evaluated using simulation study and real data.

In the simulation study, the effect of the mediating variable was evaluated for different combinations of proportion mediated (0.03-0.57) and sample sizes (25-1100) for the case where the dependent variable is continuous and binary.

When the results of the simulation study are analyzed, the performance of the Proposed method is higher than the other methods at small sample sizes and when the effect size is medium and large when the dependent variable is continuous and binary. When the results of the real data are analyzed, the proposed method outperformed the other methods at small sample sizes.

As a result, it is recommended to use the proposed method as an alternative when the dependent variable is continuous and binary in small sample sizes and when the effect size is medium and large.

Key words: Baron-Kenny, Sobel, Proposed method, Mediator, Mediation analysis, Biomarker

1. GİRİŞ

Bir hastalığın meydana gelmesinde birden fazla risk faktörü rol oynamaktadır. Bu risk faktörleri bağımsız olabildikleri gibi birbirini de etkileyebilmektedir. Birbirini etkilemesi durumunda ise risk faktörü (X) ve hastalık (Y) arasındaki ilişki mekanizması çoğunlukla bilinmemektedir (1). Bu ilişki mekanizmasında risk faktörü, vücutta görev yapan başka kimyasallar veya hormonlara etki ederek, hastalığın seyrinde değişikliklere yol açabilirler (1). Risk faktörü tarafından etkilenen bu kimyasallar veya hormonlar biyobelirteç olarak adlandırılmaktadır. Bazı durumlarda biyobelirteçler aracı değişken olarak rol oynamaktadır. Biyobelirteçler, patolojik durumların ortaya konulmasını sağlayan biyolojik sürecin göstergeleridir (2).

Biyobelirteçler, bir hastalığın tanısında ve prognozunda önemli bilgiler verirler ve tıbbın birçok alanında kullanılırlar. Örneğin, prostat kanserinde kullanılan Prostat Spesifik Antijen önemli bir tanı aracıdır. Diğer bir örnek olarak kardiyak bozukluklarda serum kreatin kinaz, laktat dehidrogenaz, aspartat amino transferaz ölçümleri kalp kası hasarlarının tanısında kullanılmaktadır.

Literatürde biyobelirteç değerlendirilmesi için ROC analizi, korelasyon analizi veya t-testi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler sadece iki değişken arasındaki ilişkiyi inceledikleri için kısıtlı bilgiler vermektedir. Ancak iki değişken (bağımlı değişken ve bağımsız değişken) arasındaki ilişki üçüncü bir değişkene bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Üçüncü bir değişkenin bu ilişkiyi nasıl etkilediğini incelemek, biyobelirteçlerin değerlendirilmesi için önemlidir. Bu şekildeki ilişkileri değerlendirmek için son yıllarda aracılık analizinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Aracılık analizi, bir bağımlı (Y) ve bir bağımsız (X) değişken arasındaki ilişkinin, üçüncü bir değişken tarafından açıklanıp açıklanamayacağını test eder. Burada üçüncü değişken, aracı değişken (M) olarak adlandırılmaktadır (3). Aracı değişkenler, bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (4).

Aracılık analizi, risk faktörünün (X) aracı değişken (M) yoluyla, hastalık mekanizmasının nasıl çalıştığını ortaya koymaya çalışmaktadır. Bu mekanizma bilindiğinde, aracı değişkene başka yollarla etki ederek hastalığın oluşumu/seyri değiştirebilmektedir.

Literatürde en yaygın olarak kullanılan aracılık modeli basit aracılık modelidir. Basit aracılık modeli bir bağımsız değişken, bir bağımlı değişken ve bir aracı değişkenden oluşmaktadır (5).

Aracılık analizi konusunda ilk çalışmalar 1980’li yılların başında yapılmıştır. Daha sonra 1982 yılında Sobel aracı değişken etkisini değerlendirmek için kendi adını taşıyan bir yöntem önermiştir (6). 1986 yılında Baron ve Kenny, aracı değişken etkisini araştırmak için psikoloji alanında yaptıkları çalışmada BK yöntemi olarak da bilinen nedensel adım yaklaşımı yöntemini önermişlerdir (4). Bu çalışma ile aracılık analizinin kullanımı önemli ölçüde artmıştır.

Ayrıca bir bağımsız değişkenin, bir bağımlı değişken üzerindeki etkisinin bir aracı değişken tarafından ne ölçüde açıklandığını değerlendirmek için aracılık oranı (AO), dolaylı etkinin doğrudan etkiye oranı (R_M) ve açıklanan varyans (R^2_{med}) gibi ölçütler önerilmiştir. Aracılık oranı literatürde en sık kullanılan ölçüttür (7).

Aracılık analizi psikoloji alanı başta olmak üzere sosyoloji, epidemiyoloji ve sağlık alanında kullanılmaktadır (8).

Anothaisintawee ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, prediyabet hastalarında serum ürik asit ve kan şekeri arasındaki ilişkide, bel çevresinin aracı değişken olup olmadığını Sobel testi kullanarak araştırmışlardır (9). Bu çalışma ile Anothaisintawee ve ark. (2017) bel çevresi değişkeninin aracı değişken olduğu göstermişlerdir.

Oliveria Neves ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, FGF-23 ve akut böbrek yetmezliği arasındaki ilişkide VCAM-1, ICAM-1, AGPT2 ve Syndecan biyobelirteçlerinin aracılık edip etmediğini BK yöntemini kullanarak araştırmışlardır (10). Bu çalışma ile Oliveria Neves ve ark. (2019) VCAM-1, ICAM-1, AGPT2 ve Syndecan biyobelirteçlerinin aracı değişken olduğunu göstermişlerdir.

Wu ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada, yaşlılarda alkol tüketimi ile ameliyat sonrası bilişsel işlevlerdeki bozukluk arasındaki ilişkide A β 42, A β 40, P-tau ve T-tau biyobelirteçlerinin aracılık edip etmediğini BK ve AO yöntemini kullanarak araştırmışlardır (11). Bu çalışma ile Wu ve ark. (2023) A β 42 biyobelirtecinin aracı değişken olduğunu göstermişlerdir.

Şekerci ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada, prediyabet ve diyabet ile bilişsel bozukluk arasındaki ilişkide serum BDNF biyobelirtecinin aracı olup olmadığını Sobel

testi kullanarak araştırmışlardır (12). Bu alışma ile şekerci ve ark. (2023) BDNF değişkeninin aracı değişken olmadığını göstermişlerdir.

Yao ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, Tip 2 diyabetli hastalarda vücut kitle indeksi ve hipertansiyon arasındaki ilişkide, karaciğer enzimlerinin (AST, ALT ve GGT) aracılık rolünü bootstrap yöntemi ile araştırmışlardır (13). Bu alışma ile Yao ve ark. (2024) karaciğer enzimlerinin aracı değişken olduğunu göstermişlerdir.

Lu ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, diyabet ve vücut kitle indeksi arasındaki ilişkide lipidlerin (HDL-C, LDL-C, TG, TC, RC, non-HDL-C, RC/HDL-C oranı, TG/HDL-C oranı, TC/HDL-C oranı, non-HDL/HDL-C oranı, LDL/HDL-C oranı) aracılık rolünü aracılık Oranı kullanarak araştırmışlardır (14). Bu alışma ile Lu ve ark. (2024) RC/HDL-C oranının aracı değişken olduğunu göstermişlerdir.

Zeng ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, menopoz öncesi dönemdeki kadınlarda gebelik diyabeti öyküsü ile kemik mineral yoğunluğu arasındaki ilişki için toplam kolesterolün aracılık rolünü bootstrap yöntemi ile araştırmışlardır (15). Bu alışma ile Zeng ve ark. (2024) toplam kolesterolün aracı değişken olduğunu göstermişlerdir.

Aracı değişkeni değerlendirmek için literatürde çoğunlukla BK ve Sobel yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. BK yöntemi aracı değişken etkisini değerlendirirken daha yüksek Tip 1 ve Tip 2 hata yapmaktadır. Sobel yöntemi ise normallik varsayımı ihlali ve olası korelasyon yapısını ihmal etmektedir.

Bu tezde,

- Biyobelirteçlerin değerlendirilmesinde kullanılan BK ve Sobel yöntemlerinin performanslarının incelenmesi,
- Bu yöntemlerin sınırlılıklarından yola çıkarak bu yöntemlere alternatif olabilecek bir karar mekanizmasının geliştirilmesi ve
- Bu karar mekanizmasının farklı AO ve örnek büyüklüklerinde BK, Sobel, Aroian, McGuigan ve Langholtz tarafından nerilen ML yöntemi ve Bootstrap yöntemleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Geliştirilen karar mekanizması önerilen yöntem olarak adlandırılmıştır. Bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olması ve basit aracılık modeli kullanılarak önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Aracılık Analizi ve Aracılık Modelleri

Sağlık alanında, değişkenler arasındaki ilişki yapıları araştırılmaktadır ve çoğunlukla bu değişkenler arasındaki ilişki yapıları tam olarak belirlenemez. Bu ilişkileri incelemek için regresyon modelleri kullanılmaktadır. Ancak bu regresyon modelleri bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasındaki ilişkinin altında yatan mekanizmaları açıklamada yetersiz kalabilmektedir (16). Bu durumda bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasındaki ilişkinin altında yatan mekanizmaları açıklamak için aracılık analizi kullanılmaktadır.

Aracılık analizi, bağımsız bir değişken (X) ile bağımlı bir değişken (Y) arasındaki ilişkinin altında yatan mekanizmayı üçüncü bir değişkenin modele eklenmesiyle açıklamaya çalışır (17). Aracılık analizi, üç veya daha fazla değişken arasındaki nedensel ilişkiyi açıklamak için kullanılmaktadır (18).

Aracılık analizinde, modele eklenen üçüncü değişkene aracı değişken (M) denilmektedir. Aracı değişken, bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki nedensel ilişkiyi açıklamakta kullanılır (3).

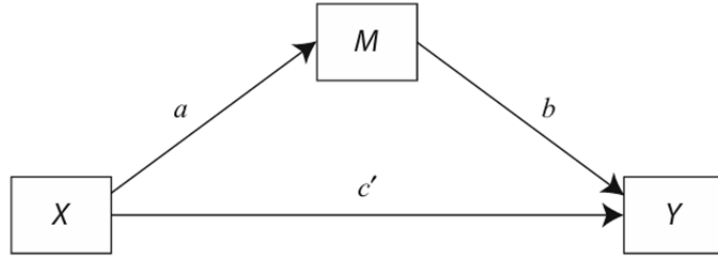
Baron ve Kenny'e göre aracı değişken (M), bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini açıklamaktadır. Başka bir ifade ile aracı değişken bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklar (4).

Aracılık analizinde, bağımsız değişkenin aracı değişkeni etkilediği ve aracı değişkenin bağımlı değişkeni etkilediği varsayılmaktadır (19).

2.2. Aracılık Modelleri

2.2.1. Basit Aracılık Modeli

Basit aracılık modeli, bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasında tek bir aracı değişkenin bulunduğu modellerdir (20). Basit aracılık modelinin üç değişkenden (X, M, Y) oluşan bir yapısı bulunmaktadır (21). (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Basit aracılık analizi diyagramı (22)

2.2.1.1. Basit Aracılık Modelinde Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler

Basit aracılık modelinde X, M ve Y değişkenlerinin birbirleri ile ilişkileri incelenirken doğrudan ve dolaylı etki kavramları ele alınmaktadır. Bağımsız bir değişkenin, bağımlı bir değişken üzerindeki toplam etkisi (c), doğrudan etki (c') ve dolaylı etkinin (ab) toplamına eşittir (20). (Şekil 2.2)

$$c = c' + ab \quad (1)$$

Eşitlik 1' de;

Bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki toplam etkisi c ile gösterilmektedir.

$$Y = i_1 + cX + e_1 \quad (2)$$

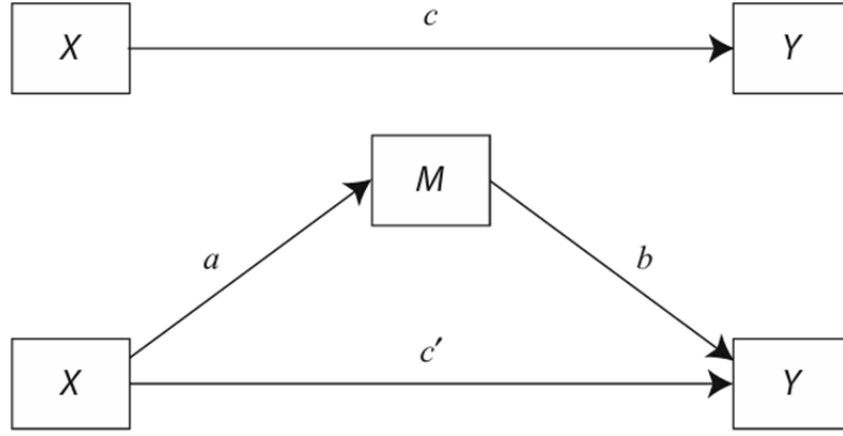
Model 2'ye aracı değişken eklendikten sonra, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etkisi (c') ve aracı değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi b ile gösterilmektedir.

$$Y = i_2 + c'X + bM + e_2 \quad (3)$$

Eşitlik 3'te M yerine eşitlik 4 yazıldığında $Y = i_2 + (c' + ab)X + e_3$ elde edilir.

Bağımsız değişkenin aracı değişken üzerindeki etkisi a ile gösterilmektedir.

$$M = i_3 + aX + e_3 \quad (4)$$



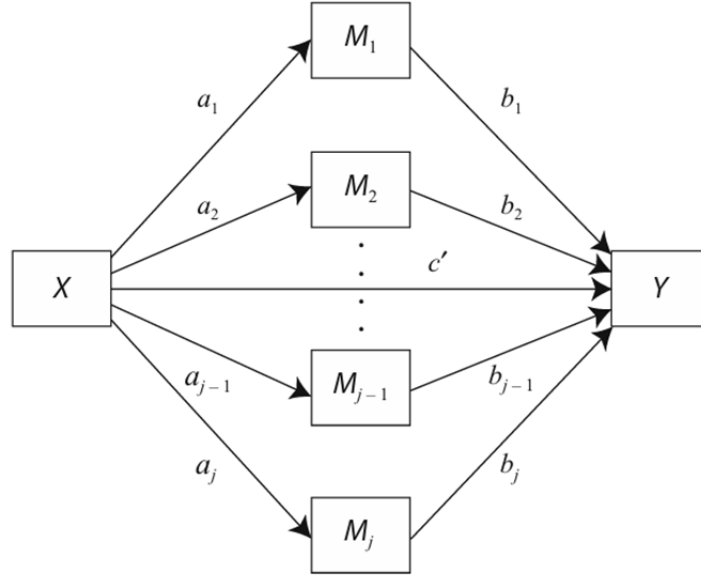
Şekil 2.2. Basit aracılık modelinin istatistiksel diyagramı(22)

2.2.2. Çoklu Aracılık Modelleri

Çoklu aracılık modelleri, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkide birden fazla aracı değişkenin bulunduğu modellerdir (23). Çoklu aracılık modelleri, seri ve paralel çoklu aracı modelleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2.2.1. Paralel Çoklu Aracılık Modeli

Paralel çoklu aracı modelinde, bağımsız değişken bağımlı değişkeni doğrudan ve iki veya daha fazla aracı üzerinden dolaylı olarak etkilemektedir. Paralel çoklu aracılık modelindeki varsayım, aracı değişkenlerin aralarında nedensel bir ilişki olmamasıdır (20).



Şekil 2.3. Paralel Çoklu aracılık modeli diyagramı(22)

2.2.2.2. Paralel Çoklu Aracılık Modeli için Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler

Şekil 3, bağımsız değişken (X) ile bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişkide k tane aracı değişken bulunan çoklu aracılık modelini göstermektedir (20).

Paralel çoklu aracılık modelinde, bağımsız bir değişkenin, bağımlı bir değişken üzerindeki toplam etkisi (c), doğrudan etki (c') ve dolaylı etkinin $\sum_{i=1}^k a_i b_i$ toplamına eşittir.

$$c = c' + \sum_{i=1}^k a_i b_i \quad (5)$$

Eşitlik 5'te, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki toplam etkisi c ile gösterilmektedir.

j tane aracı değişkenin bulunduğu bir modelde bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki etkilerin incelenmesi için j+1 tane eşitliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eşitlikler (6), (7) ve (8) numaralı eşitliklerdeki gibi gösterilmektedir.

$$Y = i_1 + cX + e_1 \quad (6)$$

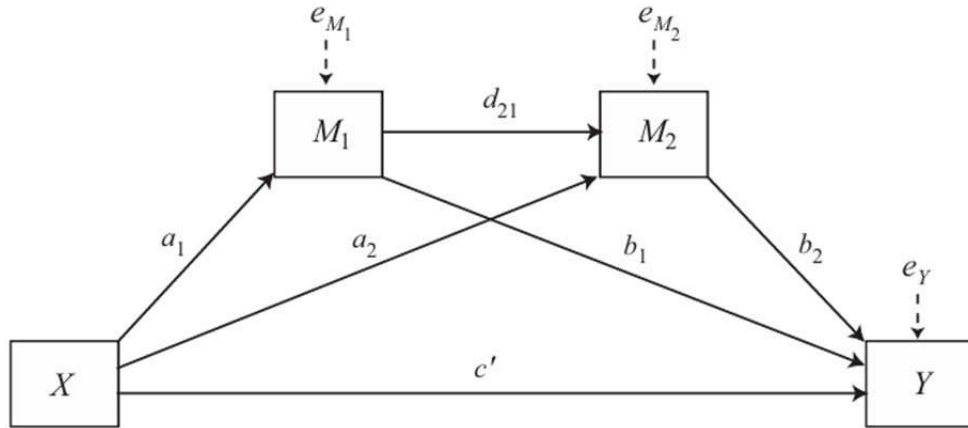
$$M_i = i_{M_i} + a_i X + e_{M_i} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (7)$$

$$Y = i_Y + c'X + \sum_{i=1}^k b_i M_i + e_Y \quad (8)$$

Eşitlik 7'deki a_i katsayısı X değişkeninin M değişkeni üzerindeki etkisini göstermektedir. Eşitlik 8'deki b_i katsayısı X ve diğer $k-1$ tane M değişkeni modelde iken M_i 'nin Y üzerindeki etkisini, c' katsayısı bağımsız değişkenin, bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etkisini göstermektedir.

2.2.2.3. Seri Çoklu Aracılık Modeli

Seri çoklu aracılık modelinde aracı değişkenler birbirlerini etkilemektedir. Burada iki aracı değişkenin bulunduğu bir model düşünülürse, bağımsız değişken birinci aracı değişkeni etkiler, birinci aracı değişken ikinci aracı değişkeni etkiler, ikinci aracı değişken bağımlı değişkeni etkiler. Kısacası iki veya daha fazla aracı değişkenin bulunduğu modelde, seri çoklu aracılık modelleri aracı değişkenlerin birbirlerini nedensel olarak etkilediğini varsayarken, paralel çoklu aracılık modelleri aracı değişkenlerin birbirlerini nedensel olarak etkilemediğini varsaymaktadır (20).



Şekil 2.4. Seri Çoklu aracılık modeli diyagramı(20)

2.2.2.4. Seri Çoklu Aracılık Modeli için Doğrudan, Dolaylı ve Toplam Etkiler

Şekil 3, Bağımsız değişkenin, bağımlı değişkeni 4 yol üzerinden etkilediği seri çoklu aracılık modelini göstermektedir.

Seri çoklu aracılık modelinde, bağımsız değişkenin, bağımlı bir değişken üzerindeki toplam etki (c), doğrudan etki (c') ve dolaylı etkinin $a_1b_1 + a_2b_2 + a_1d_{21}b_2$ toplamına eşittir (20).

$$M_1 = i_{M_1} + a_1X + e_{M_1} \quad (9)$$

$$M_2 = i_{M_2} + a_2X + d_{21}M_1 + e_{M_2} \quad (10)$$

$$Y = i_Y + c'X + b_1M_1 + b_2M_2 + e_Y \quad (11)$$

$$Y = i_Y + (c' + a_1b_1 + a_2b_2 + a_1d_{21}b_2)X + e_Y$$

2.3. Aracı Değişken Etkisini Test Etmek için Kullanılan Yöntemler

Literatürde aracı değişkeni test etmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en sık kullanılanlar: Baron-Kenny tarafından önerilen Nedensel adım yaklaşımı ve Katsayılara ilişkin testler, bu testler arasında katsayıların farkı ve katsayıların çarpımı yöntemleri bulunmaktadır. Ayrıca bootstrap yöntemi bulunmaktadır.

2.3.1. Nedensel Adım Yaklaşımı (BK Yöntemi)

Baron Kenny'nin makalesinde aracılığı test etmek için kullanılan nedensel adım yaklaşımı en popüler yöntemdir (4). Bu yöntemde aracılık etkisinin olabilmesi için belirli kriterlerin sağlanması gerekmektedir (24). Bu kriterler 4 adımdan oluşmaktadır ve her adımda regresyon katsayılarının anlamlılığı test edilmektedir. Bu yaklaşıma göre aracılık etkisinin varlığından söz edebilmek için 4 adımın sağlanması gerekmektedir. Literatürde 4 adım yöntemi olarak da bilinmektedir (25). Bu dört adım aşağıdaki modeller ile test edilmektedir.

1. Adımda bağımsız değişken (X) ile bağımlı değişken (Y) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmalıdır. Yani toplam etki (c) istatistiksel olarak anlamlı olmalıdır.

$$Y = i_1 + cX + e_1 \quad (2)$$

2. Adımda bağımsız değişken (X) ve aracı değişken (M) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmalıdır. Yani a katsayısı istatistiksel olarak anlamlı olmalıdır.

$$M = i_3 + aX + e_3 \quad (4)$$

3. Adımda bağımsız değişken (X) modelde iken, aracı değişkenin (M) bağımlı değişken(Y) üzerindeki etkisi (b) istatistiksel olarak anlamlı olmalıdır.

$$Y = i_2 + c'X + bM + e_2 \quad (3)$$

4. Adımda aracı değişken modelde iken, bağımsız değişkenin (X) bağımlı değişken (Y) üzerindeki doğrudan etkisinin (c') istatistiksel olarak anlamlı olmamalıdır.

Yukarıdaki 4 adım sonucunda katsayılar anlamlı bulunduysa tam aracılıktan söz edilmektedir. Eğer doğrudan etki (c') anlamlı ise kısmi aracılıktan söz edilmektedir (26).

2.3.1.1. Aracılık Analizinde Tam ve Kısmi Aracılık

2.3.1.1.1. Tam Aracılık

Tam aracılık, aracı değişken modelde iken bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etkisi (c') sıfır olduğunda ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle, aracı değişken varlığında doğrudan etkinin yok olması durumunda gerçekleşir (27).

2.3.1.1.2. Kısmi Aracılık

Kısmi aracılık, aracı değişken modelde iken bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etkisi (c') sıfırdan farklı olduğunda ortaya çıkmaktadır. Yani hem doğrudan etki hem de dolaylı etki etkinin var olduğu durumda gözlenmektedir.

2.3.1.1.3. Aracılığın Olmaması

Bağımlı ve bağımsız değişken modeldeyken aracı değişkenin modele katkısının olmaması yani b katsayısının sıfırdan farklı olmadığı durumda ortaya çıkmaktadır (28).

2.3.2. Nedensel Adım Yaklaşımının (BK Yöntemi) Sınırlılıkları

Nedensel adım yaklaşımı, Baron- Kenny tarafından önerilen ve literatürde aracılığı değerlendirmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Ancak bu yöntemin literatürde tartışılan sınırlılıkları bulunmaktadır (24).

Bu yöntemde aracılığın olabilmesi için ilk adım bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında ilişkinin olmasıdır. Yani toplam etki (c) anlamlı olmalıdır. Bu adım birçok araştırmacı tarafından eleştirilmiştir (22) (29) (30) (31). MacKinnon ve ark. (2007) bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında bir ilişki olmamasına rağmen aracılık etkisinin var olabileceğini söylemiştir (5). Benzer şekilde Rucker ve ark. (2011) bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında bir ilişki olmadan da önemli aracılık etkisinin bulunabileceğini göstermek için bir benzetim çalışması yapmışlardır (31).

Ayrıca dolaylı etkinin (ab) test edilememesi birçok yazar tarafından eleştirilmiştir (32)(33)(34). BK yönteminde ardışık 4 adım da c , a , b ve c' katsayıları ayrı ayrı test edilerek aracı değişken ile ilgili değerlendirme yapılmaktadır (28). Ancak bu şekilde toplam etkinin (c) ve doğrudan etkinin (c') katsayılarının ayrı ayrı istatistiksel anlamlılıklarını test etmek, c ve c' katsayılarının farklı olduğunu göstermemektedir.

BK yönteminin son adımında c' katsayısının anlamlılığı test edilmektedir. Bu test sonucunda gerçekte var olan M aracı değişkeninin, aracı olmadığı sonucuna varılabilmektedir.

MacKinnon ve ark. (2002) farklı örnek büyüklüklerinde yaptıkları benzetim çalışmasında BK yönteminin tüm örnek büyüklüklerinde istatistiksel gücünün düşük olduğunu göstermişlerdir (33).

2.3.3. Katsayılara İlişkin Testler

Bu testler, katsayıların farkı ($c - c'$) ve katsayıların çarpımı (ab) testleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Buradaki katsayılar regresyon modellerinden elde edilmektedir. (Eşitlik 2,3 ve 4)

2.3.3.1. Katsayıların Farkı Yaklaşımı

Katsayıların farkı, aracı değişken varlığında bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin azalışıdır.

$$c = c' + ab \quad (12)$$

$$c - c' = ab \quad (13)$$

Bu durumda aracı değişkenin etkisini test edebilmek için kullanılan hipotez testi $H_0: c - c' = 0$ şeklindedir. Bu hipotezi test edebilmek için Freedman ve Schatzkin (1992), Clogg ve ark. (1992), McGuigan ve Langholtz (1988) ve Olkin ve Finn (1995) tarafından farklı yaklaşımlar önerilmiştir (35) (36) (37) (38).

Freedman ve Schatzkin (1992) tarafından önerilen yöntem,

$$\sigma_{FS} = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{c'}^2 - 2\sigma_c\sigma_{c'}\sqrt{1 - \rho_{XM}^2}} \quad (14)$$

$$t_{N-2} = \frac{c - c'}{\sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{c'}^2 - 2\sigma_c\sigma_{c'}\sqrt{1 - \rho_{XM}^2}}} \quad (15)$$

Burada σ_c^2 : c 'nin varyansı, $\sigma_{c'}^2$: c' 'nin varyansı, ρ_{XM} : X değişkeni ve M değişkeni arasındaki korelasyonu, N : toplam örnek büyüklüğünü göstermektedir.

McGuigan ve Langholtz tarafından önerilen yöntem,

$$\sigma_{ML} = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{c'}^2 - 2(\rho_{cc'}\sigma_c\sigma_{c'})} \quad (16)$$

$$t_{N-2} = \frac{c-c'}{\sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{c'}^2 - 2(\rho_{cc'}\sigma_c\sigma_{c'})}} \quad (17)$$

Burada σ_c^2 : c'nin varyansı, $\sigma_{c'}^2$: c'nin varyansı, $\rho_{cc'}$: c ile c' arasındaki korelasyonu, N: toplam örnek büyüklüğünü göstermektedir.

Clogg ve ark. (1992) tarafından önerilen yöntem,

$$\sigma_{Clogg} = |\rho_{XM}|\sigma_{c'}^2 \quad (18)$$

$$t_{N-3} = \frac{c-c'}{|\rho_{XM}\sigma_{c'}^2|} \quad (19)$$

Burada $\sigma_{c'}^2$: c'nin varyansı, ρ_{XM} : X değişkeni ve M değişkeni arasındaki korelasyonu, N: toplam örnek büyüklüğünü göstermektedir.

Olkin ve Finn (1995) tarafından önerilen yöntem,

Diğer katsayıların farkı yaklaşımı yöntemlerinden farklı olarak aracı değişkenin etkisini test edebilmek için kullanılan hipotez testi $H_0: \rho_{XY} - \rho_{XY.M} = 0$ şeklindedir.

$$Z = \frac{\rho_{XY} - \rho_{XY.M}}{\sigma_{Olkin \& Finn}} \quad (20)$$

Burada, ρ_{XY} : X ile Y arasındaki korelasyon katsayısını, $\rho_{XY.M}$: M değişkeni varlığında X ile Y arasındaki kısmi korelasyon katsayısını göstermektedir.

2.3.3.2. Katsayıların Çarpımı Yaklaşımı

Katsayıların çarpımı, eşitlik 3 ve 4'ten elde edilen a ve b katsayılarının çarpımıdır. Bu durumda aracı değişkenin etkisini test edebilmek için kullanılan anlamlılık testi $H_0: ab=0$ şeklindedir. Bu hipotezi test etmek için Goodman (39), Aroian (40) ve Sobel (6) testleri kullanılmaktadır.

Goodman tarafından önerilen yöntem,

$$\sigma_G = \sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2 - \sigma_a^2\sigma_b^2} \quad (21)$$

$$Z = \frac{ab}{\sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2 - \sigma_a^2\sigma_b^2}} \quad (22)$$

Aroian tarafından önerilen yöntem,

$$\sigma_A = \sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2 + \sigma_a^2\sigma_b^2} \quad (23)$$

$$Z = \frac{ab}{\sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2 + \sigma_a^2\sigma_b^2}} \quad (24)$$

2.3.3.2.1. Sobel Testi

Sobel tarafından önerilmiştir. $H_0: ab=0$ hipotezi, a ve b katsayılarının tahminlerinin çarpımının o çarpımın standart hatasına bölünmesi ile test edilmektedir (6).

$$\sigma_s = \sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2} \quad (25)$$

$$Z = \frac{ab}{\sqrt{a^2\sigma_b^2 + b^2\sigma_a^2}} \quad (26)$$

2.3.3.2.1.1. Sobel Testinin Sınırlılıkları

Sobel testi dolaylı etkinin (ab) örnekleme dağılımının normal olduğu varsayımına dayanmaktadır. Birçok yazar, küçük örneklerde çarpıklık sorununun ortaya çıkabileceğini söylemişlerdir (32) (41).

Aracılık analizi ile ilgili yapılan çalışmalarda, normal dağılan iki değişkenin çarpımının (ab) büyük örneklerde normal dağılabileceği gösterilmiştir. Bu durumda, küçük örneklerde Sobel testinin istatistiksel gücünün daha düşük olduğu gösterilmiştir (33). Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bazı araştırmacılar bootstrap yöntemini kullanmayı önermiştir (34) (41). Sobel yönteminde a ile b katsayıları arasındaki korelasyon göz ardı edilmektedir.

2.3.4. Bootstrap Yöntemi

Bootstrap yöntemi, n büyüklüğündeki orijinal veriden tekrar yerine koyarak, çok sayıda alt örnek oluşturan parametrik olmayan bir yöntemdir. Küçük örneklerde yapılan aracılık analizlerinde yukarıda açıklanan klasik yöntemlerin aracılık etkilerini belirleyemediği ifade edilmektedir (42). Parametrik olmayan yeniden örnekleme yöntemi olan Bootstrap, aracılığı test etmek için örnekleme dağılımının normallik varsayımını gerektirmeyen bir yöntemdir. Ancak a ve b 'nin ilişkisiz olmasını gerektirir. Shrout ve Bolger (41), aracılık etkisini belirlerken, örneklem dağılımı çarpık olduğunda bootstrap yönteminin güçlü olduğunu göstermişlerdir. Hayes (2009), küçük örneklerde bootstrap yönteminin en yüksek güce sahip olduğunu ve en iyi Tip 1 hata kontrolünü sağladığını göstermiştir (30). Mallinckrodt ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, $n=60$ olduğunda aracılık etkisini bootstrap yöntemi ile göstermişlerdir (43). Aracılık analizinde, bootstrap yöntemi, dolaylı etkinin (ab) güven aralığının oluşturulmasında kullanılmaktadır.

2.3.5. Aracılık Analizinde Dolaylı Etkinin Boyutunu Ölçmek için Kullanılan Ölçütler

Aracılık analizinde, eşitlik 4'teki a katsayısı (bağımsız değişken ve aracı değişken arasındaki regresyon katsayısı) ve eşitlik 3'teki b katsayısı (aracı değişken ile bağımlı değişken arasındaki regresyon katsayısı) çarpımını kullanarak dolaylı etkinin boyutu değerlendirilir. Literatürde dolaylı etkinin boyutunu değerlendirmek için farklı ölçütler önerilmiştir. Bu ölçütler aracılık oranı (AO), dolaylı etkinin doğrudan etkiye oranı (R_M) ve açıklanan varyans (R_{med}^2) şeklindedir.

2.3.5.1. Aracılık Oranı (AO)

Aracılık oranı, toplam etkinin (c), ne kadarının dolaylı etki tarafından açıklandığının yüzde olarak ifadesidir. Alwin ve Hauser tarafından önerilmiştir. Aracılık oranı, dolaylı etkinin (ab) toplam etkiye bölünmesi ile elde edilir (7).

$$AO = \frac{\text{toplam etki (c)} - \text{doğrudan etki (c')}}{\text{toplam etki (c)}} = \frac{ab}{c} \quad (27)$$

Burada $c > ab$ olması beklenir. Ancak bu koşul sağlanmadığı durumlarda bu oran “1” değerini aşabilir. Aynı zamanda ab ve c katsayılarının aynı işarete sahip olması beklenir. Bu koşul sağlanmadığında da oran negatif olacaktır. En sık kullanılan etki büyüklüğü ölçülerinden biridir. AO ölçütü $n < 500$ olduğu durumlarda dolaylı etkinin boyutunu değerlendirirken güvenilir olmamaktadır. Alwin ve Hauser, negatif AO olması durumunda, doğrudan ve dolaylı etkilerin mutlak değerlerinin alınmasını önermektedir (7).

2.3.5.2. Dolaylı Etkinin Doğrudan Etkiye Oranı

Sobel dolaylı etkinin doğrudan etkiye oranını önermiştir.

$$R_M = \frac{ab}{c'} \quad (28)$$

R_M ölçütü $n < 2000$ olduğu durumlarda dolaylı etkinin boyutunu değerlendirirken güvenilir olmamaktadır (44) (45).

2.3.5.3. Açıklanan Varyans (R_{Med}^2)

Fairchild, MacKinnon, Toborga, and Taylor (46) tarafından önerilmiştir.

$$R_{Med}^2 = r_{MY}^2 - (R_{Y,MX}^2 - r_{XY}^2) \quad (29)$$

Burada r_{MY}^2 bağımlı değişkendeki varyansın, aracı değişken tarafından açıklanan kısmı, r_{XY}^2 X tarafından açıklanan Y'deki varyans, $R_{Y,MX}^2$ aracı değişken modelde iken, X ile Y arasındaki varyanstır. Dolaylı etki (ab), toplam etkiden (c) daha büyük olduğunda R_{Med}^2 ölçütü negatif olmaktadır. Bu durum yorumlamayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle R_{Med}^2 ölçütü, toplam etki ve dolaylı etki aynı işarete sahip olduğunda ve toplam etki dolaylı etkiden büyükse kullanılması önerilmektedir (44).

2.4. Etki Büyüklüğüne göre BK ve Sobel Yöntemleri için Örnek

Büyükliklerinin Hesaplanması

Değişkenler arasındaki ilişkiler aracılık analizi yöntemleri ile incelenmek istendiğinde araştırmacıların en sık karşılaştığı sorulardan biri çalışmaya kaç kişi alınması gerektiği sorusudur. Bu soruya cevap olarak, Fritz ve ark. (2007) aracılık analizi yöntemlerinin %80 güce ulaşıkları örnek büyüklüklerini hesaplamışlardır (24).

Tez kapsamında Fritz ve ark. (2007) çalışmasına benzer olarak aracılık analizi yöntemlerinin %80 güce ulaşıkları örnek büyüklükleri hesaplanmıştır. Cohen (1988)'in regresyon analizi için yaptığı etki büyüklüğü sınıflamasına göre $0.02 \leq f^2 < 0.15$ küçük, küçük-orta arası etkiyi, $0.15 \leq f^2 < 0.35$ orta etkiyi ve $f^2 \geq 0.35$ büyük etkiyi göstermektedir. Formülde f^2 yerine değerler yazıldığında küçük, küçük-orta arası, orta ve büyük etki büyüklüklerine karşılık gelen a, b ve c' regresyon katsayıları standart normal dağılımda 0.14, 0.26, 0.39, 0.59 dur. Bu katsayılar Cohen (1988)'in tanımladığı etki büyüklüklerine karşılık gelen korelasyon katsayılarından elde edilmiştir. Bu korelasyon katsayılarını hesaplamak için $f^2 = \frac{R^2}{1-R^2}$ formülünden yararlanılmıştır.

Örnek büyüklüğü hesaplamak için kullanılacak katsayıları daha önce yapılan çalışmalardan veya bir pilot çalışmadan elde edebiliriz. Ancak bu regresyon katsayıları her zaman 0.14, 0.26, 0.39 ve 0.59 değerlerine karşılık gelmeyebilir. Böyle bir durumda örnek büyüklüğünü belirlemek için $f^2 = t^2 / (n-2)$ veya $f^2 = \frac{R^2}{1-R^2}$ formüller kullanılabilir.

Elimizdeki NHANES 1999-2020 verisiden yola çıkarak açıklayacak olursak, ilk olarak a, b ve c' katsayılarına ait t değerleri doğrusal regresyon analizi yapılarak elde edilir. Sırasıyla t değerleri $t_a=36.348$, $t_b=63.118$ ve $t_{c'}=8.135$ şeklindedir. Örnek büyüklüğü ise 14000 kişi olduğu için $n-2=13998$ şeklinde hesaplanır. Formülde bu değerler yerine konulduğunda f^2 değerleri yaklaşık olarak $f_a^2=0.094$, $f_b^2=0.285$ ve $f_{c'}^2=0.005$ elde edilir.

Benzer şekilde KNHANES V verisinden yola çıkarak hesaplayacak olursak, ilk olarak a katsayısına ait t değeri doğrusal regresyon analizi yapılarak, b ve c' katsayılarına ait z değerleri (Wald istatistiği) lojistik regresyon yapılarak elde edilir. Lojistik regresyon için formül $f^2 = z^2 / n$ şeklindedir. Bu durumda sırasıyla $t_a=2.004$, $z_b=3.751$ ve $z_{c'}=0.072$ şeklindedir. Örnek büyüklüğü ise 884 kişi olduğu için $n-2=882$ şeklinde hesaplanır.

Formülde bu değerler yerine konulduğunda f^2 değerleri yaklaşık olarak $f_a^2=0.0045$, $f_b^2=0.0159$ ve $f_c^2= 0.00000588$ elde edilir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Aracılık analizinde aracı değişkenin etkisini test edebilmek için literatürde en sık kullanılan BK yöntemi ve Sobel testinin sınırlılıkları göz önüne alınarak bir karar mekanizması oluşturulmuştur. Karar mekanizmasının;

1.Adımında, **X** (bağımsız değişken) ve **M** (aracı değişken) arasındaki **a** yolunun (katsayısının) anlamlılığı test edilir (BK yönteminin 2. adımı).

$$M = i_3 + aX + e_3 \quad (1)$$

2.Adımında, modele aracı değişken eklendikten sonra log-likelihood farkları $H_{b0} = l_3 - l_4$ hipotezi test edilir veya modele aracı değişken eklenmeden önceki hata terimi ile aracı değişken eklendikten sonraki hata terimi arasındaki farkın dağılımı

A) Normalse $H_{a0} = e_1 - e_2$ hipotezi T testi ile,

B) Normal değilse $H_{a0} = e_1 - e_2$ hipotezi Mann-Whitney U testi ile test edilir.

Bu iki testten en az biri anlamlı ise sonraki adıma geçilir.

$$Y = i_1 + cX + e_1 \quad (2)$$

$$Y = i_2 + c'X + bM + e_2 \quad (3)$$

3.Adımında,

A) Bootstrap ile elde edilen $c_{boot} - c'_{boot}$ farkının dağılımı normal ise c katsayısındaki azalma test edilmektedir. (c-c')

$$t_{N-2} = \frac{c - c'}{\sqrt{(\sigma_c)^2 + (\sigma_{c'})^2 - (2 * \rho_{c_{boot}c'_{boot}} * \sigma_c * \sigma_{c'})}} \quad (4)$$

B) Bootstrap ile elde edilen $c_{boot} - c'_{boot}$ farkının dağılımı normal değil ise; Wilcoxon testi uygulanmaktadır.

Yukarıdaki üç adım sağlandığında test edilen değişken, aracı değişken olarak kabul edilmektedir.

BK yöntemi aracılık etkisini test ederken ilk adımda bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi test etmektedir. Bu ilişki anlamlı olmalıdır. Yani toplam etki (c) anlamlı olmalıdır. Bu adım birçok araştırmacı tarafından eleştirilmiştir. Bu nedenle BK yönteminin birinci adımı önerilen yöntemde kullanılmamıştır. Önerilen yöntemin, 1. Adımında X (bağımsız değişken) ve M (aracı değişken) arasındaki a katsayısının anlamlılığı test edilmektedir.

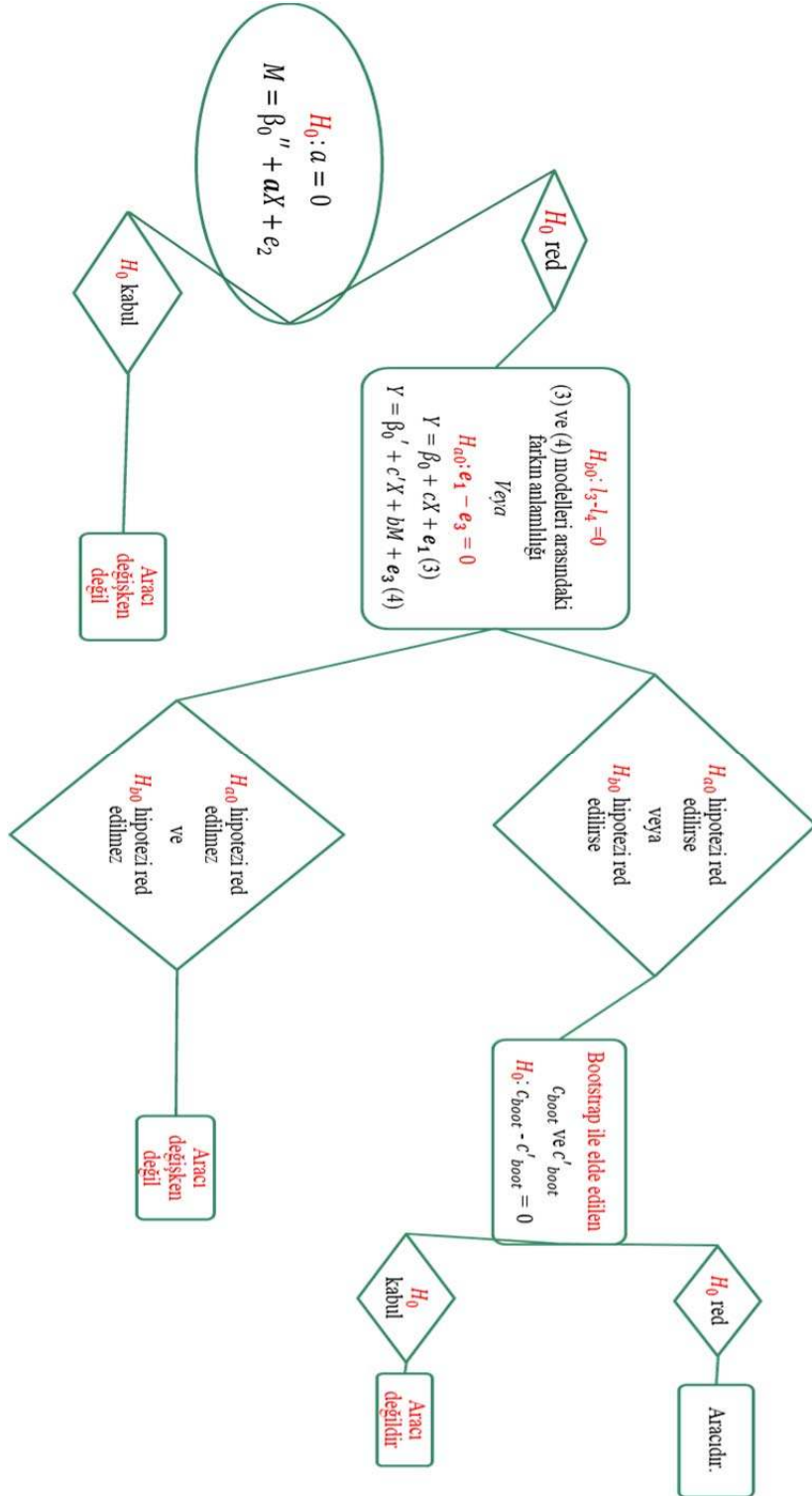
BK yöntemine yapılan başka bir eleştiri de her adımda farklı hipotezler test edildiği için Tip 1 ve Tip 2 hata olasılıklarının artabileceğidir. Bu durumdan yola çıkarak önerilen yöntemin 2. Adımında modele aracı değişken eklendikten sonra log-likelihood değerlerine göre modeller arasındaki farkın anlamlılığı veya modele aracı değişken eklenmeden önceki hata terimleri ile aracı değişken eklendikten sonraki hata terimleri arasındaki farkın ($e_1 - e_2$) dağılımı

A) Normalse T testi ile test edilir.

B) Normal değilse Mann-Whitney U testi ile test edilir.

BK yönteminin son adımında c' katsayısının anlamlılığı test edilmektedir. Ancak aracı değişkenin varlığından söz edilebilmesi için dolaylı etkinin ($ab = c - c'$) test edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde c' katsayısının anlamlılığı test etmek, c katsayısının c' katsayısından farklı olduğunu göstermemektedir. Bu durumdan yola çıkarak önerilen yöntemin 3. Adımında $H_0: c - c' = 0$ hipotezi test edilmektedir. Sobel testinde katsayıların arasındaki korelasyon göz ardı edilmektedir. Önerilen yöntemde bootstrap ile elde edilen c_{boot}, c'_{boot} arasındaki korelasyon dikkate alınarak test edilmektedir. Korelasyon yapısının dikkate alınması, McGuigan ve Langholtz yöntemine dayanmaktadır (37). Ayrıca Sobel testi, dolaylı etkinin (ab) örnekleme dağılımının normal olduğu varsayımına dayanmaktadır. Ancak bu varsayım her zaman sağlanamamaktadır. Bu durumdan yola çıkarak önerilen yöntemde Bootstrap ile elde edilen $c_{boot} - c'_{boot}$ farkının dağılımı normal ise c katsayısındaki azalma test edilmektedir ($c - c'$). Bootstrap ile elde edilen $c_{boot} - c'_{boot}$ farkının dağılımı normal değil ise $c_{boot} - c'_{boot}$ için Wilcoxon testi uygulanmıştır.

Önerilen yöntemin adımları aşağıdaki diyagramda verilmiştir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Önerilen yöntemin adım diyagramı

Bu tez çalışmasında, önce farklı senaryolar için benzetim çalışması, sonra ise gerçek veri uygulamalarının sonuçları değerlendirilmiştir.

3.1. Benzetim Çalışması

Benzetim senaryoları

- A) Bağımlı değişken sürekli, bağımsız değişken ve aracı değişken sürekli ve,
- B) Bağımlı değişkenin ikili, bağımsız değişken ve aracı değişken sürekli olacak şekilde basit aracılık modelinin olduğu durum için tasarlanmıştır.

Benzetim çalışmalarını herbir senaryosu 2 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde aracı değişken etkisinin olduğu senaryolar ele alınmıştır. İkinci bölümde aracı değişkenin etkisinin olmadığı senaryolar ele alınmıştır. Aracı değişken etkisinin olduğu ve olmadığı senaryolar için Fritz ve ark. (2007) önerdiği benzetim çalışması ve senaryolarından yararlanılarak R 4.2.2 programında veri üretilmiştir. Bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durum için $c'=0$ senaryolarına ait ortalama güç değerleri sırasıyla EK 1 ve EK 2’de verilmiştir.

Gerçek verilerde kullanılan değişkenlere ait basit aracılık analizi diyagramları EK 3’te verilmiştir.

3.1.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli ve İkili Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisi için Benzetim Çalışmasının Adımları

Adım 1: Aracı değişken etkisinin olduğu senaryolar için, Fritz ve ark. (2017) önerdiği benzetim çalışması ve senaryolarından yararlanılmıştır(24). Benzetim çalışmasında aşağıdaki regresyon denklemleri kullanılmıştır.

$$Y = 1 + bM + c'X + e_y \quad (5)$$

$$M = 1 + aX + e_m \quad (6)$$

Adım 2a: X değişkeni ve hata terimleri normal dağılımdan üretilmiştir. $X \sim N(n, 0,1)$, $e_m \sim N(n, 0,1)$, $e_y \sim N(n, 0,1)$

Adım 2b: bağımlı değişkenin ikili olduğu durum için eşitlik 3'e lojit dönüşümü uygulanmıştır. $P(Y=1) = \frac{1}{1+e^{-(1+b*M+c'*X+e_y)}}$

Adım 3: Veri üretilirken kullanılan a, b ve c' regresyon katsayıları 0.14, 0.26, 0.39 ve 0.59 kullanılmıştır.

Adım 4: Benzetim çalışmasında, Fritz ve ark. (2007) makalesinde Sobel ve BK yöntemleri için %80 güçte belirledikleri örnek büyüklüklerinin yanı sıra daha küçük ve daha büyük örnek büyüklükleri kullanılmıştır.

Adım 5: Her bir senaryo için 1000 tekrar işlemi sonucu elde edilen ortalamalar 100 kez değerlendirilmiştir.

Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda aracı değişken etkisi (güç) için senaryolar ve örnek büyüklükleri çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu ve aracı değişken etkisinin olduğu durum için senaryolar

Etki Büyüklüğü	a	b	c'	AO	n
KÜÇÜK-KÜÇÜK ETKİ	0.14	0.14	0.59	0.03	250, 350, 450, 550, 650
			0.39	0.05	
			0.26	0.07	
			0.14	0.12	
KÜÇÜK-KÜÇÜK ORTA ARASI ETKİ	0.14	0.26	0.59	0.058	100, 150, 250, 350, 450
			0.39	0.085	
			0.26	0.12	
			0.14	0.21	
KÜÇÜK-ORTA ETKİ	0.14	0.39	0.59	0.08	100, 150, 250, 350, 450
			0.39	0.12	
			0.26	0.17	
			0.14	0.28	
KÜÇÜK-BÜYÜK ETKİ	0.14	0.59	0.59	0.12	150, 250, 350, 450, 550
			0.39	0.17	
			0.26	0.24	
			0.14	0.37	
KÜÇÜK ORTA ARASI-KÜÇÜK ORTA ARASI ETKİ	0.26	0.26	0.59	0.10	50, 100, 150,200,250
			0.39	0.15	
			0.26	0.21	
			0.14	0.33	
KÜÇÜK ORTA ARASI- ORTA ETKİ	0.26	0.39	0.59	0.15	60, 90, 120, 150, 180
			0.39	0.21	
			0.26	0.28	
			0.14	0.42	

Çizelge 3.1. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu ve aracı değişken etkisinin olduğu durum için senaryolar (devamı)

KÜÇÜK ORTA ARASI-BÜYÜK ETKİ	0.26	0.59	0.59	0.21	70, 90, 110, 130, 150
			0.39	0.28	
			0.26	0.37	
			0.14	0.52	
ORTA-ORTA ETKİ	0.39	0.39	0.59	0.20	50, 75, 100, 125, 150
			0.39	0.28	
			0.26	0.37	
			0.14	0.52	
ORTA-BÜYÜK ETKİ	0.39	0.59	0.59	0.28	50, 55, 60, 65, 70, 75
			0.39	0.37	
			0.26	0.47	
			0.14	0.62	
BÜYÜK-BÜYÜK ETKİ	0.59	0.59	0.59	0.37	25, 30, 35, 40, 45, 50
			0.39	0.47	
			0.26	0.57	

Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda aracı değişken etkisi (güç) için senaryolar ve örnek büyüklükleri çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bağımlı değişkenin ikili olduğu ve aracı değişken etkisinin olduğu durum için senaryolar

Etki Büyüklüğü	a	b	c'	AO	n
KÜÇÜK-KÜÇÜK ETKİ	0.14	0.14	0.59	0.03	350, 550, 750, 950, 1100
			0.39	0.05	
			0.26	0.07	
			0.14	0.12	
KÜÇÜK-KÜÇÜK ORTA ARASI ETKİ	0.14	0.26	0.59	0.06	150, 250, 350, 450, 500
			0.39	0.09	
			0.26	0.12	
			0.14	0.21	
KÜÇÜK ORTA ARASI-KÜÇÜK ORTA ARASI ETKİ	0.26	0.26	0.59	0.10	100, 200, 300, 400, 500
			0.39	0.15	
			0.26	0.21	
			0.14	0.33	
ORTA-ORTA ETKİ	0.39	0.39	0.59	0.20	60, 90, 120, 150, 180
			0.39	0.28	
			0.26	0.37	
			0.14	0.52	
BÜYÜK-BÜYÜK ETKİ	0.59	0.59	0.59	0.37	25, 30, 35, 40, 45, 50
			0.39	0.47	
			0.26	0.57	

3.1.2. Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Benzetim Çalışmasının Adımları

Aracı değişken etkisinin olmadığı senaryolar için bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durum için model 3'ten elde edilen b katsayısı “0” alınmıştır. Her bir senaryo için 1000 tekrar işlemi sonucu elde edilen ortalamalar değerlendirilmiştir.

Aracı değişken etkisinin olmadığı durum (Tip 1 hata) için senaryolar ve örnek büyüklükleri çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Aracı değişken etkisinin olmadığı (b=0) durum için senaryolar

Etki büyüklüğü	a	b	c'	n
KÜÇÜK- SIFIR ETKİ	0.14	0	0.59	400, 500, 600, 700
			0.39	
			0.26	
			0.14	
KÜÇÜK ORTA ARASI- SIFIR ETKİ	0.26	0	0.59	140, 160, 180, 200, 220
			0.39	
			0.26	
			0.14	
ORTA-SIFIR ETKİ	0.39	0	0.59	70, 90, 110, 130
			0.39	
			0.26	
			0.14	
BÜYÜK-SIFIR ETKİ	0.59	0	0.59	30, 35, 40, 45, 50, 55
			0.39	
			0.26	

3.2. Gerçek Veri Uygulaması

3.2.1 NHANES 1999-2020 Veri Seti: Bağımlı, Bağımsız ve Aracı Değişkenin Sürekli Olduğu Durum

Li ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada kullanmış oldukları veri seti kullanılmıştır(47). Bu çalışmadaki veri seti “National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)” sitesinden alınmıştır. Bu çalışmanın amacı insülin direncinin kolesterol ve açlık kan şekeri arasındaki ilişkiye ne ölçüde aracılık ettiğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya 14350 kişi dahil edilmiştir. Bu çalışmada insülin direnci aracı değişken (M),

remnant kolesterol (remnant kolesterol= toplam kolesterol-HDL-LDL) bağımsız değişken (X) ve açlık kan şekeri bağımlı değişken (Y) olarak ele alınmıştır. Bu değişkenlere ait frekans tablosu EK 4'te verilmiştir.

Remnant kolesterol ve insülin direnci arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.001$, sırasıyla $r=0.342$). İnsülin direnci ve açlık kan şekeri arasında da pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.001$, $r=0.482$). Remnant kolesterol seviyesinin yüksek olması insülin direncini arttırmaktadır. İnsülin direncinin artması da açlık kan şekerinin yükselmesine yani Tip 2 diyabetin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durumda insülin direnci bu ilişkide aracı değişken rolü üstlenmektedir ve $AO=54.1$ ($a=0.050$, $b=0.191$, $c'=0.008$) bulunmuştur. Yani remnant kolesterol ve açlık kan şekeri arasındaki ilişkinin yaklaşık %54'ü insülin direnci tarafından açıklanmaktadır.

3.2.2 KNHANES V Veri Seti: Bağımsız ve Aracı Değişkenin Sürekli, Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durum

Park ve ark.(2019) yaptıkları çalışmada kullanmış oldukları veri seti kullanılmıştır (48). Bu çalışmanın amacı menopoza sonrası kadınlarda vücut kitle indeksinin, kandaki kurşun seviyesi ve kireçlenme (osteoartrit) arasındaki ilişkiye ne ölçüde aracılık ettiğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya 884 menopoza sonrası kadın dahil edilmiştir. Bu çalışmada vücut kitle indeksi aracı değişken (M), kandaki kurşun seviyesi bağımsız değişken (X) ve osteoartrit bağımlı değişken (Y) olarak ele alınmıştır. Bu değişkenlere ait frekans tablosu EK 4'te verilmiştir.

Kandaki kurşun seviyesi ile vücut kitle indeksi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p=0.021$, $r=0.220$). Osteoartrit olanlarda vücut kitle indeksi ortalaması daha yüksek bulunmuştur ($p<0.001$). Kandaki kurşun seviyesinin yüksekliği vücutta yağ birikimini artırabilir ve bu da vücut kitle indeksini (obeziteyi) artırabilir. Artan vücut kitle indeksi eklemlere baskı uygulayarak osteoartrit olma riskini artırabilir. Bu durumda vücut kitle indeksi bu ilişkide aracı değişken rolü üstlenmektedir ve $AO=37.5$ ($a=0.240$, $b=0.046$, $c'=-0.074$) bulunmuştur. Yani Kandaki kurşun seviyesi ve osteoartrit arasındaki ilişkinin yaklaşık %38'i vücut kitle indeksi tarafından açıklanmaktadır. NHANES 1999-2020 verisi için, farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri, KNHANES V verisi için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin 1000 tekrar sonuçları değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Aracı değişken etkisinin test edilmesi için yapılan benzetim çalışmasında, farklı etki büyüklüklerinde ve farklı örnek büyüklüklerinde, aracı değişken etkisinin olduğu senaryolar için veri üretilmiştir. Aracı değişken etkisinin olmadığı senaryolar için farklı örnek büyüklüklerinde ve farklı doğrudan etki değerleri (c') için veri üretilmiştir. Bu senaryolar sırasıyla bağımlı, bağımsız ve aracı değişkenlerin sürekli olduğu ve bağımlı değişkenin ikili yapıda olduğu durumlar için ayrı ayrı incelenecektir.

4.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olduğu Senaryolar için Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde elde edilen bulgular bağımlı (Y), bağımsız (X) ve aracı (M) değişkenin sürekli olduğu durum için değerlendirilmiştir.

4.1.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Küçük Etki ($a=0.14$, $b=0.14$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük-Küçük etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 250, 350, 450, 550, 650 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1’de AO= (0.03, 0.05) ve $n=$ (250, 350) senaryoları için Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=450$ olduğu senaryoda %80 güce yaklaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=650$ olduğu senaryoda %80 güce yaklaşmıştır.

Çizelge 4.1. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.03, 0.05) için güç değerleri

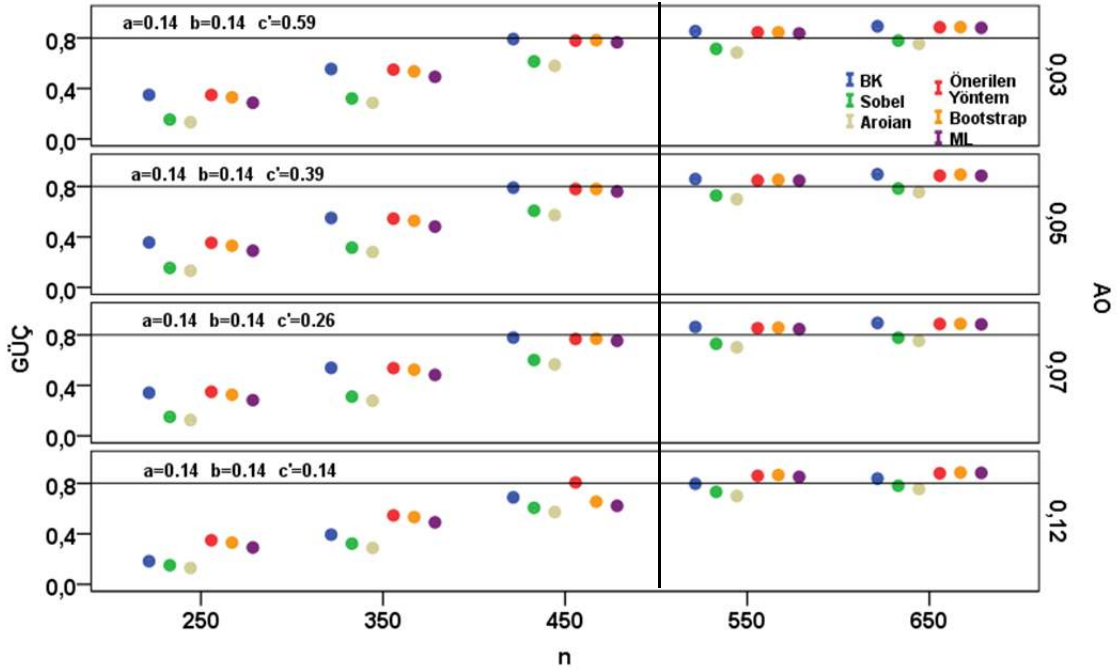
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.03 a=0.14 b=0.14 c'=0.59	250	0.348±0.052	0.349±0.051	0.153±0.037	0.132±0.036	0.287±0.045	0.330±0.047
	350	0.549±0.048	0.555±0.048	0.321±0.051	0.286±0.050	0.492±0.048	0.536±0.050
	450	0.779±0.040	0.792±0.038	0.514±0.038	0.579±0.049	0.766±0.040	0.782±0.038
	550	0.845±0.037	0.854±0.036	0.714±0.046	0.685±0.048	0.836±0.035	0.846±0.037
	650	0.885±0.031	0.893±0.031	0.780±0.038	0.754±0.041	0.881±0.031	0.886±0.031
AO=0.05 a=0.14 b=0.14 c'=0.39	250	0.354±0.045	0.356±0.048	0.154±0.034	0.133±0.032	0.290±0.041	0.330±0.046
	350	0.544±0.054	0.550±0.055	0.315±0.050	0.280±0.049	0.482±0.052	0.528±0.054
	450	0.779±0.036	0.791±0.037	0.607±0.046	0.573±0.045	0.760±0.039	0.780±0.039
	550	0.847±0.033	0.859±0.035	0.728±0.045	0.699±0.045	0.846±0.034	0.853±0.032
	650	0.886±0.032	0.897±0.031	0.783±0.040	0.755±0.044	0.885±0.032	0.894±0.031

Çizelge 4.2’de AO=0.07 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans gösterirken, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri n=450 olduğu senaryoda %80 güce yaklaşıırken, Sobel ve Aroian yöntemleri n=650 olduğu senaryoda %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.12 ve n= (250, 350) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel, Aroian ve ML yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır.

Çizelge 4.2. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.07, 0.12) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.07 a=0.14 b=0.14 c'=0.26	250	0.349±0.042	0.341±0.043	0.151±0.031	0.126±0.030	0.283±0.044	0.326±0.042
	350	0.537±0.055	0.539±0.057	0.311±0.048	0.278±0.048	0.483±0.055	0.524±0.055
	450	0.767±0.037	0.779±0.037	0.601±0.048	0.567±0.048	0.754±0.041	0.769±0.040
	550	0.854±0.036	0.863±0.034	0.730±0.046	0.701±0.050	0.846±0.035	0.857±0.035
	650	0.887±0.028	0.895±0.029	0.778±0.046	0.753±0.047	0.884±0.034	0.888±0.034
AO=0.12 a=0.14 b=0.14 c'=0.14	250	0.349±0.051	0.183±0.038	0.151±0.041	0.130±0.040	0.292±0.048	0.331±0.050
	350	0.546±0.053	0.393±0.051	0.322±0.047	0.288±0.048	0.491±0.049	0.533±0.053
	450	0.807±0.013	0.650±0.049	0.606±0.047	0.573±0.046	0.622±0.015	0.655±0.014
	550	0.860±0.033	0.797±0.037	0.733±0.049	0.700±0.050	0.851±0.037	0.866±0.034
	650	0.880±0.030	0.838±0.037	0.781±0.041	0.755±0.044	0.883±0.032	0.885±0.030



Şekil 4.1. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 4.1’de AO= (0.03, 0.05, 0.07) ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Bootstrap ve ML yöntemleri n=450 olduğu senaryolarda %80 güce yaklaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri n=650 olduğu senaryolarda %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.12 ve n= (250, 350) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer performans gösterirken, n=450 olduğu senaryoda diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Ayrıca önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır.

4.1.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük- Küçük Orta Arası Etki (a=0.14, b=0.26) için Elde Edilen Bulgular

Küçük-Küçük Orta arası etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 100, 150, 250, 350, 450 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.3’de AO= (0.06, 0.09), n= (100, 150, 250) senaryoları için Önerilen yöntem BK, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek bir performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel ve Aroian yöntemleri n=450 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır. ML ve Bootstrap yöntemleri n=350 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır.

Çizelge 4.3. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.06,0.09) için güç değerleri

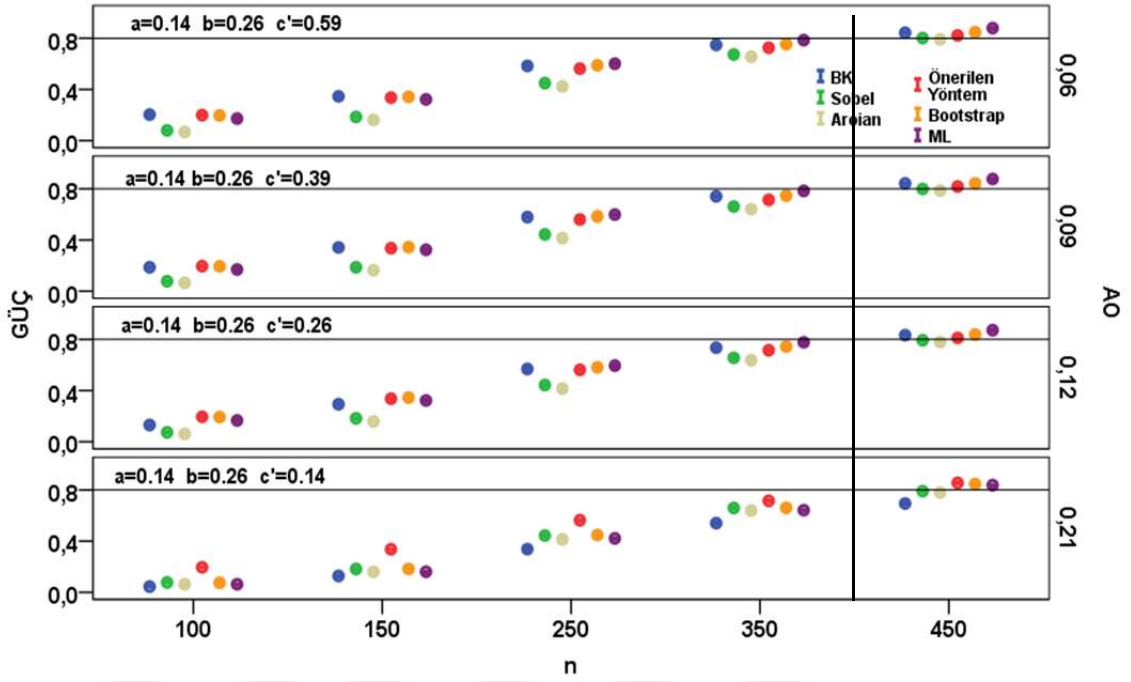
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.06 a=0.14 b=0.26 c'=0.59	100	0.199±0.043	0.203±0.044	0.080±0.029	0.068±0.025	0.172±0.040	0.197±0.044
	150	0.336±0.043	0.346±0.041	0.185±0.039	0.162±0.035	0.322±0.042	0.342±0.043
	250	0.562±0.049	0.584±0.050	0.449±0.050	0.424±0.049	0.600±0.048	0.588±0.049
	350	0.726±0.045	0.748±0.042	0.673±0.049	0.655±0.052	0.785±0.041	0.754±0.043
	450	0.822±0.038	0.843±0.037	0.802±0.042	0.791±0.041	0.879±0.031	0.846±0.034
AO=0.09 a=0.14 b=0.26 c'=0.39	100	0.195±0.041	0.187±0.040	0.077±0.029	0.065±0.026	0.169±0.039	0.194±0.040
	150	0.335±0.046	0.342±0.048	0.187±0.033	0.164±0.031	0.324±0.047	0.344±0.049
	250	0.560±0.043	0.579±0.044	0.443±0.047	0.415±0.044	0.598±0.045	0.584±0.045
	350	0.714±0.045	0.741±0.044	0.661±0.047	0.641±0.048	0.784±0.043	0.746±0.046
	450	0.818±0.035	0.842±0.033	0.799±0.039	0.786±0.040	0.877±0.031	0.843±0.032

Çizelge 4.4'te AO=0.12 ve n= (100, 150) senaryoları için Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer ve diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri n=450, ML yöntemi n=350 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

AO=0.21 ve n= (100, 150, 250, 350, 450) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, ML ve Bootstrap yöntemleri n=450 senaryosunda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.4. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.12, 0.21) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.12 a=0.14 b=0.26 c'=0.26	100	0.195±0.041	0.131±0.036	0.073±0.024	0.061±0.023	0.166±0.036	0.193±0.039
	150	0.337±0.046	0.294±0.043	0.183±0.037	0.159±0.035	0.323±0.045	0.345±0.049
	250	0.562±0.048	0.569±0.048	0.444±0.050	0.415±0.049	0.595±0.051	0.582±0.051
	350	0.715±0.049	0.735±0.049	0.656±0.051	0.637±0.050	0.777±0.046	0.743±0.046
	450	0.812±0.042	0.833±0.039	0.793±0.047	0.779±0.048	0.872±0.039	0.838±0.045
AO=0.21 a=0.14 b=0.26 c'=0.14	100	0.195±0.012	0.044±0.021	0.077±0.026	0.063±0.025	0.063±0.008	0.075±0.009
	150	0.336±0.015	0.127±0.033	0.182±0.038	0.160±0.036	0.161±0.011	0.183±0.012
	250	0.563±0.015	0.338±0.048	0.444±0.045	0.415±0.047	0.421±0.016	0.448±0.015
	350	0.715±0.016	0.541±0.048	0.659±0.050	0.639±0.052	0.642±0.017	0.661±0.017
	450	0.855±0.011	0.694±0.049	0.791±0.036	0.780±0.036	0.838±0.011	0.846±0.011



Şekil 4.2. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için güç çubuğu grafiği

Şekil 4.2’de AO= (0.06, 0.09, 0.12) ve n= (100, 150, 250) olduğu senaryolar için Önerilen yöntem, BK, Bootstrap ve ML yöntemleri benzer performans göstermiştir. ML yöntemi n=350, Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri n=450 senaryosunda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri ise %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.21 ve n= (100, 150, 250) olduğu senaryoda Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri n=450 senaryosunda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri n=450 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.3. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Orta Etki (a=0.14, b=0.39) için Elde Edilen Bulgular

Küçük-Orta etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 100, 150, 250, 350, 450 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 8, Çizelge 9 ve Şekil 8’ de verilmiştir.

Çizelge 8’de AO= (0.08, 0.12) ve n= (100, 150, 250) senaryoları için Önerilen yöntem BK yöntemi ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Bootstrap ve ML yöntemleri ise benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel ve Aroian yöntemleri n= 350 senaryosunda %80 güce yaklaşırken, ML ve Bootstrap yöntemleri %80 güce ulaşmıştır.

Çizelge 4.5. Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.08, 0.12) için güç değerleri

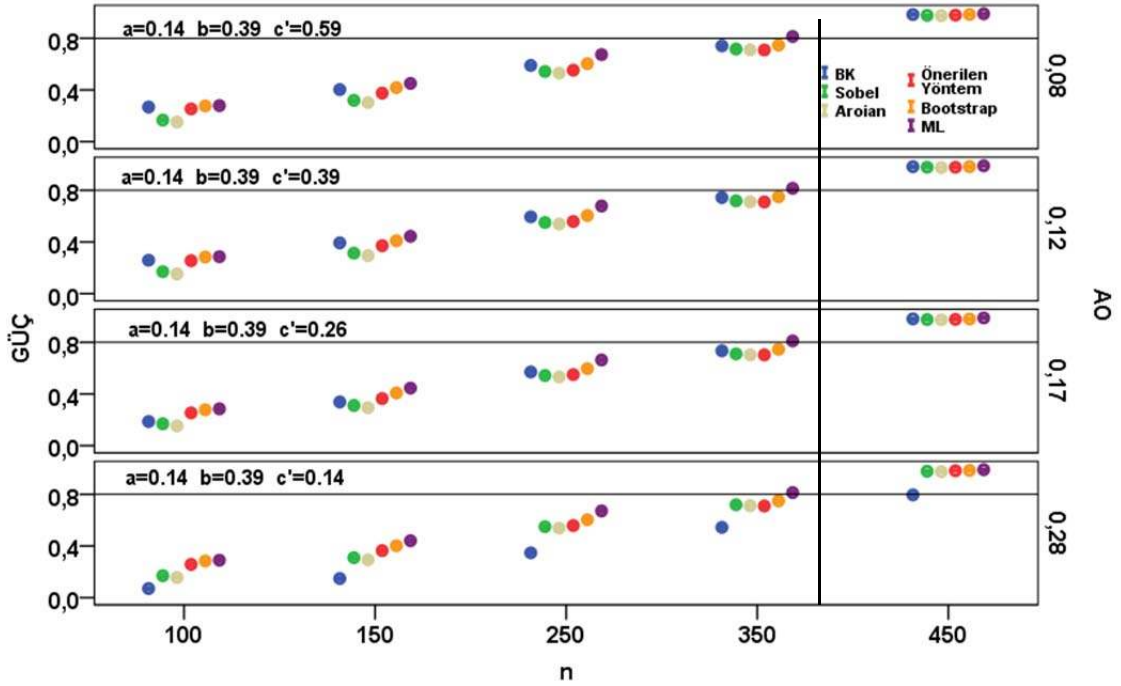
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.08 a=0.14 b=0.39 c'=0.59	100	0.253±0.046	0.268±0.046	0.166±0.034	0.152±0.033	0.278±0.046	0.276±0.049
	150	0.376±0.045	0.403±0.044	0.320±0.042	0.302±0.043	0.451±0.045	0.418±0.047
	250	0.553±0.047	0.590±0.046	0.543±0.046	0.530±0.046	0.674±0.050	0.603±0.048
	350	0.709±0.050	0.741±0.049	0.716±0.048	0.710±0.049	0.813±0.042	0.747±0.050
	450	0.979±0.014	0.984±0.013	0.978±0.014	0.975±0.016	0.990±0.010	0.985±0.012
AO=0.12 a=0.14 b=0.39 c'=0.39	100	0.255±0.046	0.259±0.045	0.170±0.038	0.153±0.037	0.286±0.045	0.283±0.046
	150	0.371±0.045	0.393±0.043	0.313±0.041	0.295±0.040	0.444±0.049	0.410±0.045
	250	0.558±0.050	0.595±0.052	0.551±0.052	0.539±0.051	0.678±0.050	0.604±0.052
	350	0.710±0.052	0.744±0.051	0.718±0.053	0.711±0.055	0.815±0.043	0.750±0.048
	450	0.978±0.015	0.983±0.013	0.978±0.014	0.976±0.015	0.989±0.011	0.983±0.013

Çizelge 9’da AO= (0.17, 0.28) ve n= (100,150) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. ML ve Bootstrap yöntemleri ise diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. AO= 0.17 ve n=350 senaryosunda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır. ML ve Bootstrap yöntemleri %80 güce ulaşmıştır.

AO= 0.28 ve n=350 senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce yaklaşırken, ML yöntemi %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise n=450 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır.

Çizelge 4.6. Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.17, 0.28) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.17 a=0.14 b=0.39 c'=0.26	100	0.254±0.039	0.187±0.038	0.169±0.036	0.152±0.035	0.285±0.038	0.278±0.041
	150	0.365±0.048	0.338±0.048	0.311±0.045	0.294±0.044	0.446±0.053	0.408±0.051
	250	0.549±0.052	0.571±0.051	0.543±0.053	0.532±0.053	0.663±0.047	0.596±0.052
	350	0.702±0.045	0.734±0.046	0.710±0.048	0.703±0.048	0.810±0.044	0.745±0.045
	450	0.977±0.014	0.982±0.013	0.976±0.014	0.974±0.015	0.989±0.011	0.981±0.014
AO=0.28 a=0.14 b=0.39 c'=0.14	100	0.258±0.045	0.071±0.026	0.171±0.040	0.156±0.039	0.290±0.050	0.284±0.048
	150	0.364±0.048	0.148±0.040	0.309±0.046	0.293±0.045	0.441±0.048	0.402±0.046
	250	0.558±0.057	0.347±0.049	0.549±0.057	0.538±0.056	0.671±0.055	0.603±0.058
	350	0.710±0.040	0.544±0.043	0.719±0.040	0.712±0.038	0.813±0.041	0.749±0.041
	450	0.982±0.013	0.795±0.037	0.979±0.014	0.976±0.016	0.991±0.009	0.985±0.011



Şekil 4.3. Küçük- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 8’de $AO = (0.08, 0.12)$ ve $n = (100, 150)$ senaryolarında Önerilen yöntem BK, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer performans göstermiştir. Sobel ve Aroian yöntemleri ise diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri $n=350$ senaryosunda %80 güce yaklaşırken, ML yöntemi %80 güce ulaşmıştır.

$AO = (0.17, 0.28)$ ve $n = (100, 150)$ senaryolarında Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer performans gösterirken, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri $n=350$ senaryosunda %80 güce yaklaşırken, ML yöntemi %80 güce ulaşmıştır.

4.1.4. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük-Büyük Etki ($a=0.14$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük-Büyük etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 150, 250, 350, 450, 550 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 10, Çizelge 11 ve Şekil 9’da verilmiştir.

Çizelge 10’da $AO = (0.12, 0.17)$ ve $n = (150, 250)$ senaryoları için Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri ile benzer performans gösterirken, BK yönteminden daha düşük performans göstermiştir. ML ve Bootstrap yöntemleri ise diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinin $n=350$ senaryosunda güç değerlerinin benzer olduğu ve Önerilen yöntemin, BK ve Sobel yöntemlerinin güç değerlerine yaklaştığı gözlenmiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri $n=450$ senaryosunda %80 güce ulaşırken, ML yöntemi $n=350$ senaryosunda %80 güce ulaşmıştır.

Çizelge 4.7. Küçük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.12, 0.17) için güç değerleri

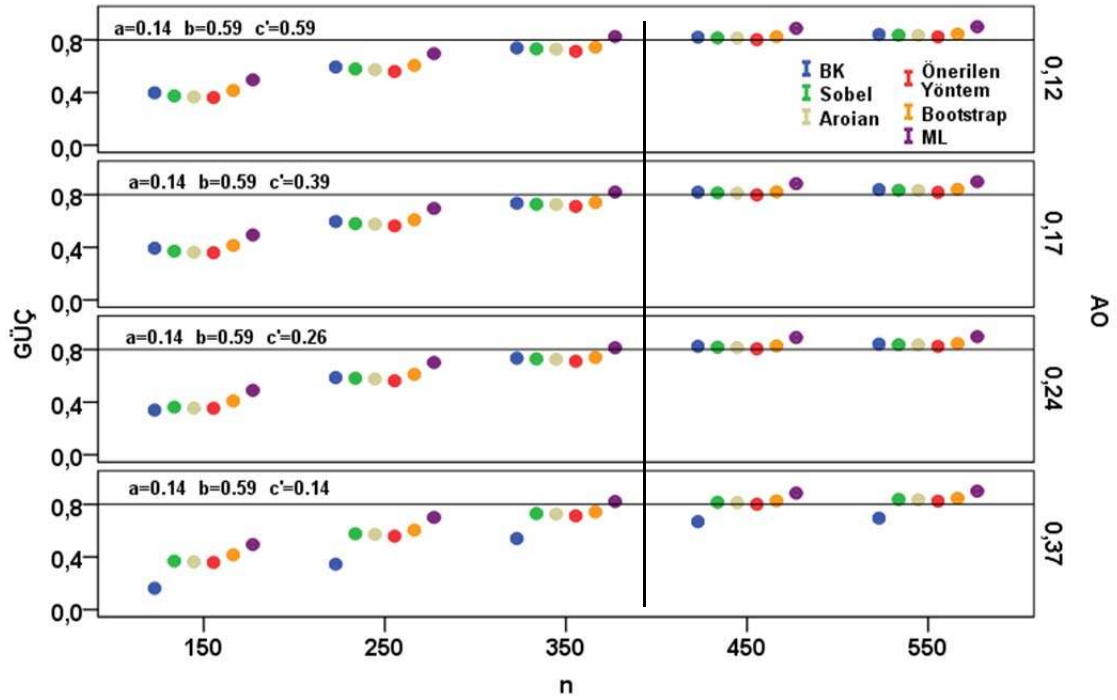
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.12 a=0.14 b=0.59 c'=0.59	150	0.362±0.051	0.398±0.051	0.374±0.051	0.366±0.052	0.496±0.051	0.415±0.051
	250	0.559±0.050	0.594±0.051	0.579±0.050	0.573±0.051	0.695±0.049	0.606±0.051
	350	0.713±0.044	0.739±0.042	0.731±0.043	0.729±0.043	0.825±0.039	0.745±0.041
	450	0.801±0.036	0.820±0.038	0.815±0.034	0.813±0.038	0.887±0.032	0.824±0.038
	550	0.823±0.042	0.840±0.039	0.835±0.040	0.833±0.040	0.890±0.032	0.844±0.042
AO=0.17 a=0.14 b=0.59 c'=0.39	150	0.359±0.049	0.393±0.051	0.371±0.051	0.363±0.050	0.494±0.049	0.414±0.050
	250	0.563±0.047	0.596±0.047	0.580±0.046	0.576±0.046	0.695±0.039	0.609±0.045
	350	0.711±0.046	0.735±0.047	0.727±0.049	0.725±0.049	0.820±0.040	0.742±0.044
	450	0.799±0.042	0.819±0.039	0.814±0.039	0.813±0.038	0.884±0.032	0.822±0.038
	550	0.818±0.037	0.838±0.037	0.833±0.037	0.832±0.037	0.899±0.031	0.841±0.036

Çizelge 11’de AO= (0.24, 0.37) ve n= (150, 250) senaryoları için Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri ile benzer performans gösterirken, BK yöntemine göre daha düşük performans göstermiştir. ML ve Bootstrap yöntemleri ise diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir.

AO=0.24 ve n=450 senaryosunda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce ulaşmıştır. ML yöntemi ise n=350 senaryosunda %80 güce ulaşmıştır. AO=0.37 ve n=450 senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce ulaşmıştır. ML yöntemi ise n=350 senaryosunda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise n=450 senaryosunda %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.8. Küçük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.24, 0.37) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.24 a=0.14 b=0.59 c'=0.26	150	0.354±0.045	0.340±0.045	0.362±0.046	0.354±0.045	0.490±0.045	0.410±0.045
	250	0.562±0.050	0.586±0.050	0.581±0.052	0.576±0.052	0.701±0.047	0.611±0.052
	350	0.711±0.044	0.734±0.043	0.728±0.043	0.726±0.043	0.814±0.043	0.740±0.044
	450	0.806±0.042	0.824±0.040	0.817±0.041	0.815±0.041	0.892±0.032	0.827±0.039
	550	0.824±0.039	0.841±0.038	0.836±0.037	0.835±0.044	0.898±0.035	0.845±0.038
AO=0.37 a=0.14 b=0.59 c'=0.14	150	0.358±0.044	0.162±0.036	0.369±0.040	0.363±0.041	0.495±0.045	0.416±0.045
	250	0.558±0.047	0.345±0.052	0.576±0.052	0.572±0.052	0.701±0.054	0.604±0.053
	350	0.712±0.044	0.540±0.049	0.730±0.045	0.727±0.046	0.822±0.040	0.742±0.046
	450	0.801±0.041	0.668±0.054	0.812±0.040	0.813±0.040	0.886±0.034	0.826±0.038
	550	0.824±0.045	0.695±0.052	0.837±0.044	0.835±0.044	0.901±0.037	0.846±0.043



Şekil 4.4. Küçük- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 9’da AO= (0.12, 0.17, 0.24) ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans göstermiştir. ML yöntemi ise diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri n=450, ML yöntemi ise n=350 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

AO=0.37 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans göstermiştir. ML yöntemi n=350 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri n=450 olduğu senaryoda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.5. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Küçük Orta Arası Etki (a=0.26, b=0.26) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 50, 100, 150, 200, 250 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 12, Çizelge 13 ve Şekil 10’da verilmiştir.

Çizelge 12’de AO= (0.10, 0.15) ve n= (50, 100) senaryoları için Önerilen yöntem, BK yöntemi ile benzer performans göstermiştir. Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri ise benzer ve diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir. BK ve Önerilen yöntem n=150, ML ve Bootstrap n=200, Sobel ve Aroian n=250 olduğu senaryoda %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.9. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.10, 0.15) için güç değerleri

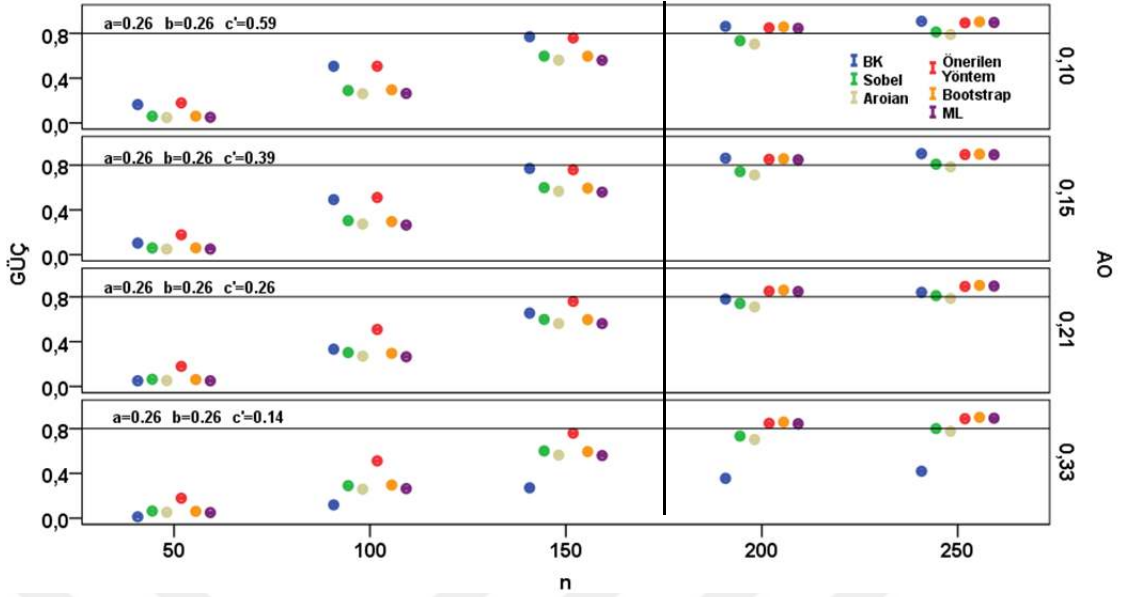
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.10 a=0.26 b=0.26 c'=0.59	50	0.179±0.013	0.164±0.034	0.060±0.022	0.048±0.021	0.050±0.007	0.061±0.008
	100	0.507±0.016	0.507±0.052	0.289±0.043	0.261±0.041	0.264±0.014	0.296±0.015
	150	0.766±0.014	0.770±0.045	0.597±0.050	0.561±0.049	0.560±0.017	0.595±0.016
	200	0.845±0.029	0.861±0.028	0.734±0.046	0.704±0.047	0.779±0.030	0.858±0.030
	250	0.894±0.029	0.908±0.027	0.813±0.037	0.790±0.041	0.897±0.027	0.903±0.027
AO=0.15 a=0.26 b=0.26 c'=0.39	50	0.178±0.012	0.103±0.030	0.060±0.025	0.050±0.022	0.050±0.008	0.061±0.008
	100	0.510±0.015	0.492±0.047	0.304±0.048	0.274±0.045	0.264±0.013	0.296±0.014
	150	0.758±0.012	0.770±0.041	0.599±0.048	0.566±0.052	0.559±0.015	0.594±0.014
	200	0.851±0.033	0.862±0.033	0.742±0.044	0.712±0.045	0.848±0.034	0.858±0.034
	250	0.894±0.029	0.902±0.031	0.808±0.045	0.785±0.047	0.892±0.033	0.899±0.032

Çizelge 13'te AO=0.21 ve n= (50, 100, 150) senaryolarında Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=150, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri n=200, Sobel ve Aroian yöntemleri n=250 olduğu senaryoda %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.33 ve n= (50, 100, 150) senaryolarında Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n= 150, ML ve Bootstrap yöntemleri n=200, Sobel ve Aroian yöntemleri n=250 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.10. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.21, 0.33) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.21 a=0.26 b=0.26 c'=0.26	50	0.179±0.013	0.051±0.021	0.063±0.024	0.053±0.023	0.051±0.007	0.061±0.007
	100	0.509±0.014	0.333±0.049	0.303±0.051	0.271±0.048	0.265±0.013	0.295±0.013
	150	0.789±0.013	0.655±0.045	0.598±0.047	0.562±0.046	0.561±0.016	0.596±0.015
	200	0.851±0.032	0.780±0.042	0.741±0.043	0.711±0.045	0.848±0.039	0.860±0.036
	250	0.893±0.028	0.841±0.034	0.811±0.040	0.786±0.041	0.897±0.028	0.903±0.024
AO=0.33 a=0.26 b=0.26 c'=0.14	50	0.178±0.010	0.012±0.010	0.063±0.025	0.053±0.022	0.050±0.006	0.061±0.007
	100	0.511±0.014	0.119±0.034	0.291±0.040	0.259±0.045	0.264±0.012	0.296±0.013
	150	0.759±0.014	0.272±0.048	0.600±0.051	0.564±0.052	0.559±0.017	0.594±0.017
	200	0.848±0.034	0.356±0.048	0.733±0.047	0.703±0.047	0.843±0.033	0.858±0.032
	250	0.889±0.031	0.419±0.053	0.800±0.040	0.776±0.040	0.893±0.028	0.901±0.026



Şekil 4.5. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 10'da $AO = (0.10, 0.15)$, $n = (50, 100, 150)$ olduğu senaryolar için Önerilen yöntem ve BK yöntemleri benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=150$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. Sobel ve Aroian $n=250$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

$AO = (0.21, 0.33)$, $n = (50, 100, 150)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=150$, Bootstrap ve ML yöntemleri $n=200$, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=250$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.6. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Orta Etki ($a=0.26$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası- Orta etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 60, 90, 120, 150, 180 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 14, Çizelge 15 ve Şekil 11'de verilmiştir.

Çizelge 14'te AO= (0.15, 0.21) ve n= (60, 90, 120) senaryoları için Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri n=120, Sobel ve Aroian yöntemleri n=150 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

Çizelge 4.11 Küçük Orta Arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.15, 0.21) için güç değerleri

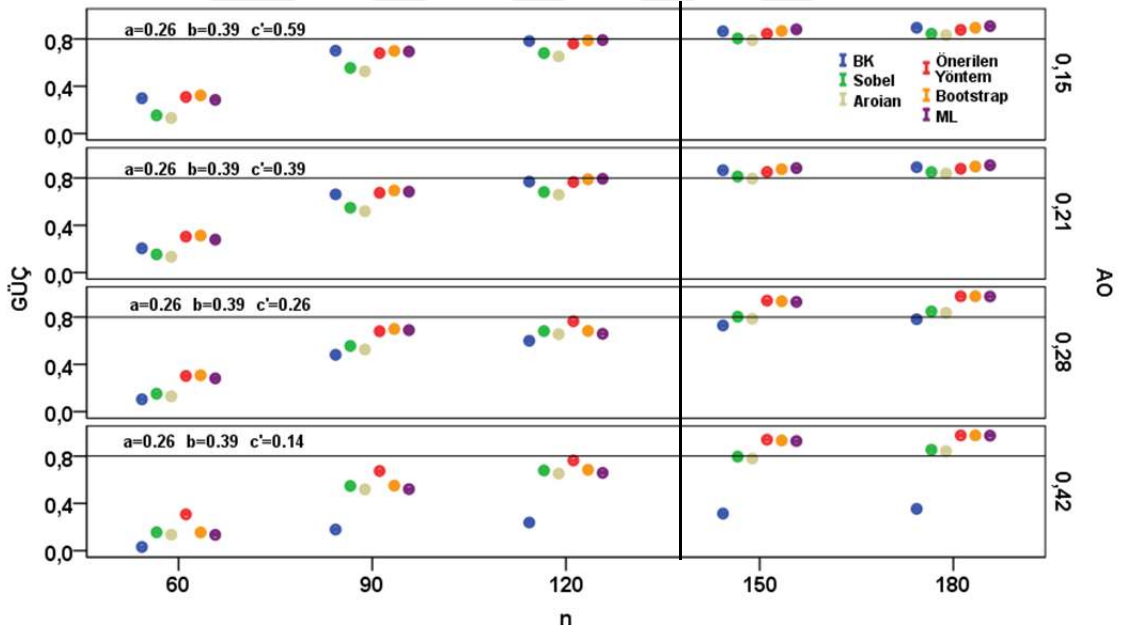
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.15 a=0.26 b=0.39 c'=0.59	60	0.309±0.042	0.300±0.041	0.153±0.034	0.132±0.032	0.284±0.041	0.323±0.045
	90	0.681±0.042	0.699±0.042	0.555±0.055	0.526±0.053	0.694±0.045	0.699±0.039
	120	0.760±0.044	0.782±0.041	0.680±0.052	0.653±0.052	0.791±0.043	0.789±0.043
	150	0.840±0.038	0.863±0.037	0.802±0.040	0.785±0.040	0.880±0.035	0.865±0.039
	180	0.877±0.035	0.890±0.030	0.840±0.038	0.825±0.035	0.900±0.031	0.890±0.032
AO=0.21 a=0.26 b=0.39 c'=0.39	60	0.304±0.043	0.250±0.036	0.165±0.035	0.134±0.034	0.279±0.045	0.313±0.045
	90	0.675±0.055	0.662±0.053	0.548±0.057	0.519±0.058	0.685±0.053	0.694±0.049
	120	0.766±0.047	0.769±0.046	0.682±0.055	0.659±0.055	0.794±0.047	0.790±0.045
	150	0.850±0.033	0.860±0.030	0.812±0.035	0.790±0.036	0.883±0.033	0.870±0.036
	180	0.878±0.033	0.891±0.029	0.844±0.034	0.830±0.033	0.900±0.027	0.897±0.029

Çizelge 15'te AO=0.28 ve n= (60, 90, 120) senaryoları için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=120, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri n=150 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

AO=0.42 ve n= (60, 90, 120) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=120, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri n=150 olduğu senaryoda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.12. Küçük Orta arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.28, 0.42) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.28 a=0.26 b=0.39 c'=0.26	60	0.302±0.050	0.200±0.029	0.151±0.036	0.132±0.034	0.281±0.047	0.307±0.048
	90	0.680±0.050	0.481±0.047	0.556±0.051	0.526±0.054	0.690±0.048	0.699±0.049
	120	0.764±0.013	0.599±0.052	0.681±0.044	0.655±0.047	0.658±0.015	0.682±0.014
	150	0.939±0.006	0.799±0.040	0.800±0.035	0.780±0.035	0.890±0.009	0.833±0.007
	180	0.975±0.005	0.803±0.042	0.840±0.035	0.830±0.033	0.970±0.005	0.975±0.004
AO=0.42 a=0.26 b=0.39 c'=0.14	60	0.307±0.014	0.031±0.016	0.156±0.038	0.136±0.036	0.134±0.010	0.154±0.010
	90	0.674±0.017	0.179±0.039	0.547±0.051	0.519±0.049	0.521±0.018	0.550±0.019
	120	0.763±0.014	0.238±0.046	0.678±0.051	0.653±0.050	0.658±0.014	0.684±0.014
	150	0.939±0.006	0.315±0.043	0.796±0.040	0.780±0.040	0.825±0.008	0.835±0.007
	180	0.975±0.005	0.353±0.045	0.850±0.032	0.840±0.035	0.970±0.004	0.975±0.004



Şekil 4.6. Küçük Orta Arası- Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için güç çubuğu grafiği

Şekil 11’de $AO = (0.15, 0.21)$ ve $n = (60, 90, 120)$ senaryoları için Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemlerinin $n=120$, Sobel ve Aroian yöntemlerinin $n=150$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir.

$AO = 0.28$ ve $n = (60, 90)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=120$, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=150$, BK yöntemi $n=180$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

$AO=0.42$ ve $n = (60, 90, 120)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=120$, ML, Bootstrap, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=150$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.7. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Büyük Etki ($a=0.26$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 70, 90, 110, 130, 150 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 16, Çizelge 17 ve Şekil 12’de verilmiştir.

Çizelge 16’da $AO = 0.21$ ve $n = (70, 90)$ senaryoları için Önerilen yöntem, BK, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer performans göstermiştir. Bununla birlikte Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=130$, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=110$ olduğu senaryolarda %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir.

$AO=0.28$ ve $n = (70, 90)$ senaryoları için Önerilen yöntem, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans gösterirken, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=130$, BK, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=110$ olduğu senaryolarda %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.13.. Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.21, 0.28) için güç değerleri

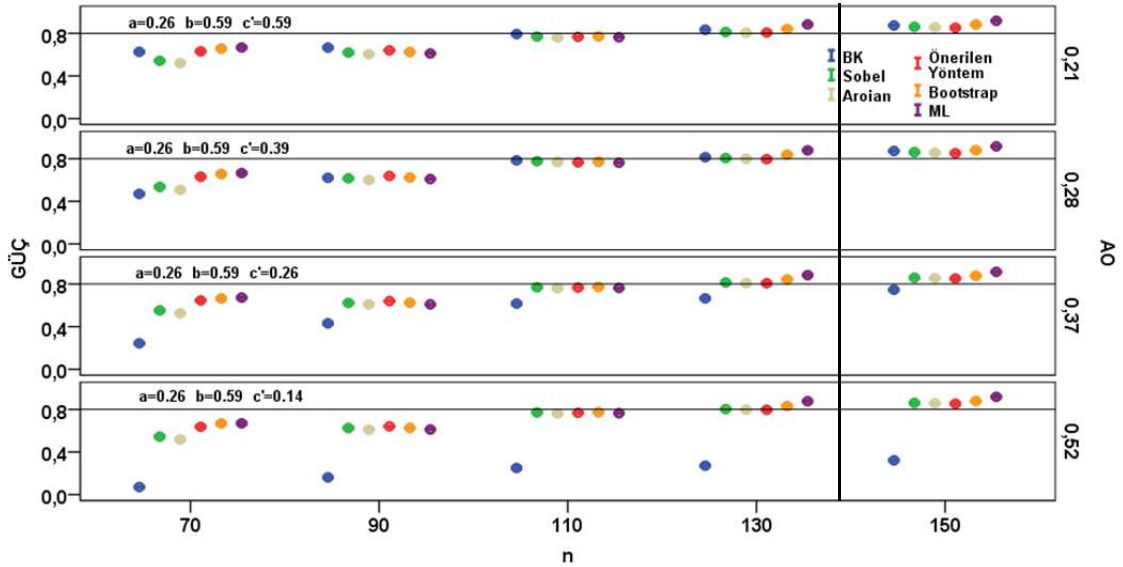
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.21 a=0.26 b=0.59 c'=0.59	70	0.631±0.049	0.626±0.049	0.543±0.043	0.520±0.046	0.667±0.046	0.657±0.044
	90	0.640±0.014	0.666±0.048	0.619±0.048	0.604±0.047	0.670±0.015	0.660±0.014
	110	0.767±0.013	0.794±0.037	0.770±0.039	0.761±0.038	0.763±0.014	0.772±0.013
	130	0.808±0.035	0.834±0.034	0.813±0.033	0.806±0.035	0.884±0.033	0.840±0.035
	150	0.853±0.036	0.874±0.034	0.862±0.035	0.856±0.036	0.917±0.028	0.883±0.035
AO=0.28 a=0.26 b=0.59 c'=0.39	70	0.631±0.048	0.470±0.050	0.535±0.050	0.509±0.052	0.665±0.050	0.657±0.046
	90	0.638±0.017	0.620±0.042	0.615±0.046	0.601±0.044	0.670±0.017	0.675±0.017
	110	0.766±0.014	0.785±0.040	0.777±0.041	0.768±0.042	0.762±0.015	0.771±0.014
	130	0.795±0.043	0.814±0.038	0.806±0.040	0.799±0.042	0.878±0.033	0.837±0.039
	150	0.852±0.029	0.872±0.028	0.862±0.032	0.857±0.034	0.916±0.025	0.879±0.031

Çizelge 17’de AO=0.37 ve n= (70, 90) senaryoları için Önerilen yöntem, ML ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri n=130, ML ve Bootstrap yöntemi n=110, BK yöntemi ise n=150 olduğu senaryolarda %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.52 ve n= (70, 90) senaryosu için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri n=130, ML ve Bootstrap yöntemleri n=110 olduğu senaryolarda %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.14. Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.52) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.37 a=0.26 b=0.59 c'=0.26	70	0.640±0.039	0.244±0.039	0.553±0.042	0.525±0.042	0.670±0.040	0.620±0.042
	90	0.646±0.014	0.431±0.051	0.623±0.047	0.609±0.045	0.673±0.014	0.625±0.017
	110	0.767±0.012	0.617±0.047	0.769±0.038	0.762±0.039	0.764±0.012	0.772±0.012
	130	0.808±0.042	0.665±0.045	0.814±0.039	0.808±0.040	0.884±0.033	0.844±0.037
	150	0.852±0.032	0.746±0.043	0.859±0.033	0.855±0.034	0.915±0.025	0.878±0.033
AO=0.52 a=0.26 b=0.59 c'=0.14	70	0.638±0.045	0.071±0.027	0.620±0.053	0.518±0.054	0.609±0.049	0.620±0.050
	90	0.641±0.013	0.162±0.037	0.625±0.046	0.610±0.046	0.612±0.013	0.626±0.013
	110	0.766±0.012	0.250±0.044	0.761±0.041	0.762±0.040	0.764±0.012	0.773±0.011
	130	0.805±0.037	0.272±0.041	0.803±0.037	0.797±0.039	0.877±0.032	0.831±0.035
	150	0.853±0.040	0.322±0.047	0.861±0.037	0.858±0.036	0.918±0.029	0.879±0.033



Şekil 4.7. Küçük Orta Arası- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için güç çubuğu grafiği

Şekil 12’de AO= (0.21, 0.28) ve n= (70, 90) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri n=110 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

AO= (0.37, 0.52) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri n=110 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.8. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta-Orta Etki (a=0.39, b=0.39) için Elde Edilen Bulgular

Orta-Orta etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 50, 75, 100, 125, 150 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 18, Çizelge 19 ve Şekil 13'te verilmiştir.

Çizelge 18'de AO= (0.20, 0.28) ve n=50 senaryosu için Önerilen yöntem BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=75 senaryosunda, Sobel ve Aroian yöntemleri ile benzer, ML ve Bootstrap yöntemlerinden yüksek ve BK yönteminden düşük performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri n=100, BK yöntemi n=75 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

Çizelge 4.15. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.20, 0.28) için güç değerleri

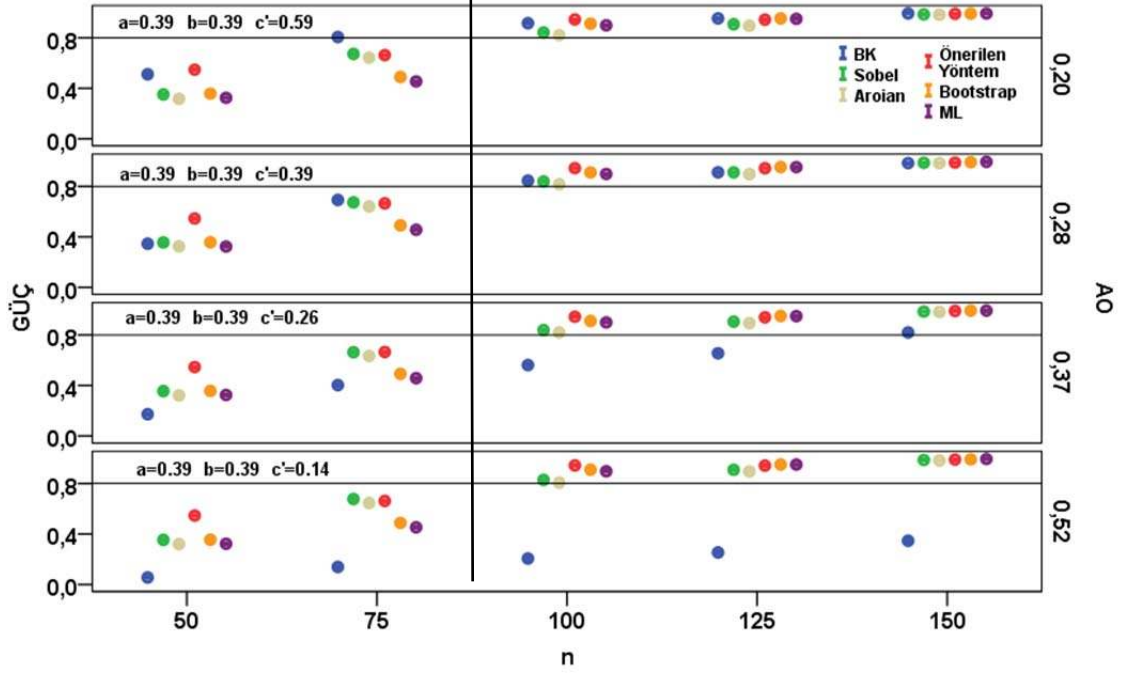
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.20 a=0.39 b=0.39 c'=0.59	50	0.547±0.015	0.511±0.055	0.352±0.047	0.317±0.044	0.325±0.013	0.358±0.014
	75	0.663±0.013	0.806±0.037	0.672±0.045	0.642±0.043	0.454±0.014	0.589±0.016
	100	0.945±0.007	0.915±0.029	0.841±0.034	0.820±0.036	0.899±0.009	0.912±0.009
	125	0.944±0.023	0.954±0.020	0.907±0.030	0.895±0.031	0.950±0.021	0.954±0.020
	150	0.990±0.010	0.993±0.008	0.985±0.011	0.983±0.012	0.992±0.009	0.992±0.009
AO=0.28 a=0.39 b=0.39 c'=0.39	50	0.546±0.016	0.345±0.045	0.356±0.049	0.325±0.050	0.323±0.014	0.357±0.014
	75	0.666±0.014	0.692±0.045	0.673±0.048	0.640±0.050	0.456±0.016	0.491±0.017
	100	0.944±0.007	0.845±0.033	0.838±0.039	0.817±0.040	0.898±0.009	0.910±0.009
	125	0.944±0.022	0.911±0.029	0.911±0.028	0.898±0.030	0.953±0.022	0.953±0.020
	150	0.988±0.012	0.984±0.012	0.987±0.011	0.984±0.012	0.994±0.007	0.992±0.009

Çizelge 19’da AO=0.37 ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri n=100, BK yöntemi n=150 senaryolarında %80 güce ulaşmıştır.

AO=0.52 ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri n=100, BK yöntemi n=150 senaryolarında %80 güce ulaşmıştır BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.16. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.52) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.37 a=0.39 b=0.39 c'=0.26	50	0.545±0.013	0.172±0.038	0.355±0.051	0.321±0.050	0.324±0.012	0.357±0.013
	75	0.665±0.015	0.403±0.045	0.663±0.046	0.634±0.048	0.458±0.016	0.492±0.016
	100	0.944±0.008	0.562±0.045	0.839±0.035	0.819±0.037	0.899±0.009	0.911±0.009
	125	0.939±0.010	0.655±0.056	0.906±0.028	0.894±0.030	0.949±0.023	0.951±0.022
	150	0.990±0.015	0.820±0.038	0.985±0.010	0.982±0.011	0.992±0.009	0.992±0.008
AO=0.52 a=0.39 b=0.39 c'=0.14	50	0.546±0.014	0.056±0.021	0.353±0.049	0.321±0.047	0.323±0.013	0.355±0.014
	75	0.662±0.012	0.140±0.036	0.678±0.040	0.646±0.042	0.453±0.013	0.488±0.014
	100	0.943±0.023	0.207±0.042	0.828±0.036	0.806±0.037	0.897±0.010	0.909±0.009
	125	0.942±0.010	0.264±0.045	0.908±0.026	0.895±0.028	0.950±0.024	0.950±0.023
	150	0.990±0.000	0.347±0.048	0.986±0.012	0.983±0.013	0.994±0.007	0.992±0.009



Şekil 4.8. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 13'te $AO = (0.20, 0.28)$ ve $n=50$ senaryolarında Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans gösterirken örnek büyüklüğü arttıkça diğer yöntemlerle benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=100$, BK yöntemi $n=75$ senaryolarında %80 güce ulaşmıştır.

$AO = (0.37, 0.52)$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri $n=100$, BK yöntemi $n=150$ senaryolarında %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi $AO=0.52$ olduğu senaryo için %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.9. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta- Büyük Etki ($a=0.39, b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular

Orta- Büyük etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 50, 55, 60, 65, 70, 75 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 20, Çizelge 21 ve Şekil 14'te verilmiştir.

Çizelge 20’de AO= 0.28 ve n= (50, 55, 60, 65) senaryoları için Önerilen yöntem, BK yöntemi ile benzer Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK, ML ve Bootstrap yöntemlerinin n=60, Sobel yönteminin n=65, Aroian yönteminin n=70 senaryolarında %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir.

AO=0.37 ve n= (50, 55, 60, 65) senaryoları için Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntemin n=60, Sobel yönteminin n=65, Aroian yönteminin n=70, ML ve Bootstrap yöntemlerinin n=60 senaryolarında %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.17. Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.28, 0.37) için güç değerleri

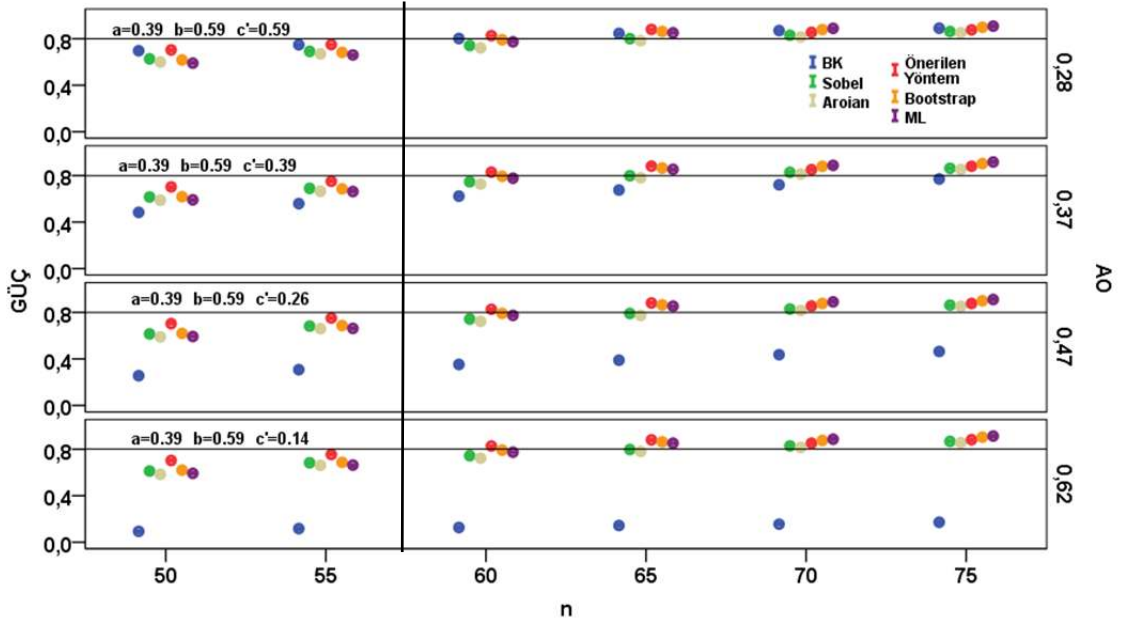
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.28 a=0.39 b=0.59 c'=0.59	50	0.703±0.015	0.697±0.047	0.627±0.05	0.600±0.050	0.591±0.017	0.618±0.017
	55	0.750±0.015	0.748±0.035	0.691±0.042	0.669±0.044	0.661±0.015	0.683±0.015
	60	0.827±0.011	0.801±0.039	0.742±0.046	0.721±0.045	0.774±0.013	0.791±0.013
	65	0.880±0.009	0.845±0.035	0.800±0.039	0.783±0.041	0.851±0.010	0.862±0.010
	70	0.855±0.035	0.870±0.032	0.830±0.038	0.815±0.041	0.889±0.026	0.879±0.03
	75	0.876±0.031	0.891±0.028	0.862±0.029	0.851±0.030	0.908±0.028	0.899±0.029
AO=0.37 a=0.39 b=0.59 c'=0.39	50	0.703±0.014	0.484±0.056	0.616±0.049	0.588±0.051	0.591±0.014	0.618±0.014
	55	0.775±0.013	0.558±0.048	0.690±0.045	0.666±0.047	0.663±0.014	0.685±0.015
	60	0.829±0.013	0.623±0.048	0.747±0.045	0.727±0.047	0.777±0.016	0.794±0.015
	65	0.881±0.011	0.676±0.048	0.798±0.038	0.781±0.039	0.853±0.013	0.864±0.013
	70	0.851±0.035	0.720±0.044	0.828±0.036	0.813±0.038	0.888±0.035	0.880±0.028
	75	0.880±0.033	0.770±0.042	0.863±0.034	0.852±0.035	0.916±0.028	0.903±0.031

Çizelge 21’de AO=0.47 ve n= (50, 55, 60, 65) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntemin n=60, Sobel ve Aroian yöntemlerinin n=70, ML ve Bootstrap yöntemlerinin n=60 olduğu senaryolarda %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

AO=0.62 ve n= (50, 55, 60, 65) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntemin n=60, Sobel yönteminin n=65, Aroian yönteminin n=70, ML ve Bootstrap yöntemlerinin n=60 senaryolarında %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.18. Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda BK, Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.47, 0.62) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.47 a=0.39 b=0.59 c'=0.26	50	0.703±0.014	0.255±0.040	0.614±0.040	0.589±0.041	0.592±0.015	0.619±0.014
	55	0.752±0.015	0.307±0.041	0.682±0.038	0.660±0.042	0.662±0.016	0.687±0.015
	60	0.827±0.013	0.352±0.048	0.743±0.043	0.723±0.044	0.774±0.014	0.791±0.013
	65	0.881±0.012	0.389±0.048	0.791±0.043	0.774±0.044	0.853±0.012	0.865±0.012
	70	0.855±0.036	0.436±0.053	0.829±0.042	0.816±0.044	0.890±0.033	0.876±0.032
	75	0.876±0.031	0.464±0.051	0.862±0.032	0.852±0.033	0.911±0.026	0.900±0.030
	75	0.876±0.031	0.464±0.051	0.862±0.032	0.852±0.033	0.911±0.026	0.900±0.030
AO=0.62 a=0.39 b=0.59 c'=0.14	50	0.703±0.016	0.093±0.027	0.612±0.047	0.584±0.049	0.593±0.015	0.620±0.015
	55	0.754±0.015	0.117±0.032	0.683±0.045	0.662±0.045	0.664±0.015	0.687±0.016
	60	0.828±0.013	0.127±0.037	0.744±0.045	0.723±0.045	0.774±0.013	0.791±0.014
	65	0.880±0.011	0.144±0.038	0.797±0.039	0.781±0.040	0.852±0.012	0.863±0.012
	70	0.852±0.035	0.155±0.034	0.828±0.037	0.815±0.038	0.886±0.034	0.875±0.032
	75	0.882±0.030	0.172±0.037	0.866±0.031	0.856±0.035	0.913±0.031	0.904±0.030
	75	0.882±0.030	0.172±0.037	0.866±0.031	0.856±0.035	0.913±0.031	0.904±0.030



Şekil 4.9. Orta- Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 14'te $AO=0.28$ ve $n= (50, 55, 60, 65, 70)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem ve BK yöntemleri benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve BK yöntemleri $n=60$, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri $n=65$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır.

$AO= (0.37, 0.47, 0.62)$ ve $n= (50, 55, 60)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=60$, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri $n=65$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.1.10. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Büyük-Büyük Etki

($a=0.59$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular

Büyük-Büyük etki büyüklüğünde, farklı AO ve örnek büyüklüğü 25, 30, 35, 40, 45, 50 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 22, Çizelge 23 ve Şekil 15'te verilmiştir.

Çizelge 22’de AO=0.37 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=30, BK yöntemi n=45, Sobel ve Aroian yöntemleri n=40, ML ve Bootstrap yöntemleri n=35 olduğu senaryolardada %80 güce ulaşmıştır.

AO=0.47 n= (25, 30, 35, 40, 45) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=30, Sobel yöntemi n=40, Aroian yöntemi n=45, ML ve Bootstrap yöntemleri n=35 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

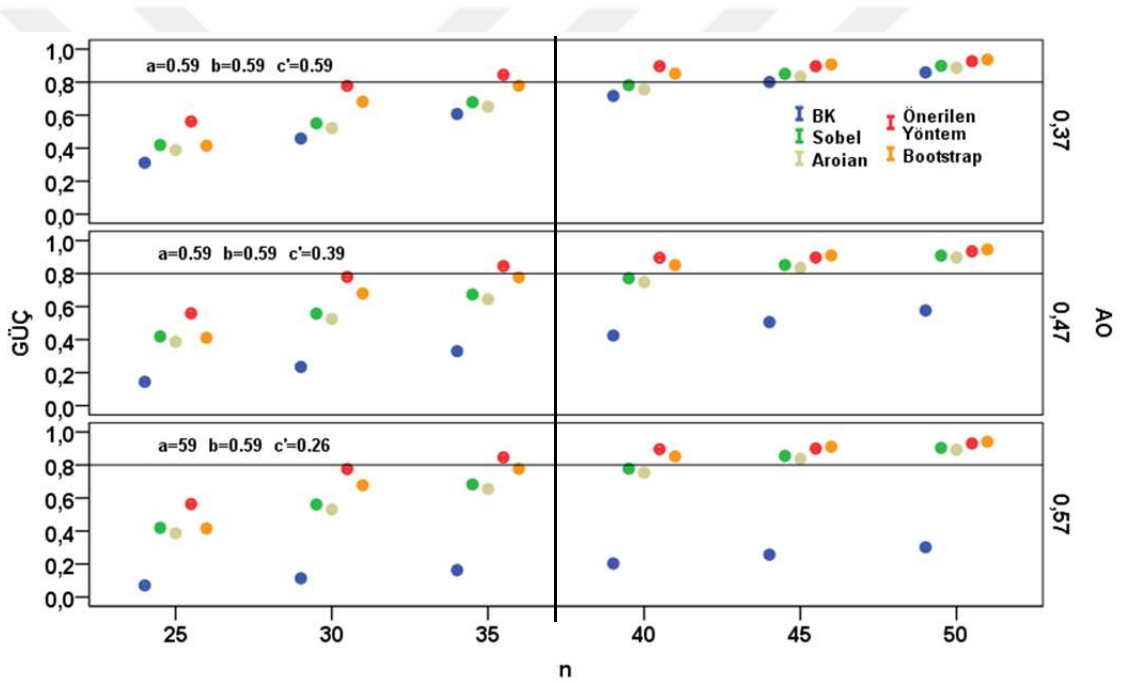
Çizelge 4.19. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.47) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.37 a=0.59 b=0.59 c'=0.59	25	0.562±0.014	0.312±0.042	0.419±0.046	0.389±0.043	0.384±0.015	0.415±0.017
	30	0.778±0.014	0.458±0.052	0.551±0.049	0.522±0.051	0.653±0.018	0.682±0.017
	35	0.845±0.011	0.607±0.053	0.678±0.046	0.651±0.048	0.755±0.012	0.778±0.012
	40	0.897±0.009	0.717±0.044	0.782±0.044	0.756±0.046	0.835±0.011	0.852±0.011
	45	0.896±0.029	0.801±0.039	0.850±0.038	0.834±0.039	0.899±0.033	0.908±0.030
	50	0.927±0.024	0.859±0.035	0.899±0.030	0.886±0.032	0.934±0.022	0.936±0.024
	50	0.927±0.024	0.859±0.035	0.899±0.030	0.886±0.032	0.934±0.022	0.936±0.024
AO=0.47 a=0.59 b=0.59 c'=0.39	25	0.559±0.016	0.144±0.034	0.420±0.050	0.387±0.049	0.379±0.017	0.411±0.017
	30	0.779±0.013	0.234±0.049	0.557±0.055	0.526±0.055	0.652±0.013	0.680±0.013
	35	0.845±0.013	0.330±0.047	0.673±0.045	0.645±0.047	0.754±0.015	0.777±0.014
	40	0.895±0.011	0.425±0.047	0.771±0.039	0.748±0.040	0.834±0.012	0.851±0.012
	45	0.897±0.032	0.506±0.046	0.852±0.035	0.835±0.039	0.902±0.028	0.910±0.029
	50	0.935±0.023	0.577±0.047	0.909±0.026	0.897±0.028	0.942±0.022	0.946±0.021
	50	0.935±0.023	0.577±0.047	0.909±0.026	0.897±0.028	0.942±0.022	0.946±0.021

Çizelge 23’te AO=0.57 ve n= (25, 30, 35, 40, 45) senaryoları için Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=30, Sobel yöntemi n=40, Aroian yöntemi n=45, ML ve Bootstrap yöntemleri n=40 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. BK yönteminin %80 güce ulaşamadığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.20. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= 0.57 için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.57 a=0.59 b=0.59 c'=0.26	25	0.564±0.014	0.071±0.026	0.419±0.052	0.388±0.05	0.385±0.014	0.415±0.014
	30	0.776±0.016	0.114±0.030	0.561±0.054	0.531±0.052	0.649±0.016	0.677±0.015
	35	0.846±0.011	0.163±0.037	0.682±0.046	0.655±0.046	0.754±0.015	0.777±0.015
	40	0.896±0.009	0.203±0.040	0.778±0.045	0.753±0.044	0.835±0.012	0.852±0.011
	45	0.900±0.031	0.257±0.046	0.856±0.037	0.838±0.039	0.907±0.029	0.911±0.028
	50	0.931±0.026	0.302±0.045	0.904±0.029	0.893±0.033	0.938±0.027	0.941±0.027



Şekil 4.10. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO için hata çubuğu grafiği

Şekil 15'te AO= (0.37, 0.47, 0.57) ve n= (25, 30, 35, 40) olduğu senaryolarda Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=35, Sobel ve Aroian yöntemleri n=45, Bootstrap ve ML yöntemleri n=40 olduğu senaryolarda %80 güce ulaşmıştır. AO= (0.47, 0.57) senaryoları için BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 24 Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin %80 güce ulaştıkları örnek büyüklüklerini göstermektedir. Senaryolar incelendiğinde bazı yöntemlerin aynı örnek büyüklüğünde %80 güce ulaştıkları görülmüştür. Bu durumda ortalama güç değeri büyük olan yöntem işaretlenmiştir. Bootstrap yönteminin 1.Tip hata oranının diğer yöntemlerden daha yüksek olması durumunda Bootsraptan sonra tercih edilen 2. yöntem italic olarak işaretlenmiştir. Yöntemlerin $c'=0$ senaryosu için farklı örnek büyüklüklerindeki ortalama güç değerleri EK 1 de verilmiştir.

Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ($a=0.14$, $b=0.14$) Önerilen yöntem, BK, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Bununla birlikte AO'nun büyük yani c' katsayısının ve etki büyüklüğünün küçük olduğu senaryoda ($c'=0.14$) diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır. AO=1.0 ve $c'=0$ senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemleri ile benzer, BK yönteminden daha yüksek performans göstermiştir. BK yöntemi AO'nun küçük yani c' katsayısının ve Küçük Orta Arası, Orta ve büyük etki büyüklüğü senaryolarında ($c' = (0.26, 0.39, 0.59)$) diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır.

ML yöntemi $a=0.14$ ve $b = (0.26, 0.39, 0.59)$ katsayılarının olduğu senaryolarda diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır.

Küçük Orta Arası- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ($a=0.26$, $b=0.26$) Önerilen yöntem c' katsayısının ve etki büyüklüğünün Sıfır, Küçük ve Küçük-Orta arası olduğu senaryolarda ($c' = (0.0, 0.14, 0.26)$) diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise AO'nun küçük yani c' katsayısının ve etki büyüklüğünün Orta ve Büyük ($c' = (0.39, 0.59)$) olduğu senaryolarda diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir.

Önerilen yöntem $a=0.26$ ve $b=0.39$ katsayılarının olduğu senaryolarda c' katsayısı azaldıkça yani AO arttıkça diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır. Bootstrap ve ML yöntemleri ise c' katsayısının büyük yani AO küçük olduğu senaryolarda benzer performans göstermiştir. Ek olarak $a=0.26$ ve $b=0.59$ katsayılarının olduğu senaryolarda ise Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemleri ile benzer performans gösterirken, BK, Bootstrap ve ML yöntemlerinden daha büyük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır. ML yöntemi AO=1.0 ve $c'=0$ senaryosunda diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir.

Orta-Orta etki büyüklüğü ($a=0.39$, $b=0.39$), ($a=0.39$, $b=0.59$) ve büyük etki büyüklüğü ($a=0.59$, $b=0.59$) senaryolarında Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüğünde %80 güce ulaşmıştır.

Genel olarak Sobel ve Aroian yöntemleri benzer ve diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir. BK yöntemi ise özellikle $AO=1.0$ ve $c'=0$ senaryolarında diğer yöntemlere göre %80 güce ulaşabilmesi için daha büyük örnek büyüklüklerine ihtiyaç duymaktadır. Yaptığımız çalışma ve Fritz ve ark. (2007) yaptıkları çalışma incelendiğinde BK ve Sobel yöntemlerinin %80 güce ulaşabilmesi için gerekli örnek büyüklüklerinin benzer olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.21. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri

f^2	Fritz $n_{(\%80 \text{ Güce})}$		Regresyon Katsayıları			AO	Benzetim sonuçlarına göre yöntemlerin %80 güce ulaşmak için ihtiyaç duyduğu örnek büyüklükleri					
	n_{Sobel}	n_{BK}	a	b	c'		Önerilen Yöntem	BK	Sobel	Aroian	Bootstrap	ML
Küçük-Küçük	667	530	0.14	0.14	0.59	0.03	450	450	650	650	450	450
		531			0.39	0.05	450	450	650	650	450	450
		550			0.26	0.07	450	450	650	650	450	450
		562			0.14	0.12	450	550	650	650	550	550
		20886			0.0	1.0	5000	20000	5000	5000	5000	5000
Küçük-Küçük Orta Arası	450	404	0.14	0.26	0.59	0.06	450	450	450	450	350	350
		403			0.39	0.09	450	450	450	450	350	350
		400			0.26	0.12	450	450	450	450	350	350
		445			0.14	0.21	450	-	450	450	450	450
		6323			0.0	1.0	450	6450	450	450	450	450
Küçük-Orta	422	402	0.14	0.39	0.59	0.08	350	350	350	350	350	350
		402			0.39	0.12	350	350	350	350	350	350
		425			0.26	0.17	350	350	350	350	350	350
		427			0.14	0.28	350	350	350	350	350	350
		3039			0.0	1.0	400	3000	400	400	400	400
Küçük-Büyük	412	403	0.14	0.59	0.59	0.12	450	450	450	450	450	350
		403			0.39	0.17	450	450	450	450	450	350
		410			0.26	0.24	450	450	450	450	450	350
		414			0.14	0.37	450	-	450	450	450	350
		1561			0.0	1.0	400	1300	400	400	400	400
Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası	196	158	0.26	0.26	0.59	0.10	150	150	250	250	200	200
		158			0.39	0.15	150	150	250	250	200	200
		200			0.26	0.21	150	200	250	250	200	200
		224			0.14	0.33	150	-	250	250	200	200
		1830			0.0	1.0	600	1800	600	600	600	600
Küçük Orta Arası-Orta	144	124	0.26	0.39	0.59	0.15	120	120	150	150	120	120
		124			0.39	0.21	120	120	150	150	120	120
		150			0.26	0.28	120	150	150	150	150	150
		179			0.14	0.42	120	-	150	150	150	150
		883			0.0	1.0	330	885	330	330	330	330
Küçük Orta Arası-Büyük	127	120	0.26	0.59	0.59	0.21	130	110	130	130	110	110
		119			0.39	0.28	130	110	130	130	110	110
		140			0.26	0.37	130	150	130	130	110	110
		153			0.14	0.52	110	-	130	130	110	110
		445			0.0	1.0	130	450	130	130	130	130

Çizelge 4.21. Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri (devamı)

f^2	Fritz $n(\%80 \text{ Güc})$		Regresyon Katsayıları			AO	Benzetim sonuçlarına göre yöntemlerin %80 güce ulaşmak için ihtiyaç duyduğu örnek büyüklükleri					
	n_{Sobel}	n_{BK}	a	b	c'		Önerilen yöntem	BK	Sobel	Aroian	Bootstrap	ML
Orta-Orta	90	74	0.39	0.39	0.59	0.20	100	75	100	100	100	100
		75			0.39	0.28	100	100	100	100	100	100
		100			0.26	0.37	100	150	100	100	100	100
		118			0.14	0.52	100	-	100	100	100	100
		397			0.0	1.0	190	390	190	190	190	190
Orta-Büyük	66	58	0.39	0.59	0.59	0.28	60	60	65	70	60	60
		59			0.39	0.37	55	75	65	70	60	60
		60			0.26	0.47	60	-	65	65	60	60
		88			0.14	0.62	60	-	65	65	60	60
		204			0.0	1.0	100	-	100	100	100	100
Büyük-Büyük	42	36	0.59	0.59	0.59	0.37	30	45	40	40	35	35
		38			0.39	0.47	30	-	40	40	35	35
		50			0.26	0.57	30	-	40	45	40	40
		92			0.0	1.0	75	-	85	85	85	85

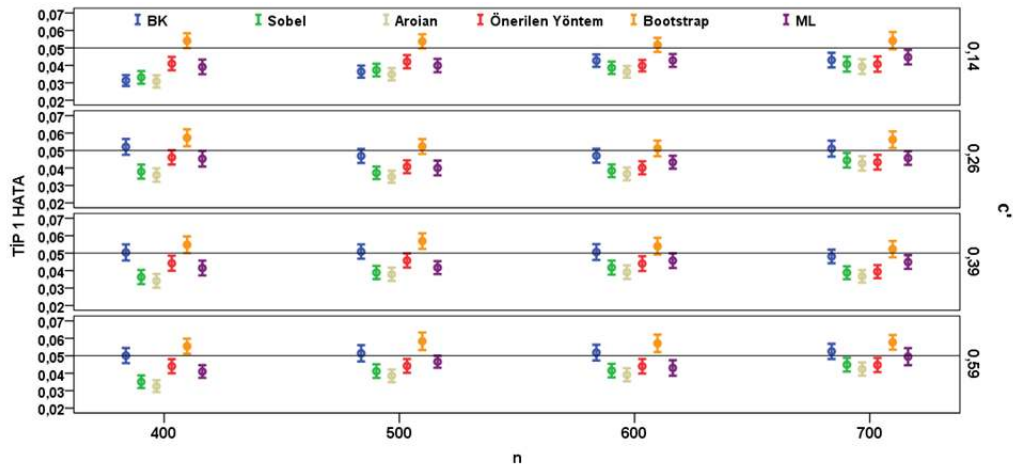
(-)%80 güce ulaşamayan senaryoyu göstermektedir.

n_{BK} , n_{Sobel} : Fritz ve ark. yaptıkları çalışmada %80 güç için örnek büyüklüklerini göstermektedir.

4.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Elde Edilen Bulgular (Tip 1 hata)

4.2.1. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük- Sıfır Etki ($a=0.14$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 400, 500, 600, 700 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 16'da verilmiştir.

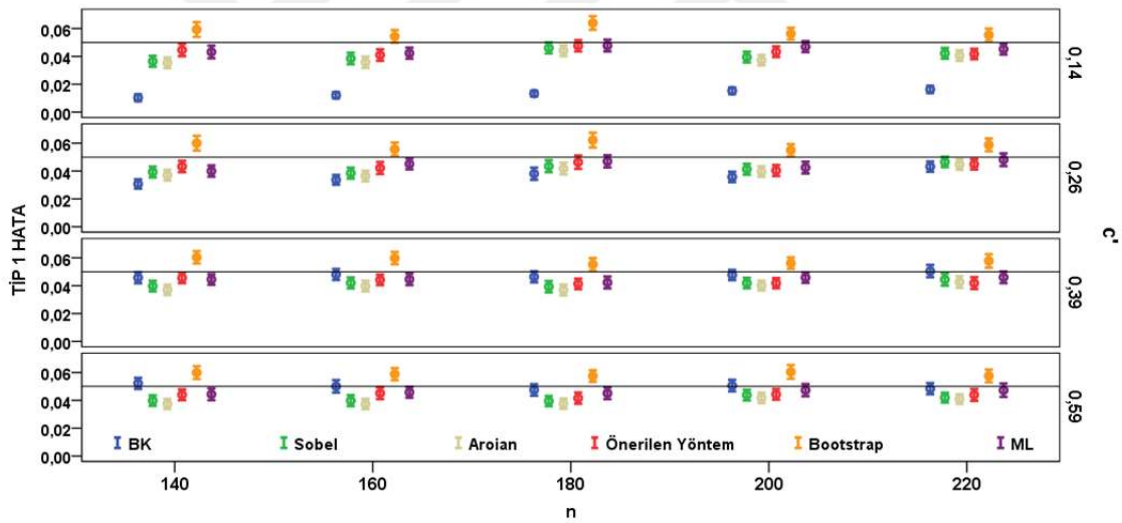


Şekil 4.11. Küçük- Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 16’da BK, Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c'=0.14$ ve $n=(400, 500, 600, 700)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5 oranında olduğu gözlenmiştir. Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c'=(0.26, 0.39, 0.59)$ $n=(400, 500, 600, 700)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer olduğu gözlenmiştir. BK ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5’in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

4.2.2. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Sıfır Etki ($a=0.26$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 140, 160, 180, 200, 220 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 17’de verilmiştir.



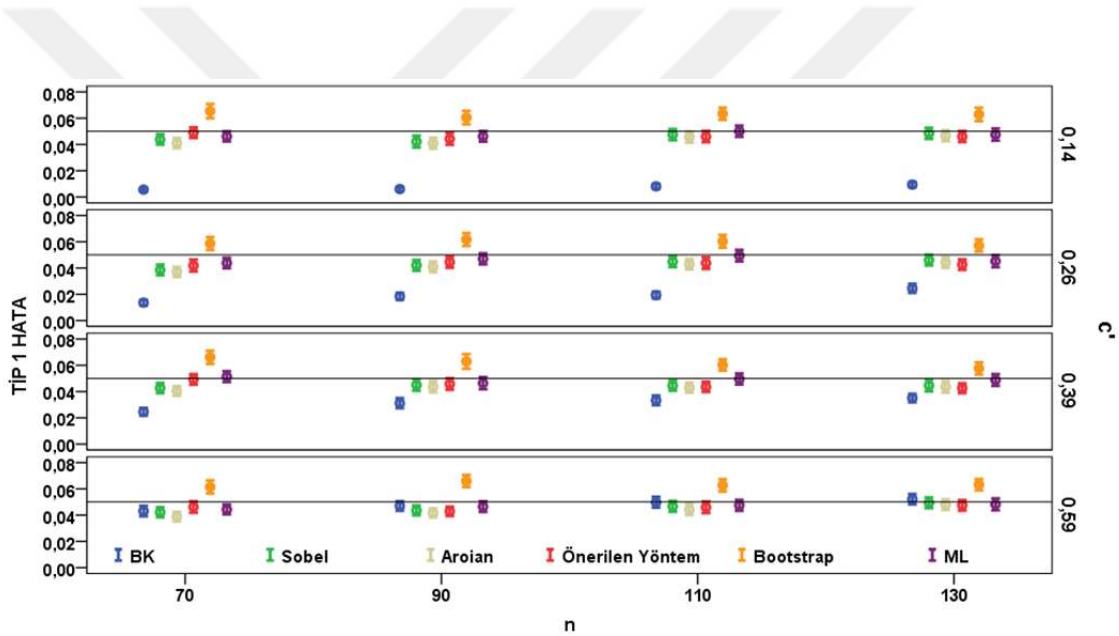
Şekil 4.12. Küçük Orta Arası-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 17’de Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c'=0.14$, $n=(140, 160, 180, 200, 220)$ senaryoları için Tip 1 hata oranlarının %5’e yakın olduğu, BK yönteminin %5 in altında olduğu gözlenmiştir. BK, Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c'=(0.26, 0.39)$ ve $n=(140, 180, 200, 220)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının %5’in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranı

%5'in üzerindedir. Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c' = 0.59$ ve $n = (140, 160, 180, 200, 220)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. BK ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata oranlarının %5'e yakın olduğu gözlenmiştir.

4.2.3. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Orta- Sıfır Etki ($a=0.39$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Orta-Sıfır etki, örnek büyüklüğü 70, 90, 110, 130 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 18'de verilmiştir.



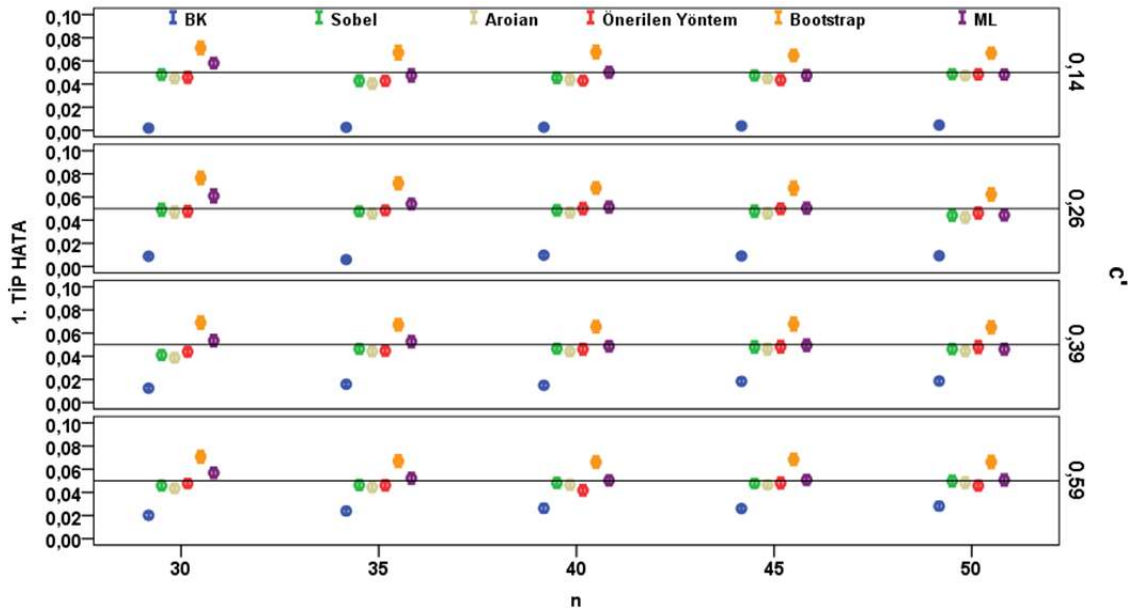
Şekil 4.13. Orta-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 18'de Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c' = (0.14, 0.26)$ ve $n = (70, 90, 110, 130)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının %5'e yakın olduğu gözlenmiştir. BK yönteminin Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranları %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin $c' = (0.39, 0.59)$ ve $n = (70, 90, 110, 130)$

olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının %5' e yakın olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranları %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

4.2.4. Bağımlı Değişkenin Sürekli Olduğu Durumda Büyük- Sıfır Etki ($a=0.59$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Büyük- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 30, 35, 40, 45, 50 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 4.14. Büyük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 19'da Sobel, Aroian, Önerilen yöntem ve ML yöntemlerinin Tip 1 hata oranlarının tüm senaryolarda %5' e yakın olduğu gözlenmiştir. BK yönteminin Tip 1 hata oranları %5'in altındadır. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranları %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

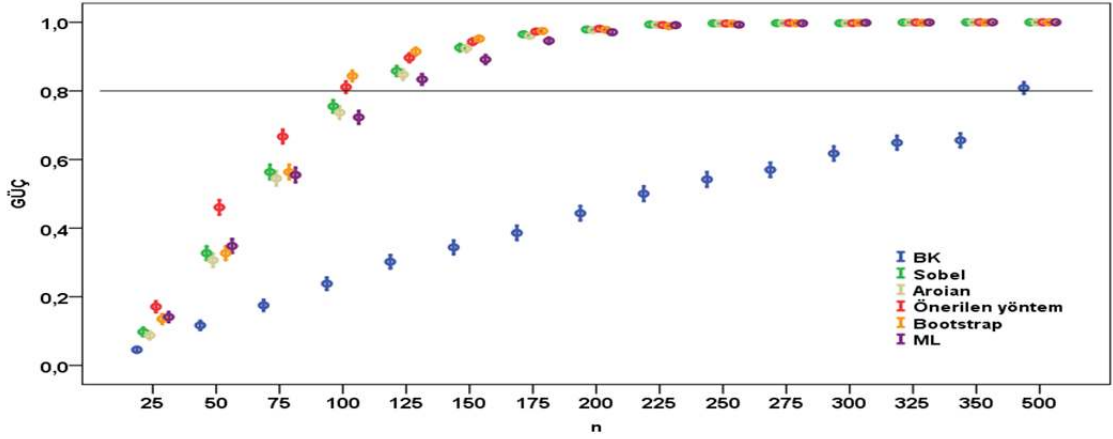
4.3. NHANES 1999-2020 Veri Seti Uygulamasından Elde Edilen Bulgular

Farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 25 ve Şekil 20’de verilmiştir.

Çizelge 25’te Sobel, Aroian ve ML yöntemleri n=125, BK yöntemi n=500 senaryosunda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemi n=100 %80 güce ulaşmıştır. Bootstrap yönteminin güç değeri önerilen yöntemden daha yüksektir. Ancak bootstrap yönteminin tip 1 hata oranının yüksek olduğu da gözönüne alınmalıdır.

Çizelge 4.22. NHANES 1999-2020 verisi için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri

		Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$
Örnek Büyüklüğü	25	0.171±0.377	0.046±0.208	0.098±0.297	0.087±0.283	0.135±0.342	0.141±0.348
	50	0.461±0.499	0.117±0.321	0.327±0.469	0.307±0.461	0.457±0.498	0.348±0.476
	75	0.667±0.471	0.175±0.380	0.564±0.496	0.545±0.498	0.680±0.467	0.555±0.497
	100	0.811±0.392	0.238±0.426	0.755±0.430	0.737±0.440	0.844±0.363	0.723±0.448
	125	0.896±0.305	0.302±0.459	0.858±0.349	0.848±0.360	0.915±0.280	0.833±0.373
	150	0.944±0.231	0.344±0.475	0.926±0.262	0.924±0.265	0.952±0.214	0.891±0.311
	175	0.973±0.162	0.386±0.487	0.965±0.184	0.961±0.195	0.975±0.158	0.946±0.226
	200	0.981±0.137	0.444±0.497	0.979±0.143	0.977±0.148	0.978±0.147	0.971±0.168
	225	0.992±0.089	0.501±0.500	0.994±0.080	0.993±0.083	0.989±0.107	0.991±0.092
	250	0.997±0.059	0.542±0.498	0.997±0.055	0.997±0.059	0.996±0.063	0.993±0.083
	275	0.998±0.045	0.570±0.495	0.998±0.050	0.998±0.050	0.998±0.050	0.997±0.055
	300	0.998±0.050	0.618±0.486	0.998±0.050	0.998±0.050	0.999±0.039	0.999±0.039
	325	1.000±0.022	0.649±0.477	1.000±0.022	1.000±0.022	0.999±0.039	1.000±0.022
	350	1.000±0.000	0.656±0.475	1.000±0.000	1.000±0.000	0.999±0.032	1.000±0.000
	500	1.000±0.000	0.809±0.394	1.000±0.000	1.000±0.000	1.000±0.000	1.000±0.000



Şekil 4.15. NHANES 1999-2020 verisi için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 20’de Önerilen yöntem $n = (25, 50, 75)$ senaryolarında diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Örnek büyüklüğü arttığında ise Bootstrap yöntemi ile benzer performans göstermiştir. BK yöntemi ise diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir.

4.4 Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olduğu Senaryolar için Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde elde edilen bulgular bağımlı değişkenin ikili, bağımsız ve aracı değişkenlerin sürekli olduğu durum için elde edilmiştir. McGuigan ve Langholtz tarafından önerilen ML yöntemi bağımlı değişkenin ikili yapıda olduğu durumlarda kullanılması önerilmediği için bulgulara dahil edilmemiştir.

4.4.1. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük-Küçük Etki ($a=0.14$, $b=0.14$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda, farklı AO ve örnek büyüklüğü 350, 550, 750, 950, 1100 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 26, Çizelge 27 ve Şekil 21’de verilmiştir.

Çizelge 26’da AO= (0.03, 0.05) ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri n=1100 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır.

Çizelge 4.23. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.03, 0.05) için güç değerleri

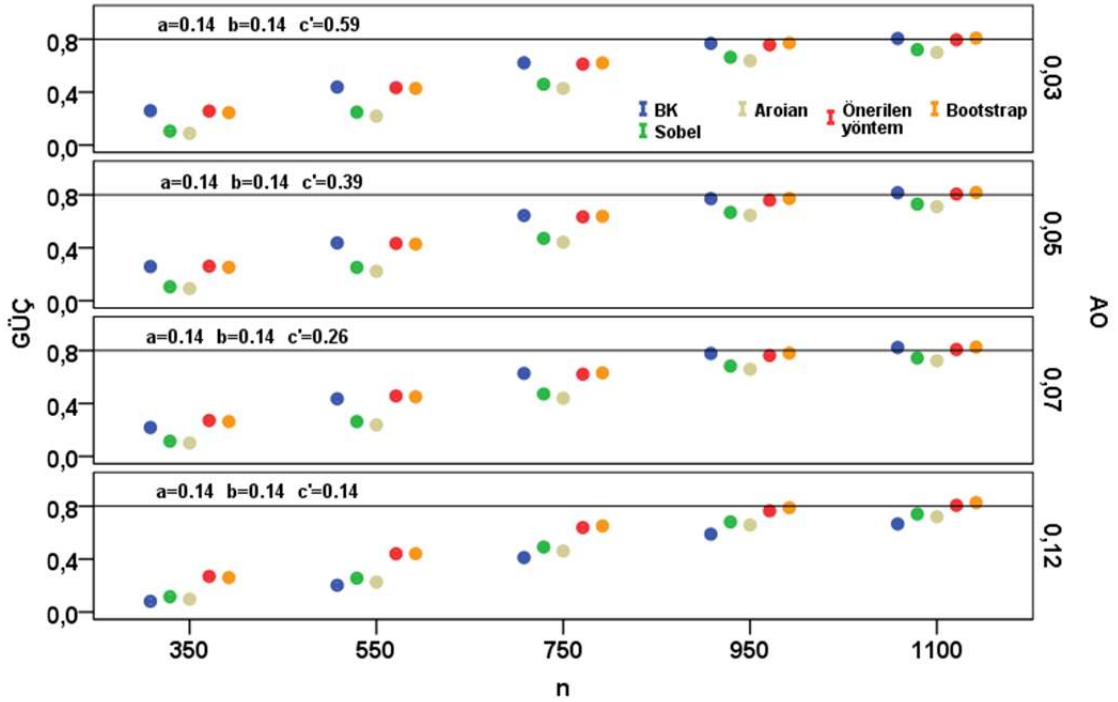
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.03 a=0.14 b=0.14 c'=0.59	350	0.257±0.043	0.259±0.043	0.105±0.028	0.089±0.029	0.245±0.041
	550	0.434±0.050	0.439±0.051	0.249±0.043	0.219±0.043	0.428±0.050
	750	0.612±0.049	0.621±0.050	0.460±0.052	0.428±0.050	0.621±0.052
	950	0.758±0.046	0.769±0.043	0.664±0.045	0.637±0.047	0.772±0.041
	1100	0.795±0.041	0.807±0.038	0.721±0.044	0.700±0.046	0.808±0.038
AO=0.05 a=0.14 b=0.14 c'=0.39	350	0.261±0.042	0.258±0.041	0.105±0.034	0.092±0.030	0.252±0.041
	550	0.432±0.048	0.436±0.048	0.252±0.043	0.222±0.039	0.428±0.048
	750	0.634±0.046	0.644±0.046	0.471±0.047	0.443±0.044	0.638±0.048
	950	0.759±0.041	0.771±0.041	0.667±0.047	0.646±0.046	0.772±0.039
	1100	0.806±0.039	0.816±0.038	0.731±0.044	0.711±0.047	0.817±0.038

Çizelge 27’de AO=0.07 ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans gösterirken, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem. BK ve Bootstrap yöntemleri n=1100 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.12 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri n=1100 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, BK, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır.

Çizelge 4.24. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.07, 0.12) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.07 a=0.14 b=0.14 c'=0.26	350	0.271±0.049	0.218±0.045	0.114±0.036	0.102±0.035	0.263±0.045
	550	0.456±0.048	0.435±0.048	0.264±0.040	0.237±0.036	0.451±0.046
	750	0.621±0.053	0.627±0.049	0.471±0.053	0.439±0.051	0.631±0.047
	950	0.763±0.047	0.778±0.045	0.682±0.052	0.658±0.053	0.780±0.045
	1100	0.808±0.040	0.823±0.038	0.743±0.041	0.724±0.042	0.826±0.036
AO=0.12 a=0.14 b=0.14 c'=0.14	350	0.269±0.039	0.081±0.030	0.116±0.029	0.097±0.029	0.260±0.039
	550	0.441±0.050	0.202±0.037	0.256±0.041	0.226±0.041	0.441±0.053
	750	0.639±0.047	0.412±0.051	0.491±0.047	0.461±0.048	0.650±0.048
	950	0.765±0.042	0.589±0.046	0.681±0.048	0.658±0.048	0.788±0.041
	1100	0.806±0.038	0.666±0.050	0.741±0.043	0.720±0.046	0.827±0.038



Şekil 4.16. Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 21’de $AO = (0.03, 0.05, 0.07)$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri $n=1100$ senaryolarında %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır.

$AO=0.12$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri $n=1100$ senaryosunda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.4.2. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük- Küçük Orta Arası Etki ($a=0.14$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda, farklı AO ve örnek büyüklüğü 150, 250, 350, 450, 500 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 28, Çizelge 29 ve Şekil 22’de verilmiştir.

Çizelge 28’de $AO = (0.06, 0.09)$ ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri $n=500$ olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.25. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.06, 0.09) için güç değerleri

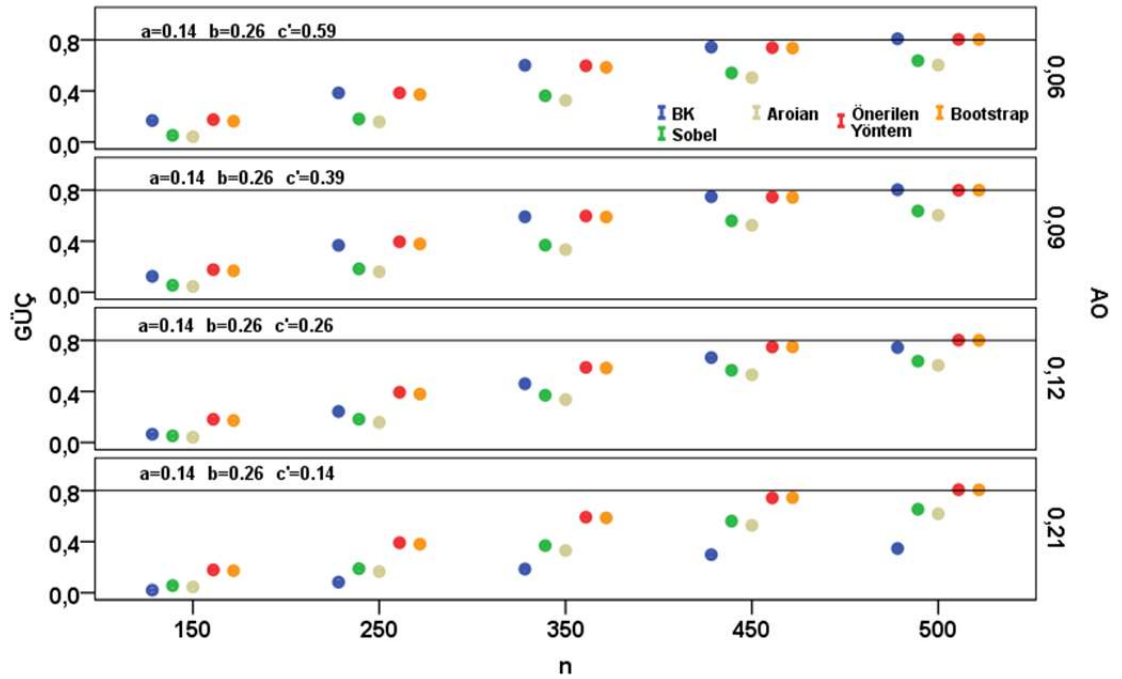
	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.06 a=0.14 b=0.26 c'=0.59	150	0.175±0.037	0.169±0.035	0.052±0.022	0.041±0.019	0.163±0.038
	250	0.385±0.052	0.385±0.052	0.181±0.037	0.158±0.037	0.372±0.050
	350	0.597±0.052	0.601±0.051	0.362±0.048	0.326±0.049	0.585±0.048
	450	0.739±0.047	0.744±0.048	0.541±0.051	0.504±0.050	0.736±0.047
	500	0.804±0.037	0.808±0.037	0.637±0.050	0.602±0.050	0.803±0.040
AO=0.09 a=0.14 b=0.26 c'=0.39	150	0.177±0.036	0.125±0.032	0.055±0.021	0.045±0.020	0.168±0.037
	250	0.396±0.057	0.367±0.054	0.183±0.043	0.160±0.040	0.379±0.057
	350	0.597±0.057	0.591±0.056	0.369±0.052	0.334±0.051	0.589±0.058
	450	0.746±0.048	0.749±0.049	0.560±0.051	0.525±0.050	0.743±0.048
	500	0.800±0.036	0.803±0.035	0.637±0.042	0.603±0.041	0.800±0.036

Çizelge 29’da AO=0.12 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri n=500 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

AO=0.21 ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri n=500 olduğu senaryoda %80 güce ulaşırken, BK, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.26. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.12, 0.21) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.12 a=0.14 b=0.26 c'=0.26	150	0.182±0.039	0.065±0.022	0.052±0.023	0.042±0.021	0.172±0.039
	250	0.393±0.046	0.243±0.045	0.182±0.041	0.157±0.037	0.380±0.046
	350	0.588±0.050	0.461±0.050	0.371±0.048	0.336±0.048	0.584±0.052
	450	0.748±0.044	0.665±0.044	0.566±0.048	0.531±0.052	0.749±0.042
	500	0.801±0.038	0.744±0.040	0.637±0.052	0.604±0.054	0.800±0.042
AO=0.21 a=0.14 b=0.26 c'=0.14	150	0.179±0.043	0.021±0.015	0.056±0.025	0.046±0.024	0.173±0.043
	250	0.392±0.045	0.084±0.027	0.188±0.038	0.166±0.036	0.381±0.043
	350	0.592±0.047	0.186±0.035	0.369±0.050	0.330±0.050	0.586±0.050
	450	0.743±0.045	0.298±0.045	0.562±0.049	0.528±0.049	0.745±0.041
	500	0.807±0.039	0.347±0.048	0.654±0.045	0.619±0.048	0.806±0.040



Şekil 4.17. Küçük- Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 22’de $AO = (0.06, 0.09)$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri $n=500$ senaryolarında %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

$AO = 0.12$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri $n=500$ senaryosunda %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi $n=500$ senaryosunda %80 güce yaklaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

$AO = 0.21$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri $n=500$ senaryosunda %80 güce ulaşmıştır. BK, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşamamıştır.

4.4.3. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası Etki ($a=0.26$, $b=0.26$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda, farklı AO ve örnek büyüklüğü 100, 200, 300, 400, 500 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 30, Çizelge 31 ve Şekil 23’te verilmiştir.

Çizelge 30’da $AO = (0.10, 0.15)$ ve $n = (100, 200)$ senaryolarında Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Örnek büyüklüğü arttıkça Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri $n=400$ senaryolarında %80 güce ulaşırken, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinin %80 güce yaklaştığı gözlenmiştir.

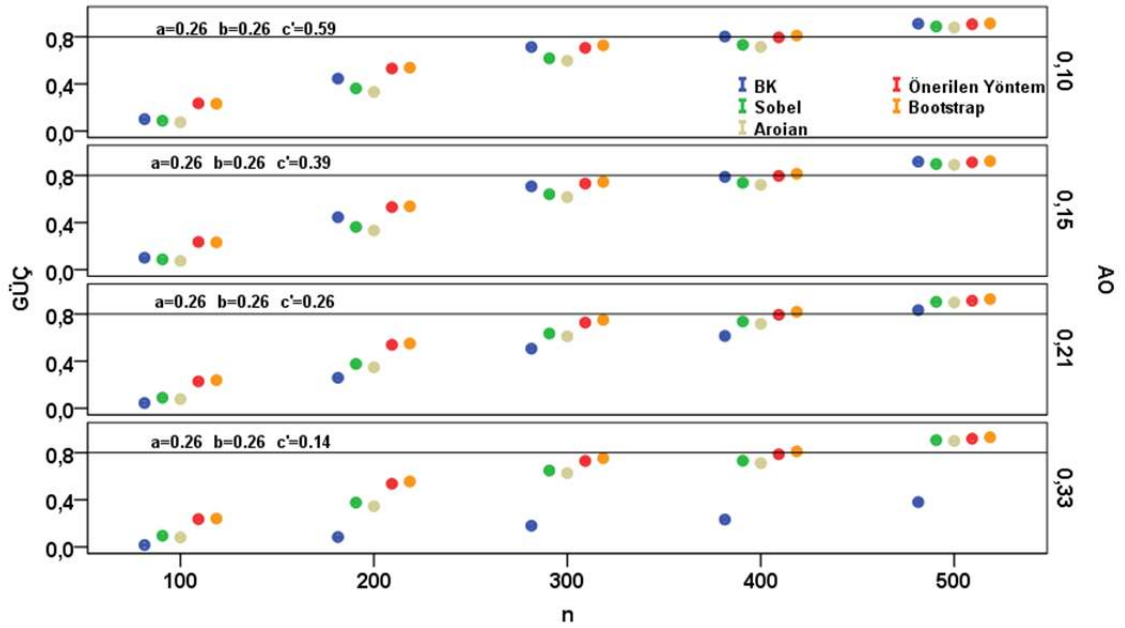
Çizelge 4.27. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.10, 0.15) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.10 a=0.26 b=0.26 c'=0.59	100	0.235±0.042	0.101±0.031	0.087±0.028	0.074±0.027	0.232±0.047
	200	0.531±0.048	0.445±0.048	0.362±0.044	0.332±0.042	0.538±0.045
	300	0.706±0.038	0.713±0.038	0.617±0.042	0.596±0.043	0.727±0.04
	400	0.800±0.039	0.802±0.040	0.732±0.041	0.714±0.042	0.810±0.040
	500	0.907±0.026	0.911±0.026	0.887±0.032	0.880±0.033	0.914±0.026
AO=0.15 a=0.26 b=0.26 c'=0.39	100	0.235±0.042	0.101±0.031	0.087±0.028	0.074±0.027	0.232±0.047
	200	0.531±0.048	0.445±0.048	0.362±0.044	0.332±0.042	0.538±0.045
	300	0.731±0.042	0.707±0.047	0.640±0.049	0.616±0.048	0.745±0.045
	400	0.802±0.044	0.788±0.044	0.738±0.048	0.720±0.050	0.814±0.043
	500	0.911±0.032	0.917±0.031	0.897±0.034	0.890±0.033	0.922±0.029

Çizelge 31’de AO= (0.21, 0.33) ve tüm örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha düşük performans göstermiştir. AO=0.21 ve n=400 senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi ise n=500 olduğu senaryoda %80 güce ulaşmıştır. AO=0.33 ve n=400 senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.28. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.21, 0.33) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.21 a=0.26 b=0.26 c'=0.26	100	0.228±0.039	0.045±0.021	0.09±0.029	0.078±0.026	0.239±0.039
	200	0.539±0.051	0.259±0.043	0.376±0.051	0.348±0.050	0.550±0.050
	300	0.727±0.046	0.507±0.045	0.635±0.051	0.611±0.048	0.750±0.043
	400	0.794±0.040	0.614±0.044	0.736±0.046	0.717±0.051	0.819±0.038
	500	0.913±0.030	0.833±0.038	0.903±0.032	0.898±0.033	0.928±0.027
AO=0.33 a=0.26 b=0.26 c'=0.14	100	0.235±0.042	0.016±0.013	0.095±0.032	0.080±0.029	0.241±0.039
	200	0.536±0.049	0.084±0.030	0.376±0.047	0.345±0.045	0.555±0.050
	300	0.730±0.044	0.180±0.043	0.648±0.050	0.626±0.050	0.753±0.041
	400	0.787±0.041	0.232±0.041	0.731±0.042	0.711±0.044	0.810±0.038
	500	0.918±0.026	0.380±0.050	0.906±0.031	0.899±0.032	0.930±0.025



Şekil 4.18. Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 23'te AO= (0.10, 0.15) ve n= (100, 200) senaryolarında Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Örnek büyüklüğü arttıkça Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap

yöntemleri ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, BK ve Bootstrap yöntemleri $n=400$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce yaklaşmıştır.

$AO = (0.21, 0.33)$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. $AO = 0.21$ ve $n=400$ senaryosu için Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemi %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise $n=500$ senaryosunda %80 güce ulaşmıştır. $AO = 0.33$ ve $n=400$ senaryosu için Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemi %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

4.4.4. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Orta-Orta Etki ($a=0.39$, $b=0.39$) için Elde Edilen Bulgular

Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda, farklı AO ve örnek büyüklüğü 60, 90, 120, 150, 180 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 32, Çizelge 33 ve Şekil 24'te verilmiştir.

Çizelge 32'de $AO = 0.20$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve BK yöntemleri $n=150$, Bootstrap, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=180$ senaryolarında %80 güce yaklaşmışlardır.

$AO=0.28$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=150$, Bootstrap, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=180$ senaryolarında %80 güce yaklaşmışlardır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

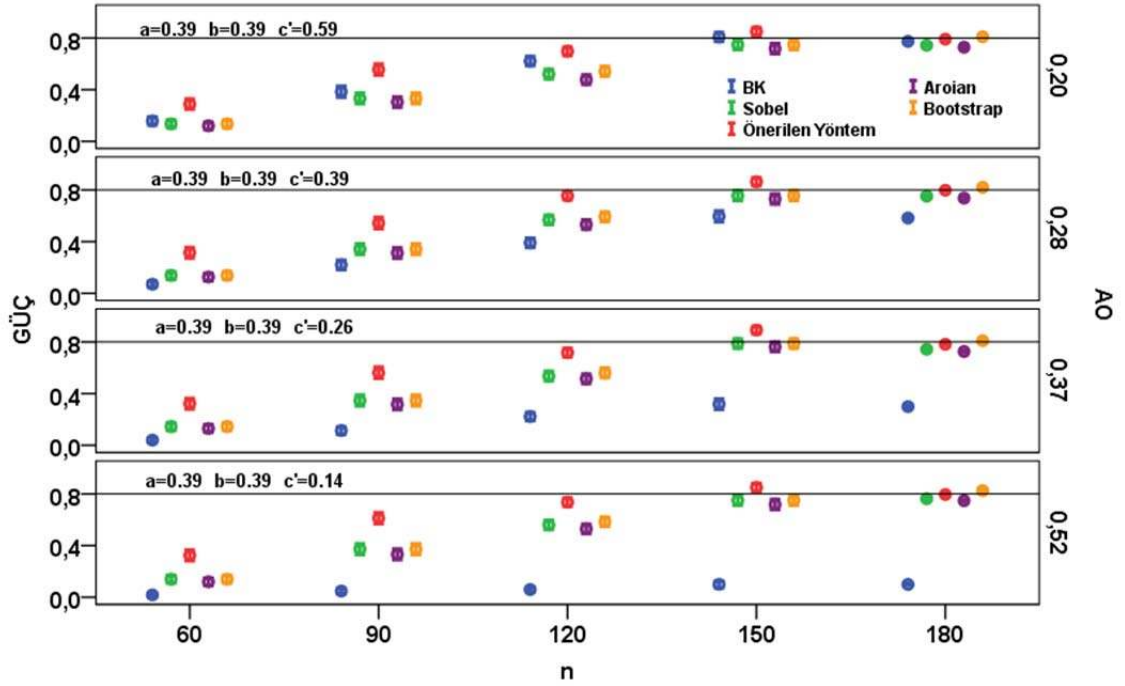
Çizelge 4.29. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.20, 0.28) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.20 a=0.39 b=0.39 c'=0.59	60	0.288±0.034	0.158±0.035	0.136±0.034	0.120±0.032	0.136±0.034
	90	0.556±0.049	0.384±0.048	0.332±0.047	0.304±0.046	0.332±0.047
	120	0.716±0.045	0.644±0.047	0.526±0.050	0.480±0.050	0.526±0.050
	150	0.808±0.041	0.801±0.040	0.743±0.045	0.718±0.045	0.748±0.435
	180	0.850±0.035	0.808±0.039	0.748±0.043	0.729±0.046	0.809±0.040
AO=0.28 a=0.39 b=0.39 c'=0.39	60	0.314±0.046	0.070±0.025	0.138±0.034	0.126±0.033	0.138±0.034
	90	0.544±0.049	0.220±0.041	0.342±0.047	0.312±0.046	0.342±0.047
	120	0.780±0.041	0.406±0.049	0.580±0.049	0.542±0.049	0.580±0.049
	150	0.798±0.042	0.583±0.051	0.752±0.049	0.730±0.044	0.756±0.043
	180	0.864±0.034	0.596±0.049	0.756±0.043	0.737±0.051	0.821±0.039

Çizelge 33'te AO= (0.37, 0.52) ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=150, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri n=180 senaryolarında %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.30. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.52) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.37 a=0.39 b=0.39 c'=0.26	60	0.322±0.038	0.040±0.020	0.144±0.035	0.130±0.033	0.144±0.033
	90	0.562±0.049	0.114±0.031	0.346±0.047	0.316±0.046	0.346±0.047
	120	0.736±0.044	0.238±0.042	0.542±0.049	0.522±0.050	0.542±0.049
	150	0.790±0.031	0.299±0.046	0.743±0.045	0.726±0.044	0.788±0.040
	180	0.795±0.031	0.318±0.046	0.788±0.040	0.762±0.042	0.810±0.035
AO=0.52 a=0.39 b=0.39 c'=0.14	60	0.324±0.041	0.018±0.013	0.140±0.034	0.120±0.033	0.140±0.030
	90	0.612±0.048	0.048±0.021	0.372±0.048	0.332±0.047	0.372±0.048
	120	0.760±0.042	0.062±0.024	0.572±0.049	0.540±0.049	0.572±0.049
	150	0.795±0.044	0.099±0.031	0.750±0.043	0.718±0.045	0.750±0.043
	180	0.850±0.035	0.100±0.003	0.763±0.041	0.747±0.041	0.826±0.040



Şekil 4.19. Orta-Orta etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 24'te $AO = 0.20$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve BK yöntemleri $n=150$, Bootstrap, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=180$ senaryolarında %80 güce yaklaşmışlardır. $AO = (0.28, 0.37, 0.52)$ ve tüm örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=120$, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri $n=150$ senaryolarında %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

4.4.5. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Büyük-Büyük Etki ($a=0.59$, $b=0.59$) için Elde Edilen Bulgular

Büyük-Büyük etki büyüklüğünde bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda, farklı AO ve örnek büyüklüğü 25, 30, 35, 40, 45, 50 için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 34, Çizelge 35 ve Şekil 25'te verilmiştir.

Çizelge 34’te AO=0.37 ve n= (25, 30, 35, 40) senaryolarında Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n= (45, 50) senaryolarında Bootstrap yöntemi ile benzer performans gösterirken, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. BK yöntemi n=45 senaryosunda %80 güce ulaşırken, Sobel ve Aroian yöntemleri n=40 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır. Önerilen yöntem n=30, Bootstrap n=35 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır.

AO=0.47 ve n= (25, 30, 35, 40) senaryolarında Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile n= (45, 50) senaryolarında benzer performans gösterirken, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem n=30, Sobel ve Aroian yöntemleri n=40 senaryolarında %80 güce yaklaşmıştır, Bootstrap n=35 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

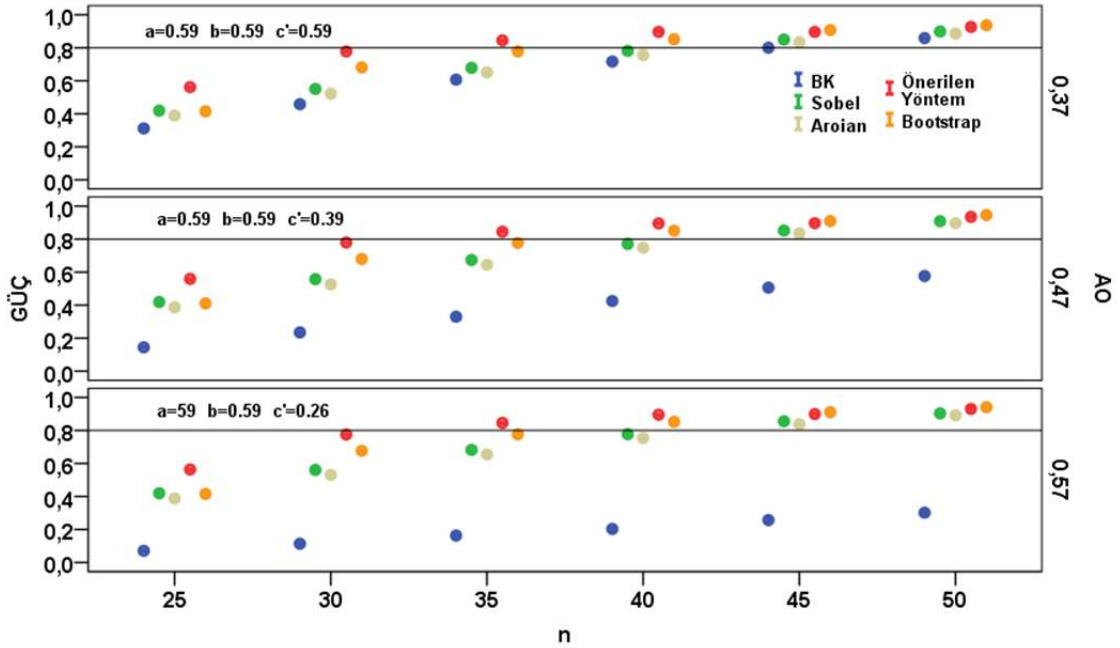
Çizelge 4.31. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.37, 0.47) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.37 a=0.59 b=0.59 c'=0.59	25	0.563±0.012	0.311±0.041	0.420±0.052	0.390±0.043	0.380±0.023
	30	0.783±0.012	0.464±0.051	0.550±0.052	0.523±0.052	0.655±0.022
	35	0.840±0.014	0.613±0.053	0.680±0.053	0.652±0.050	0.765±0.012
	40	0.902±0.014	0.723±0.045	0.780±0.045	0.766±0.053	0.830±0.010
	45	0.902±0.034	0.804±0.044	0.850±0.045	0.836±0.042	0.903±0.030
	50	0.932±0.024	0.868±0.033	0.900±0.034	0.894±0.030	0.933±0.022
	50	0.932±0.024	0.868±0.033	0.900±0.034	0.894±0.030	0.933±0.022
AO=0.47 a=0.59 b=0.59 c'=0.39	25	0.563±0.026	0.140±0.034	0.420±0.054	0.393±0.053	0.385±0.023
	30	0.783±0.015	0.230±0.055	0.563±0.063	0.533±0.060	0.655±0.015
	35	0.842±0.015	0.336±0.052	0.672±0.044	0.640±0.053	0.753±0.024
	40	0.900±0.015	0.426±0.051	0.772±0.043	0.753±0.044	0.833±0.013
	45	0.903±0.036	0.513±0.054	0.855±0.042	0.833±0.044	0.903±0.033
	50	0.930±0.023	0.582±0.054	0.914±0.032	0.900±0.030	0.940±0.026
	50	0.930±0.023	0.582±0.054	0.914±0.032	0.900±0.030	0.940±0.026

Çizelge 35’te AO=0.57 ve n= (25, 30, 35, 40) senaryolarında Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile n= (45, 50) senaryolarında benzer, BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinden daha yüksek performans göstermiştir. Sobel ve Aroian yöntemleri n=40 senaryosunda %80 güce yaklaşmıştır. Önerilen yöntem n=30, Bootstrap n=35 senaryolarında %80 güce yaklaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.32. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı örnek büyüklükleri ve AO= (0.57) için güç değerleri

	n	Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
AO=0.57 a=0.59 b=0.59 c'=0.26	25	0.563±0.014	0.070±0.032	0.424±0.052	0.390±0.053	0.384±0.013
	30	0.783±0.024	0.114±0.032	0.563±0.052	0.533±0.052	0.653±0.023
	35	0.855±0.012	0.163±0.043	0.682±0.054	0.654±0.052	0.754±0.010
	40	0.903±0.012	0.206±0.043	0.782±0.054	0.754±0.045	0.835±0.014
	45	0.903±0.035	0.265±0.055	0.865±0.043	0.845±0.045	0.911±0.034
	50	0.932±0.033	0.305±0.050	0.903±0.032	0.895±0.031	0.944±0.032



Şekil 4.20. Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 25'te $AO = 0.37$ ve $n = (25, 30, 35, 40)$ olduğu senaryolarda Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. BK, Sobel ve Aroian yöntemlerinin güç değerlerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Önerilen yöntem $n=30$, Bootstrap $n=35$, BK, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=45$ senaryolarında %80 güce ulaşmıştır. $AO = (0.47, 0.57)$ ve $n = (25, 30, 35, 40, 45, 50)$ senaryolarında Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Önerilen yöntem $n=30$, Bootstrap $n=35$, Sobel ve Aroian yöntemleri $n=40$ senaryolarında %80 güce ulaşmıştır. BK yöntemi %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 36 Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, Bootstrap ve ML yöntemlerinin %80 güce ulaştıkları örnek büyüklüklerini göstermektedir. Senaryolar incelendiğinde bazı yöntemlerin aynı örnek büyüklüğünde %80 güce ulaştıkları görülmüştür. Bu durumda ortalama güç değeri büyük olan yöntem işaretlenmiştir. Bootstrap yönteminin 1.Tip hata oranının diğer yöntemlerden daha yüksek olması durumunda Bootsraptan sonra tercih edilen 2. yöntem italic olarak işaretlenmiştir. Yöntemlerin $c'=0$ senaryosu için farklı örnek büyüklüklerindeki ortalama güç değerleri EK 2 de verilmiştir.

Küçük-Küçük etki büyüklüğünde ($a=0.14$, $b=0.14$), Bootstrap yöntemi, diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. $AO=1.0$ ve $c'=0$ senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemi ile benzer performans göstermiştir.

Önerilen yöntem $a=0.14$ ve $b=0.26$ katsayılarının olduğu senaryolarda c' katsayısı azaldıkça yani AO arttıkça diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. BK yöntemi ise c' katsayısı arttıkça yani AO azaldıkça diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. $AO=1.0$ ve $c'=0$ senaryosunda Önerilen yöntem, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemleri ile benzer performans göstermiştir.

Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası etki büyüklüğünde ($a=0.26$, $b=0.26$) Bootstrap yöntemi diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. $AO=1.0$ ve $c'=0$ senaryosunda Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer performans göstermiştir.

Orta-Orta ve Büyük-Büyük etki büyüklüğünde ($a = (0.39, 0.59)$, $b = (0.39, 0.59)$) Önerilen yöntem, diğer yöntemlerden daha küçük örnek büyüklüklerinde %80 güce ulaşmıştır. $AO=1.0$ ve $c'=0$ senaryosunda Önerilen yöntem, Bootstrap yöntemi ile benzer performans göstermiştir.

Sobel ve Aroian yöntemleri $a=0.14$ ve $b=0.26$ senaryolarında %80 güce ulaşabilmesi için diğer yöntemlerden daha büyük örnek büyüklüklerine ihtiyaç duymaktadır. BK yönteminin ise küçük orta arası, orta ve büyük etki büyüklüklerinde, c' katsayısının azaldığı yani AO arttığı senaryolarda %80 güce ulaşabilmesi için diğer yöntemlerden daha büyük örnek büyüklüklerine ihtiyaç duymaktadır.

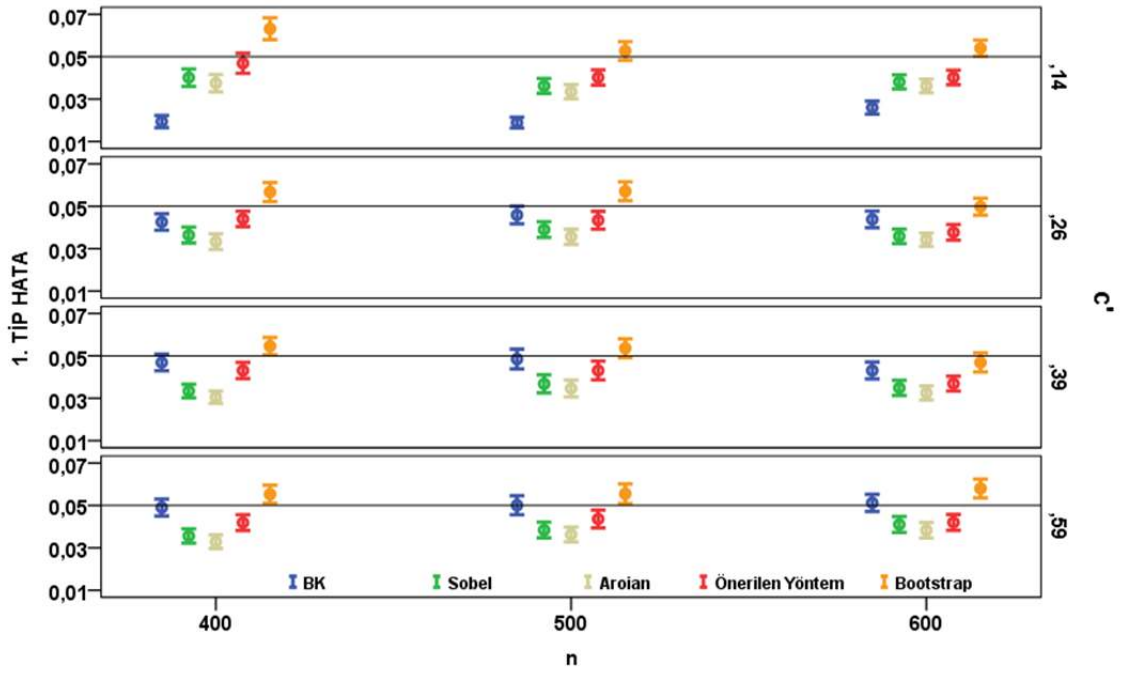
Çizelge 4.33. Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin farklı aracılık oranları için %80 güce ulaştığı örnek büyüklükleri

f^2	Regresyon katsayıları				Benzetim sonuçlarına göre yöntemlerin %80 güce ulaşmak için ihtiyaç duyduğu örnek büyüklükleri				
	a	b	c'	AO	Önerilen yöntem	BK	Sobel	Aroian	Bootstrap
Küçük-Küçük	0.14	0.14	0.59	0.03	1100	1100	1100	1100	1100
			0.39	0.05	1100	1100	1100	1100	1100
			0.26	0.07	1100	1100	1100	1100	1100
			0.14	0.12	1100	1100	1100	1100	1100
			0.0	1.0	750-800	-	850-900	850-900	750-800
Küçük-Küçük Orta Arası	0.14	0.26	0.59	0.06	500	500	-	-	500
			0.39	0.09	500	500	-	-	500
			0.26	0.12	500	500	-	-	500
			0.14	0.21	500	-	-	-	500
			0.0	1.0	5000	-	5000	5000	5000
Küçük Orta Arası-Küçük Orta Arası	0.26	0.26	0.59	0.10	400	400	400	400	400
			0.39	0.15	400	400	400	400	400
			0.26	0.21	400	500	400	400	400
			0.14	0.33	400	-	400	400	400
			0.0	1.0	600	-	600	600	600
Orta-Orta	0.39	0.39	0.59	0.20	150	150	180	180	180
			0.39	0.28	150	-	180	180	180
			0.26	0.37	150	-	180	180	180
			0.14	0.52	150	-	180	180	180
			0.0	1.0	190	-	190	190	190
Büyük-Büyük	0.59	0.59	0.59	0.37	30	45	40	40	40
			0.39	0.47	30	-	40	45	40
			0.26	0.57	30	-	40	40	35
			0.0	1.0	95	-	95	95	95

4.5. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Aracı Değişken Etkisinin Olmadığı Senaryolar için Elde Edilen Bulgular (Tip 1 hata)

4.5.1. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük- Sıfır Etki ($a=0.14$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 400, 500, 600 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 26'da verilmiştir.

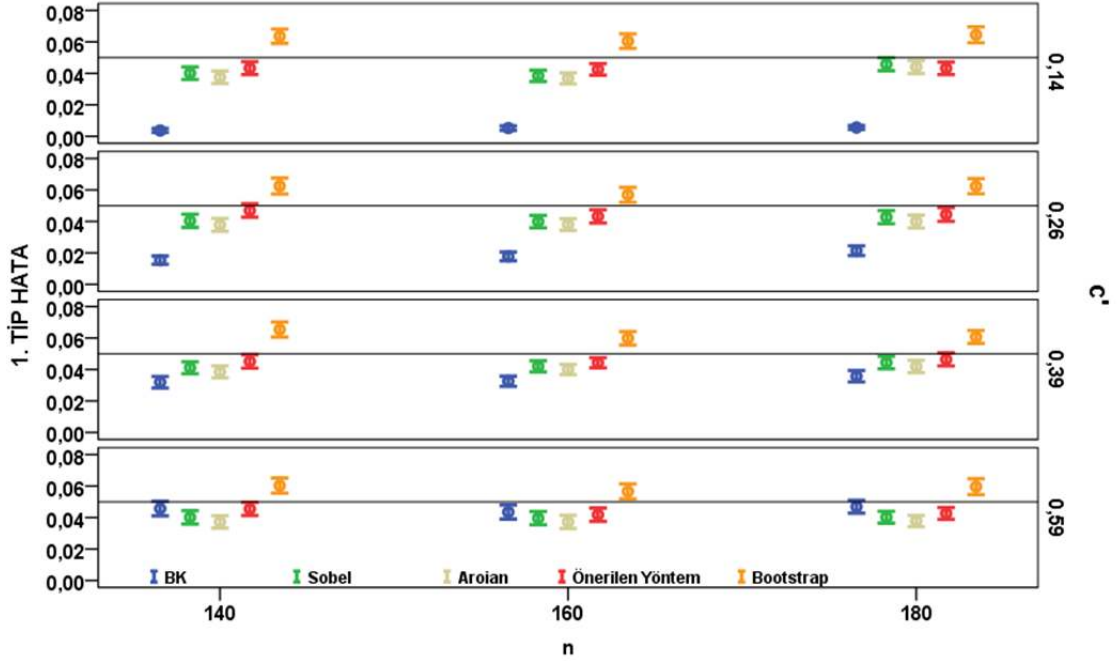


Şekil 4.21. Küçük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 26'da BK, Sobel, Önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=0.14$ ve $n=(400, 500, 600)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5 oranında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin ise Tip 1 hata oranının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. BK, Sobel, önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=(0.26, 0.39, 0.59)$ $n=(400, 500, 600)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranlarının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

4.5.2. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Küçük Orta Arası- Sıfır Etki ($a=0.26$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Küçük Orta Arası- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 140, 160, 180 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 27'de verilmiştir.

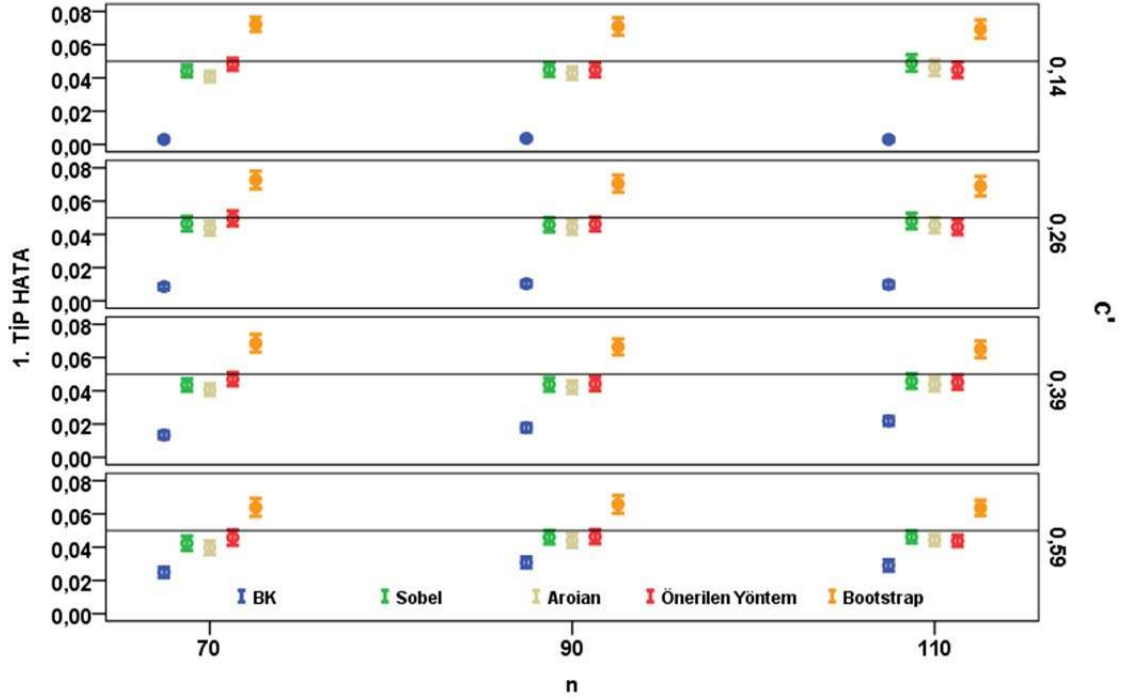


Şekil 4.22. Küçük Orta Arası-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 27'de BK, Sobel, Önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=0.14$ ve $n=(140, 160, 180)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5 oranında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin ise Tip 1 hata oranının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. BK, Sobel, önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=(0.26, 0.39, 0.59)$ $n=(400, 500, 600)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranlarının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

4.5.3. Bağımlı Değişkenin İkili Olduğu Durumda Orta- Sıfır Etki ($a=0.39$, $b=0$) için Elde Edilen Bulgular

Orta- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 70, 90, 110 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 28'de verilmiştir.

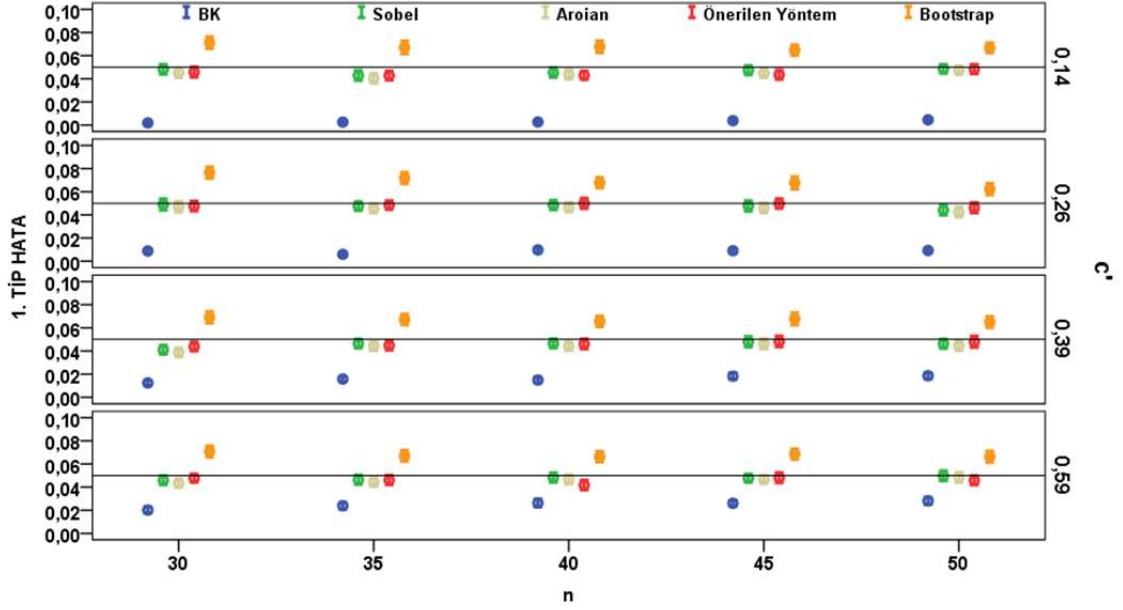


Şekil 4.23. Orta-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 28'de BK, Sobel, Önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=0.14$ ve $n= (70, 90, 110)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5 oranında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin ise Tip 1 hata oranının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. BK, Sobel, önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'= (0.26, 0.39, 0.59)$ $n= (70, 90, 110)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranlarının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

4.5.4. Bağımlı Değişkenin İkili olduğu Durumda Büyük- Sıfır etki ($a=0.59$, $b=0$) için elde edilen bulgular

Büyük- Sıfır etki, örnek büyüklüğü 30, 35, 40, 45, 50 ve farklı c' için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerleri Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 4.24. Büyük-Sıfır etki ve bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin Tip 1 hata değerlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 29'da BK, Sobel, Önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=0.14$ ve $n=(30, 40, 50)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve %5 oranında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin ise Tip 1 hata oranının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. BK, Sobel, önerilen yöntem ve Aroian yöntemlerinin $c'=(0.26, 0.39, 0.59)$ $n=(30, 40, 50)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranlarının benzer ve Tip 1 hata oranlarının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Bootstrap yönteminin Tip 1 hata oranlarının %5'in üzerinde olduğu gözlenmiştir.

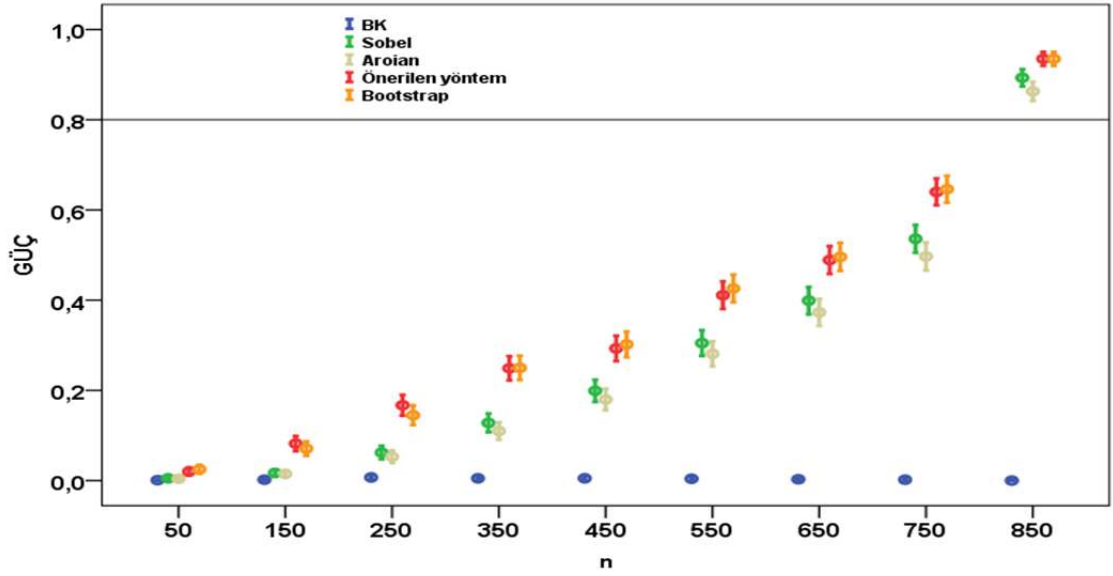
4.6. KNHANES V Veri Seti Uygulamasından Elde Edilen Bulgular

Farklı örnek büyüklükleri için Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri Çizelge 37 ve Şekil 30'da verilmiştir.

Çizelge 37'de Önerilen yöntem $n = (50, 150, 250)$ senaryolarında diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Sobel ve Aroian yöntemleri $n=850$, Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemlerinin $n=800-850$ olduğu senaryolarda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. Ancak bootstrap yönteminin tip 1 hata oranının yüksek olduğu da gözönüne alınmalıdır. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

Çizelge 4.34. KNHANES V veri seti için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin güç değerleri

		Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
Örnek Büyüklüğü	50	0.020±0.140	0.001±0.032	0.005±0.071	0.004±0.063	0.025±0.156
	150	0.082±0.275	0.002±0.045	0.017±0.129	0.015±0.122	0.071±0.257
	250	0.167±0.373	0.007±0.083	0.062±0.241	0.053±0.224	0.145±0.352
	350	0.249±0.433	0.005±0.071	0.128±0.334	0.110±0.313	0.250±0.433
	450	0.293±0.455	0.005±0.071	0.199±0.399	0.180±0.384	0.302±0.459
	550	0.411±0.492	0.004±0.063	0.305±0.461	0.281±0.450	0.426±0.495
	650	0.489±0.500	0.003±0.055	0.399±0.490	0.373±0.484	0.496±0.500
	750	0.640±0.480	0.002±0.045	0.536±0.499	0.497±0.500	0.646±0.478
	850	0.935±0.247	0.000±0.000	0.893±0.309	0.863±0.344	0.935±0.247



Şekil 4.25. KNHANES V veri seti için farklı örnek büyüklüklerinde Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian ve Bootstrap yöntemlerinin hata çubukları grafiği

Şekil 30'da Önerilen yöntem $n = (50, 150, 250)$ senaryolarında diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Örnek büyüklüğü arttıkça Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri benzer performans göstermiştir. Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemlerinin $n=800-850$, Sobel ve Aroian yöntemlerinin $n=850$ senaryolarında %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır.

5. TARTIŞMA

Literatürde, biyobelirteçlerin değerlendirilmesinde aracılık analizinin kullanımı son yıllarda yaygınlaşmıştır (49). Bu değerlendirme yapılırken sıklıkla BK ve Sobel yöntemleri tercih edilse de bu yöntemlerin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır.

Hayes (2013) BK yönteminin aracı değişken etkisini değerlendirirken daha yüksek Tip 1 ve Tip 2 hata yaptığını belirtmiştir (20). Preacher ve Hayes (2008) ve MacKinnon ve Fairchild (2009) toplam etki (c) istatistiksel olarak anlamlı olmasa da aracı değişken varlığından söz edilebileceğini belirtmişlerdir (22,29). Sobel testinde dolaylı etkinin (ab) dağılımının normal olduğu varsayılmaktadır. Ancak Mackinnon ve ark. (2002) normal dağılan iki değişkenin çarpımının (ab) sadece büyük örneklerde normal dağılabileceğini göstermişlerdir. Aynı zamanda Sobel testi olası korelasyon yapısını ihmal etmektedir. Bu sınırlılıklardan yola çıkarak bu tez çalışmasında BK ve Sobel yöntemlerine alternatif olabilecek bir yöntem geliştirilmiştir. Önerilen yöntem ile BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin farklı etki büyüklüğü, AO ve örnek büyüklüklerinde performansları, bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durumlar için değerlendirilmiştir.

Fritz ve ark. (2007) veri üretme senaryosu kullanılarak farklı etki büyüklüğü durumları ele alınmıştır (24). Burada Fritz ve ark. (2007) çalışmasından farklı olarak bağımlı değişkenin ikili olduğu durum da değerlendirilmiştir. BK ve Sobel yöntemlerinin yanı sıra Önerilen yöntem, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemleri ele alınmış ve farklı AO'lar için senaryolar oluşturulmuştur. Fritz ve ark. (2007) BK yönteminin %80 güç elde etmek için gerekli örnek büyüklüğünün c' katsayısı azaldıkça, tüm senaryolar için arttığını göstermişlerdir. Sobel yönteminin sonuçları incelendiğinde ise $c'=0$ senaryolarında BK yönteminden daha küçük örnek büyüklüklerinde %80 güce ulaşmıştır.

Bununla birlikte c' katsayısı arttıkça BK yöntemi, Sobel yönteminden daha küçük örnek büyüklüklerinde %80 güce ulaşmıştır. Bu tezde bu durumlara benzer olarak c' azaldıkça, gerekli örnek büyüklüğünün tüm senaryolar için arttığı gözlenmiştir. Ayrıca bu senaryolarda Önerilen yöntem, BK yönteminden daha küçük örnek büyüklüklerinde %80 güce ulaşmıştır. Küçük orta arası, orta ve büyük etki büyüklükleri için $c'=0$ senaryolarında, Önerilen yöntem, BK ve Sobel yöntemlerinden daha küçük örnek büyüklüklerinde %80 güce ulaşmıştır.

Baron-Kenny (1986) ve MacKinnon ve ark. (2002) BK yöntemi ile farklı örnek büyüklüklerinde yaptıkları benzetim çalışmasında BK yönteminin küçük örnek büyüklüklerinde istatistiksel gücünün düşük olduğunu göstermişlerdir (4) (33). Yaptığımız benzetim çalışmasındaki her bir senaryoda küçük örnek büyüklüklerinde BK yönteminin gücünün düşük olduğu gözlenmiştir. Önerilen yöntem ise küçük örnek büyüklüklerinde diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir.

Preacher ve Hayes (2008), Sobel yönteminin küçük örnek büyüklüklerinde, gücünün düşük olduğunu göstermişlerdir (22). Benzer bir sonuç MacKinnon ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada da gözlenmiştir (33,45). Yaptığımız benzetim çalışmasında bu sonuca benzer olarak, Sobel yönteminin küçük örnek büyüklüklerinde performansının düşük olduğu gözlenmiştir. Önerilen yöntem ise küçük örnek büyüklüklerinde Sobel yönteminden daha yüksek performans göstermiştir.

Biesanz ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, Sobel yönteminin Tip 1 hata oranlarının, $a = (0.14, 0.39, 0.59)$ ve $b=0$ senaryoları ve tüm örnek büyüklüklerinde %5'in altında olduğunu göstermişlerdir. BK yöntemi $a = (0.14, 0.39, 0.59)$ ve $b=0$ senaryoları ve $n = (25, 60, 200)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranları %5'in altındadır ve $a = (0.39, 0.59)$ ve $b=0$ senaryoları ve $n = (50, 100, 500)$ olduğu senaryolarda Tip 1 hata oranı %5'in üzerindedir (50). Yaptığımız çalışmada Önerilen yöntemin $a = (0.14, 0.26)$, $b=0$ ve $n = (180, 400, 700)$ senaryolarında Tip 1 hata oranının %5'in altında olduğu gözlenmiştir. Diğer senaryoların ($a = (0.39, 0.59)$ ve $b=0$) hepsinde BK ve Sobel yöntemleri ile benzer Tip 1 hata oranlarına sahip olduğu gözlenmiştir.

Benzetim çalışması sonuçları incelendiğinde bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda aracı değişken etkisinin varlığı değerlendirildiğinde küçük etki büyüklüğü senaryolarında ($a=0.14$, $b = (0.14, 0.26, 0.39, 0.59)$) genel olarak ML yöntemi diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Küçük-orta arası etki büyüklüğü senaryolarında ($a=0.26$, $b=0.26, 0.39, 0.59$) Önerilen yöntem $c' = (0, 0.14, 0.26)$ olduğu durumda diğer yöntemlerden daha yüksek performans gösterirken c' arttıkça BK ve Bootstrap yöntemleri diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Bu durum için Bootstrap yönteminin Tip 1 hatasının %5'in üzerinde olduğu göz önüne alındığında BK yöntemi tercih edilebilir. Orta ve büyük etki büyüklüğü senaryolarında ($a = (0.39, 0.59)$, $b = (0.39, 0.59)$) Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans

göstermiştir. Genel olarak tüm senaryolarda Sobel ve Aroian yöntemlerinin performansının düşük olduğu gözlenmiştir.

Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda aracı değişken etkisinin varlığı değerlendirildiğinde ise küçük, küçük-orta arası etki büyüklüklerinde Bootstrap yöntemi diğer yöntemlerden daha yüksek performans gösterirken, büyük ve orta etki büyüklüklerinde Önerilen yöntem diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Sobel ve Aroian yöntemleri ise genel olarak tüm senaryolarda diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir.

Bağımlı değişkenin sürekli ve aracı değişken etkisinin olmadığı durum incelendiğinde Önerilen yöntem, Sobel ve Aroian yöntemlerinin tüm senaryolarda Tip 1 hata oranı %5'in altında iken Bootstrap yönteminin ise tüm senaryolarda Tip 1 hata oranı %5'in üzerindedir. BK yönteminin $a = (0.14, 0.26)$, $c' = 0.14$ ve küçük örnek büyüklükleri senaryolarında Tip 1 hata oranı %5'in altında iken, c' değeri arttıkça Tip 1 hata oranının %5 civarında olduğu gözlenmiştir. Bu senaryolara karşılık gelen güç değerlerinin aynı örnek büyüklüklerinde düşük olduğu gözlenmiştir. Benzer bir durum $a = (0.39, 0.59)$, $c' = (0.14, 0.26)$ senaryoları içinde geçerlidir. Bu durum göz önüne alındığında BK yönteminin aracı değişken etkisini değerlendirmek için son adımında c' katsayısının anlamlılığına bakmanın yanıltıcı olacağını göstermektedir.

Bağımlı değişkenin ikili ve aracı değişken etkisinin olmadığı durumda ise bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumla benzer sonuçlar gözlenmiştir.

NHANES 1999-2020 verisi, benzetim çalışmasında $a=0.26$, $b=0.59$ ve $c'=0.14$ AO=0.52 senaryosuna karşılık gelmektedir. Bu senaryo için çizelge 4.21 incelendiğinde Önerilen yöntem, Bootstrap ve ML yöntemlerinin $n=100-110$ olduğu durumda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. Sobel ve Aroian yöntemlerinin $n=130$ olduğu durumda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. Ayrıca BK yönteminin $n=150$ olduğu durumda %80 güce ulaşamadığı gözlenmiştir. Benzetim çalışması ile NHANES 1999-2020 verisinden elde edilen bulguların benzer sonuç verdiği gözlenmiştir. Ek olarak BK yönteminin ise $n=500$ olduğunda %80 güce ulaştığı gözlenmiştir.

KNHANES V veri çalışmasında, Önerilen yöntem $n = (50, 150, 250)$ senaryolarında diğer yöntemlerden daha yüksek performans göstermiştir. Örnek büyüklüğü arttıkça Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri benzer performans göstermiştir. Sobel ve Aroian yöntemleri ise diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir. Önerilen yöntem

ve Bootstrap yöntemlerinin $n=800-850$, Sobel ve Aroian yöntemlerinin $n=850$ senaryolarında %80 güce ulaştığı gözlenmiştir. BK yöntemi ise tüm örnek büyüklüklerinde vücut kitle indeksinin aracı değişken olmadığı sonucunu vermektedir. Bunun nedeni kan kurşun seviyesi ve osteoartrit arasındaki ilişkinin (yani toplam etki c katsayısı) istatistiksel olarak anlamlı olmamasıdır. BK yönteminin ilk adımında toplam etki c katsayısının anlamlılığı kontrol edildiği için bu katsayının anlamsız olması gerçekte var olan aracı değişken etkisinin olmadığını göstermektedir.

KNHANES V verisi, benzetim çalışmasında $a=0.14$, $b=0.14$ ve $c'=0$ AO=1.0 senaryosuna karşılık gelmektedir. Bu senaryo için çizelge 4.33 incelendiğinde Önerilen yöntem ve Bootstrap yöntemleri benzer performans gösterirken, Sobel Aroian yöntemleri de benzer ve diğer yöntemlerden daha düşük performans göstermiştir. BK yöntemi ise %80 güce ulaşamamıştır. KNHANES V veri sonuçları incelendiğinde ise benzer sonuçlar gözlenmiştir.

Önerilen yöntemin çoklu aracılık modellerinde (seri aracılık, paralel aracılık) kullanılabilirliğinin araştırılması gelecekteki çalışmalar için önemli olacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında BK ve Sobel yöntemlerinin sınırlılıkları göz önüne alınarak bir karar mekanizmasının geliştirilmesi durumunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- (1) Tez çalışması ile Önerilen yöntem literatürde kullanılan yöntemlere göre daha mı başarılıdır?
- (2) Aracı değişken etkisini test etmek için kullanılan yöntemlerin bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olması durumlarında performansları farklılık gösteriyor mu?
- (3) Farklı örnek büyüklükleri ve etki büyüklüklerinde yöntemlerin performansları farklılık gösteriyor mu?

Yapılan benzetim çalışmalarında bağımlı değişkenin sürekli ve ikili olduğu durumda Önerilen yöntemin küçük örnek büyüklüklerinde ve etki büyüklüğünün orta ve büyük olduğu durumlarda performansının diğer yöntemlere göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Aracı değişken etkisini değerlendirmek için elimizde bağımlı değişkenin sürekli ve ikili, $c' \neq 0$, $a = 0.14$, $b = (0.14, 0.26, 0.39, 0.59)$ ve en az 400-500 örnek büyüklüğünde bir veri setimiz varsa Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinden herhangi biri tercih edilebilir. Bununla birlikte $a = 0.26$, $b = (0.26, 0.39, 0.59)$ ve en az 150-300 örnek büyüklüğünde bir veri setimiz varsa c' katsayısının küçük olduğu durumlarda Önerilen yöntem tercih edilirken, c' katsayısının büyük olduğu durumlarda ise BK ve Bootstrap yöntemlerinden herhangi biri tercih edilebilir. Elimizde küçük örnek büyüklüğünde bir veri setimiz varsa ve orta ve büyük bir etkiyi test etmek istiyorsak bu tez çalışması ile Önerilen yöntemi kullanmaları önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. **Huang B, Sivaganesan S, Succop P, Goodman E.** Statistical assessment of mediational effects for logistic mediational models. *Stat Med.* **2004**;18(1):1–12.
2. **Köse Sİ, Maden M.** Biyomarkerlar ve Klinik Kullanımları. *Dicle Üniv Vet Fak Derg.* **2013**;2(1):30–7.
3. **Shaw LL, Bouck Z, Howell NA, Lange T, Cheff AO, Austin PC, Ivers NM, Redelmeier DA, Bell CM.** Mediation analysis with a time-to-event outcome: a review of use and reporting in healthcare research. *BMC Med Res Methodol.* **2018**;18(118):1–12.
4. **Baron RM, Kenny DA.** The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. *J Pers Soc Psychol.* **1986**;51(6):1173–82.
5. **MacKinnon DP, Fairchild AJ, Fritz MS.** Mediation Analysis. *Annu Rev Psychol.* **2007**;58(593):1–22.
6. **Sobel M.E.** Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. *Sociol Methodol.* **1982**;13(1982):290–312.
7. **Alwin DF, Hauser RM.** The Decomposition of Effects in Path Analysis. *American Sociological Review.* **1975**;40(1):37–47.
8. **Vo TT, Superchi C, Boutron I, Vansteelandt S.** The conduct and reporting of mediation analysis in recently published randomized controlled trials: results from a methodological systematic review. *J Clin Epidemiol.* **2020**; 117:78–88.
9. **Anothaisintawee T, Lertrattananon D, Thamakaison S, Reutrakul S, Ongphiphadhanakul B, Thakkinstian A.** Direct and Indirect Effects of Serum Uric Acid on Blood Sugar Levels in Patients with Prediabetes: A Mediation Analysis. *J Diabetes Res.* **2017**;2017(1):1–6.
10. **De Oliveira Neves FM, Araujo CB, De Freitas DF, Arruda BFT, De Macedo Filho LJM, Salles VB, Meneses GC, Costa Martins AM, Liborio AB.** Fibroblast growth factor 23, endothelium biomarkers and acute kidney injury in critically-ill patients. *J Transl Med.* **2019**;17(1):1–8.
11. **Wu X, Zhang N, Zhou B, Liu S, Wang F, Wang J, Tang X, Lin X, Wang B, Bi Y.** Alcohol consumption may be associated with postoperative delirium in the elderly: the PNDABLE study. *BMC Anesthesiol.* **2023**;23(1):1–12.
12. **Sümbül Şekerci B, Şekerci A, Pasin Ö, Durmuş E, Yüksel Salduz Zİ.** Cognition and BDNF levels in prediabetes and diabetes: A mediation analysis of a cross-sectional study. *Front Endocrinol (Lausanne).* **2023**; 14:1–8.
13. **Yao X, Hu K, Wang Z, Lu F, Zhang J, Miao Y, Feng Q, Jiang T, Zhang Y, Tang S, Zhang N, Dai F, Hu H, Zhang Q.** Liver indicators affecting the relationship between BMI and hypertension in type 2 diabetes: a mediation analysis. *Diabetol Metab Syndr.* **2024**;16(1):1–11.
14. **Lu S, Wang Q, Lu H, Kuang M, Zhang M, Sheng G, Zou Y, Peng X.** Lipids as potential mediators linking body mass index to diabetes: evidence from a mediation analysis based on the NAGALA cohort. *BMC Endocr Disord.* **2024**;24(1):1–12.

15. **Zeng Y, Yin L, Yin X, Zhao D.** Total cholesterol mediates the association between history of gestational diabetes mellitus and bone mineral density in US women aged 20–49 years. *BMC Public Health*. **2024**;24(1):1–9.
16. **Zhang Z, Zheng C, Kim C, Poucke S Van, Lin S, Lan P.** Causal mediation analysis in the context of clinical research. *Ann Transl Med*. **2016**;4(21):1–10.
17. **Caron PO, Valois P.** A computational description of simple mediation analysis. *Quant Method Psychol*. **2018**;14(2):147–58.
18. **Lemmons MC.** Statistical Mediation Analysis in Social Psychology: An Overview and Application of the Single Mediator Model. Oklahoma State University, The United States of America, **2021**.
19. **Groeniger JO, Burdorf A.** Advancing mediation analysis in occupational health research. *Scand J Work Environ Health*. **2020**;46(2):113–6.
20. **Hayes AF.** Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. New York. **2013**. 85–125.
21. **Ballen CJ, Salehi S.** Structural Equation Modeling (Sem) in Biology Education Research: Moving Beyond “What Works” To Understand How It Works, and for Whom. *Journal of Microbiology and biology Education*. **2021**;22(2):1-5.
22. **Preacher KJ, Hayes AF.** Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behav Res Methods*. **2008**;40(3):879–91.
23. **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; 7:130–5.**2017**.06.005
24. **Fritz MS, MacKinnon DP.** Required sample size to detect the mediated effect. *Psychol Sci*. **2007**;18(3):233–9.
25. **Demming CL, Jahn S, Boztug Y.** Conducting Mediation Analysis in Marketing Research. *Marketing: ZFP–Journal of Research and Management*. **2017**;39(3):76–93.
26. **Zhao X, Lynch JG, Chen Q.** Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*. **2010**;37(2):197–206.
27. **Edwards KD, Konold TR.** Moderated mediation analysis: A review and application to school climate research. *Practical Assessment, Research and Evaluation*. **2020**;25(1):1–19.
28. **Sidhu A, Bhalla P, Zafar S.** Mediating Effect and Review of its Statistical Measures. *Empir Econ Lett*. **2021**;20(4):29–40.
29. **MacKinnon DP, Fairchild AJ.** Current directions in mediation analysis. *Curr Dir Psychol Sci*. **2009**;18(1):16–20.
30. **Hayes AF.** Beyond Baron and Kenny: Statistical mediation analysis in the new millennium. *Commun Monogr*. **2009**;76(4):408–20.
31. **Derek D. Rucker, Kristopher J. Preacher, Zakary L. Tormala REP.** Mediation Analysis in Social Psychology: Current Practices and New Recommendations. *Soc Personal Psychol Compass*. **2011**;5(6):359–71.

32. **Hayes AF, Scharkow M.** The Relative Trustworthiness of Inferential Tests of the Indirect Effect in Statistical Mediation Analysis: Does Method Really Matter?. *Psychol Sci.* **2013**;24(10):1918–27.
33. **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**;7(1):83–104.
34. **Preacher KJ, Hayes AF.** SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers.* **2004**;36(4):717–31.
35. **Freedman LS, Schatzkin A.** Sample size for studying intermediate endpoints within intervention trials or observational studies. *Am J Epidemiol.* **1992**;136(9):1148–59.
36. **Clogg CC, Petkova E, Shihadeh ES.** Statistical Methods for Analyzing Collapsibility in Regression Models. *Journal of Educational and Behavioral Statistics.* **1992**;17(1):51–74.
37. **McGuigan K, Langholtz B.** A note on testing mediation paths using ordinary least-squares regression. *Unpublished note.* **1988.**
38. **Olkin I, Finn JD.** Correlation redux. *Psychological Bulletin.* **1995**; 118:155–164.
39. **Goodman LA.** On The Exact Variance Of Products. *Journal of the American statistical association.* **1960**; 55(292):708–713.
40. **Aroian LA.** The probability function of the product of two normally distributed variables. *The Annals of Mathematical Statistics,* **1947**; 265-271.
41. **Shrout PE, Bolger N.** Mediation in experimental and nonexperimental studies: New procedures and recommendations. *Psychol Methods.* **2002**;7(4):422–45.
42. **Efron B, Tibshirani RJ.** An introduction to the bootstrap. *Monographs on Statistics and Applied Probability.* **1993**;57(1989):436.
43. **Mallinckrodt B, Abraham WT, Wei M, Russell DW.** Advances in testing the statistical significance of mediation effects. *J Couns Psychol.* **2006**;53(3):372–8.
44. **Preacher KJ, Kelley K.** Effect size measures for mediation models: Quantitative strategies for communicating indirect effects. *Psychol Methods.* **2011**;16(2):93–115.
45. **MacKinnon DP, Warsi G, Dwyer JH.** A simulation study of mediated effect measures. *Multivariate Behav Res.* **1995**;30(1):1–21.
46. **Fairchild AJ, MacKinnon DP, Taborga MP, Taylor AB.** R2 effect-size measures for mediation analysis. *Behav Res Methods.* **2009**;41(2):486–98.
47. **Li Y, Zeng Q, Peng D, Hu P, Luo J, Zheng K, Yin Y, Si R, Xiao J, Li S, Fu J, Liu J, Huang Y.** Association of remnant cholesterol with insulin resistance and type 2 diabetes: mediation analyses from NHANES 1999–2020. *Lipids in Health and Disease.* **2024**; 23:404.
48. **Park S, Choi NK.** The relationships of blood lead level, body mass index, and osteoarthritis in postmenopausal women. *Maturitas.* **2019**; 85-9.
49. **Chen XH, Huang S, Kerr D.** Biomarkers in clinical medicine. *IARC Sci Publ.* **2011**;(163):303–22.
50. **Biesanz JC, Falk CF, Savalei V.** Assessing mediational models: Testing and interval estimation for indirect effects. *Multivariate Behav Res.* **2010**;45(4):661–701.

EKLER

EK 1 Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda $c'=0$ Senaryosu İçin Farklı Örnek Büyüklüklerindeki Güç Değerleri

Bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin $c'=0$ senaryosu için farklı örnek büyüklüklerindeki güç değerleri

a	b	c'		Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$	ML $\bar{x} \pm ss$
0.14	0.14	0.0	700	0.440 $\pm$ 0.040	0.029 $\pm$ 0.015	0.421 $\pm$ 0.040	0.412 $\pm$ 0.041	0.455 $\pm$ 0.037	0.542 $\pm$ 0.041
			5000	0.999 $\pm$ 0.003	0.253 $\pm$ 0.044	0.999 $\pm$ 0.003	0.999 $\pm$ 0.003	0.999 $\pm$ 0.003	1.000 $\pm$ 0.000
			10000	1.000 $\pm$ 0.000	0.473 $\pm$ 0.048	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			15000	1.000 $\pm$ 0.000	0.640 $\pm$ 0.046	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			20000	1.000 $\pm$ 0.000	0.758 $\pm$ 0.043	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.14	0.26	0.0	450	0.765 $\pm$ 0.037	0.079 $\pm$ 0.028	0.749 $\pm$ 0.035	0.738 $\pm$ 0.037	0.790 $\pm$ 0.039	0.841 $\pm$ 0.033
			1950	1.000 $\pm$ 0.000	0.333 $\pm$ 0.040	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			3450	1.000 $\pm$ 0.000	0.545 $\pm$ 0.056	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			4950	1.000 $\pm$ 0.000	0.692 $\pm$ 0.050	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			6450	1.000 $\pm$ 0.000	0.805 $\pm$ 0.035	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.14	0.39	0.0	400	0.968 $\pm$ 0.018	0.152 $\pm$ 0.045	0.963 $\pm$ 0.019	0.960 $\pm$ 0.018	0.972 $\pm$ 0.018	0.983 $\pm$ 0.012
			1050	1.000 $\pm$ 0.000	0.384 $\pm$ 0.053	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			1700	1.000 $\pm$ 0.000	0.564 $\pm$ 0.047	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			2350	1.000 $\pm$ 0.000	0.708 $\pm$ 0.041	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			3000	1.000 $\pm$ 0.000	0.811 $\pm$ 0.033	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.14	0.59	0.0	400	1.000 $\pm$ 0.000	0.336 $\pm$ 0.043	1.000 $\pm$ 0.002	1.000 $\pm$ 0.002	1.000 $\pm$ 0.001	1.000 $\pm$ 0.000
			700	1.000 $\pm$ 0.000	0.530 $\pm$ 0.048	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			1000	1.000 $\pm$ 0.000	0.676 $\pm$ 0.056	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			1300	1.000 $\pm$ 0.000	0.781 $\pm$ 0.040	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			1600	1.000 $\pm$ 0.000	0.860 $\pm$ 0.032	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.26	0.26	0.0	200	0.510 $\pm$ 0.036	0.066 $\pm$ 0.023	0.415 $\pm$ 0.040	0.407 $\pm$ 0.038	0.457 $\pm$ 0.036	0.537 $\pm$ 0.037
			600	0.945 $\pm$ 0.027	0.332 $\pm$ 0.051	0.890 $\pm$ 0.028	0.889 $\pm$ 0.029	0.896 $\pm$ 0.029	0.941 $\pm$ 0.025
			1000	0.980 $\pm$ 0.017	0.531 $\pm$ 0.040	0.982 $\pm$ 0.015	0.982 $\pm$ 0.015	0.983 $\pm$ 0.015	0.993 $\pm$ 0.008

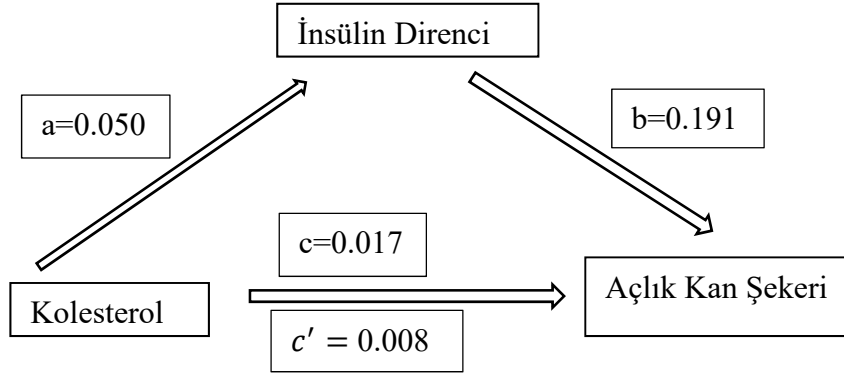
			1400	0.997 ± 0.006	0.686 ± 0.037	0.997 ± 0.006	0.997 ± 0.006	0.997 ± 0.005	0.998 ± 0.004
			1800	1.000 ± 0.001	0.783 ± 0.038	1.000 ± 0.000	1.000 ± 0.000	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.000
0.26	0.39	0.0	145	0.620 ± 0.048	0.127 ± 0.034	0.590 ± 0.050	0.578 ± 0.049	0.639 ± 0.048	0.703 ± 0.046
			330	0.961 ± 0.015	0.391 ± 0.047	0.936 ± 0.019	0.934 ± 0.018	0.939 ± 0.019	0.962 ± 0.015
			515	0.991 ± 0.009	0.593 ± 0.050	0.991 ± 0.009	0.991 ± 0.009	0.992 ± 0.008	0.997 ± 0.006
			700	0.999 ± 0.003	0.713 ± 0.053	1.000 ± 0.003	1.000 ± 0.003	0.999 ± 0.003	1.000 ± 0.000
			885	1.000 ± 0.000	0.818 ± 0.038	1.000 ± 0.000	1.000 ± 0.000	1.000 ± 0.000	1.000 ± 0.000
0.26	0.59	0.0	130	0.887 ± 0.032	0.334 ± 0.048	0.882 ± 0.033	0.875 ± 0.032	0.907 ± 0.029	0.930 ± 0.026
			210	0.982 ± 0.012	0.534 ± 0.052	0.984 ± 0.011	0.982 ± 0.011	0.986 ± 0.010	0.993 ± 0.007
			290	0.999 ± 0.004	0.677 ± 0.042	0.999 ± 0.004	0.999 ± 0.004	0.999 ± 0.004	1.000 ± 0.002
			370	0.999 ± 0.002	0.783 ± 0.044	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.002	1.000 ± 0.000
			540	1.000 ± 0.001	0.840 ± 0.026	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.001	1.000 ± 0.000
0.39	0.39	0.0	90	0.410 ± 0.052	0.119 ± 0.032	0.422 ± 0.046	0.415 ± 0.050	0.462 ± 0.047	0.535 ± 0.049
			190	0.840 ± 0.045	0.397 ± 0.041	0.747 ± 0.043	0.744 ± 0.043	0.758 ± 0.047	0.834 ± 0.040
			290	0.895 ± 0.029	0.630 ± 0.049	0.903 ± 0.028	0.902 ± 0.028	0.910 ± 0.028	0.946 ± 0.020
			390	0.968 ± 0.017	0.798 ± 0.043	0.972 ± 0.017	0.972 ± 0.017	0.971 ± 0.016	0.984 ± 0.013
			490	0.988 ± 0.012	0.875 ± 0.035	0.989 ± 0.012	0.989 ± 0.012	0.990 ± 0.012	0.996 ± 0.006
0.39	0.59	0.0	65	0.707 ± 0.041	0.004 ± 0.006	0.601 ± 0.039	0.590 ± 0.039	0.644 ± 0.038	0.650 ± 0.041
			100	0.866 ± 0.031	0.009 ± 0.009	0.796 ± 0.038	0.791 ± 0.040	0.816 ± 0.045	0.779 ± 0.044
			135	0.951 ± 0.021	0.015 ± 0.012	0.917 ± 0.028	0.915 ± 0.028	0.920 ± 0.026	0.902 ± 0.030
			170	0.979 ± 0.014	0.022 ± 0.014	0.965 ± 0.018	0.965 ± 0.018	0.967 ± 0.018	0.960 ± 0.017
			205	0.992 ± 0.008	0.028 ± 0.019	0.982 ± 0.011	0.982 ± 0.011	0.984 ± 0.011	0.978 ± 0.012
0.59	0.59	0.0	45	0.583 ± 0.054	0.266 ± 0.043	0.474 ± 0.054	0.466 ± 0.053	0.507 ± 0.056	0.468 ± 0.056
			55	0.658 ± 0.047	0.358 ± 0.043	0.556 ± 0.047	0.550 ± 0.047	0.581 ± 0.048	0.542 ± 0.050
			65	0.731 ± 0.047	0.463 ± 0.051	0.633 ± 0.058	0.629 ± 0.058	0.656 ± 0.057	0.610 ± 0.056
			75	0.771 ± 0.038	0.532 ± 0.051	0.683 ± 0.048	0.679 ± 0.049	0.697 ± 0.048	0.657 ± 0.050
			85	0.868 ± 0.026	0.690 ± 0.047	0.797 ± 0.033	0.795 ± 0.033	0.807 ± 0.032	0.781 ± 0.037

EK 2 Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda $c'=0$ Senaryosu İçin Farklı Örnek Büyüklüklerindeki Güç Değerleri

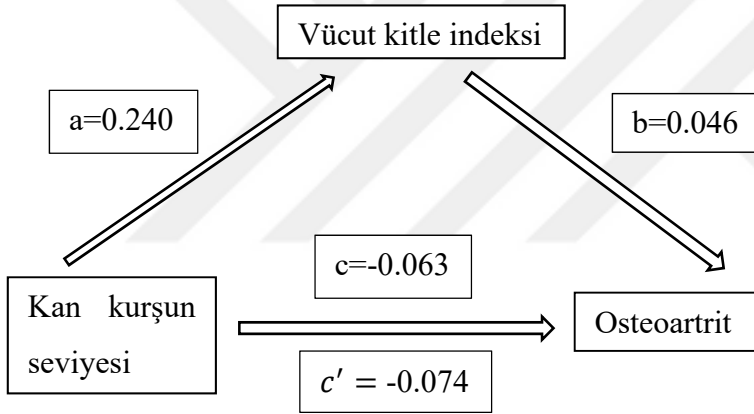
Bağımlı değişkenin ikili olduğu durumda Önerilen yöntem, BK, Sobel, Aroian, ML ve Bootstrap yöntemlerinin $c'=0$ senaryosu için farklı örnek büyüklüklerindeki güç değerleri

a	b	c'		Önerilen yöntem $\bar{x} \pm ss$	BK $\bar{x} \pm ss$	Sobel $\bar{x} \pm ss$	Aroian $\bar{x} \pm ss$	Bootstrap $\bar{x} \pm ss$
0.14	0.14	0.0	700	0.560 $\pm$ 0.051	0.018 $\pm$ 0.014	0.433 $\pm$ 0.054	0.399 $\pm$ 0.051	0.604 $\pm$ 0.053
			5000	1.000 $\pm$ 0.000	0.108 $\pm$ 0.032	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			10000	1.000 $\pm$ 0.000	0.212 $\pm$ 0.038	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			15000	1.000 $\pm$ 0.000	0.289 $\pm$ 0.042	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			20000	1.000 $\pm$ 0.000	0.373 $\pm$ 0.051	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.14	0.26	0.0	450	0.751 $\pm$ 0.040	0.038 $\pm$ 0.017	0.554 $\pm$ 0.050	0.518 $\pm$ 0.047	0.747 $\pm$ 0.042
			1950	1.000 $\pm$ 0.000	0.125 $\pm$ 0.036	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			3450	1.000 $\pm$ 0.000	0.206 $\pm$ 0.039	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			4950	1.000 $\pm$ 0.000	0.287 $\pm$ 0.042	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
			6450	1.000 $\pm$ 0.000	0.375 $\pm$ 0.041	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.26	0.26	0.0	200	0.531 $\pm$ 0.044	0.034 $\pm$ 0.017	0.368 $\pm$ 0.048	0.340 $\pm$ 0.046	0.555 $\pm$ 0.044
			600	0.966 $\pm$ 0.017	0.132 $\pm$ 0.031	0.952 $\pm$ 0.018	0.949 $\pm$ 0.019	0.967 $\pm$ 0.014
			1000	0.997 $\pm$ 0.005	0.208 $\pm$ 0.035	0.998 $\pm$ 0.005	0.998 $\pm$ 0.005	0.997 $\pm$ 0.004
			1400	1.000 $\pm$ 0.002	0.287 $\pm$ 0.048	1.000 $\pm$ 0.002	1.000 $\pm$ 0.002	1.000 $\pm$ 0.001
			1800	1.000 $\pm$ 0.000	0.357 $\pm$ 0.055	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000	1.000 $\pm$ 0.000
0.39	0.39	0.0	90	0.484 $\pm$ 0.051	0.054 $\pm$ 0.023	0.329 $\pm$ 0.043	0.300 $\pm$ 0.042	0.519 $\pm$ 0.042
			190	0.858 $\pm$ 0.037	0.154 $\pm$ 0.039	0.790 $\pm$ 0.041	0.777 $\pm$ 0.042	0.856 $\pm$ 0.033
			290	0.934 $\pm$ 0.029	0.241 $\pm$ 0.038	0.939 $\pm$ 0.030	0.935 $\pm$ 0.031	0.954 $\pm$ 0.022
			390	0.983 $\pm$ 0.016	0.338 $\pm$ 0.050	0.986 $\pm$ 0.014	0.986 $\pm$ 0.014	0.989 $\pm$ 0.012
			490	0.997 $\pm$ 0.004	0.420 $\pm$ 0.049	0.999 $\pm$ 0.003	0.999 $\pm$ 0.003	0.999 $\pm$ 0.003
0.59	0.59	0.0	45	0.449 $\pm$ 0.040	0.094 $\pm$ 0.029	0.317 $\pm$ 0.048	0.299 $\pm$ 0.044	0.411 $\pm$ 0.057
			55	0.548 $\pm$ 0.049	0.100 $\pm$ 0.023	0.436 $\pm$ 0.040	0.414 $\pm$ 0.039	0.527 $\pm$ 0.046
			65	0.622 $\pm$ 0.045	0.151 $\pm$ 0.031	0.539 $\pm$ 0.054	0.519 $\pm$ 0.051	0.634 $\pm$ 0.050
			75	0.682 $\pm$ 0.056	0.191 $\pm$ 0.038	0.625 $\pm$ 0.048	0.607 $\pm$ 0.048	0.718 $\pm$ 0.043
			85	0.762 $\pm$ 0.040	0.241 $\pm$ 0.044	0.689 $\pm$ 0.047	0.676 $\pm$ 0.048	0.763 $\pm$ 0.043
			95	0.820 $\pm$ 0.037	0.274 $\pm$ 0.042	0.753 $\pm$ 0.041	0.741 $\pm$ 0.043	0.820 $\pm$ 0.039

EK 3 Gerçek Veriler İçin Aracılık Diyagramları



NHANES 1999-2020 verisi için aracılık diyagramı



KNHANES V verisi için aracılık diyagramı

EK 4 Gerçek Verilerin frekans tabloları

NHANES 1999-2020 verisindeki değişkenlerin frekans tablosu

	Ortalama±ss	Medyan (min-max)
Yaş	47.66±19.68	47 (18-85)
Remnant kolesterol	23.43±13.40	20 (2-80)
İnsülin direnci	3.19±2.29	2.56 (0.14-25.21)
Açlık kan şekeri	5.58±0.90	5.40 (2.50-15.60)

KNHANES V verisindeki değişkenlerin frekans tablosu

	Ortalama±ss	Medyan (min-max)
Yaş	62.9±5.50	62.5 (55-87)
Kan kurşun seviyesi (µg/dL)	2.32±0.87	2.22 (0.530-7.84)
Vücut kitle indeksi	24.5±3.10	24.2 (16.5-42.3)

ÖZGEÇMİŞ

