

T.C
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

**ÇOKLU BAĞLANTI SORUNUNUN KANONİK KORELASYON
BELİRTEÇLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Arş. Gör. Merve TÜRKEGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. E. Arzu KANIK

MERSİN-2015

T.C
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

**ÇOKLU BAĞLANTI SORUNUNUN KANONİK KORELASYON
BELİRTEÇLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Arş. Gör. Merve TÜRKEGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. E. Arzu KANIK

Tez No: 282

MERSİN-2015

Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Prof. Dr. E. Arzu KANIK danışmanlığında Merve TÜRKEGÜN tarafından hazırlanmış olan “Çoklu Bağlantı Sorununun Kanonik Korelasyon Belirteçleri Üzerine Etkisi” başlıklı çalışma, jürimiz tarafından Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/07/2015


Prof. Dr. E. Arzu KANIK

Mersin Üniversitesi
Jüri Başkanı

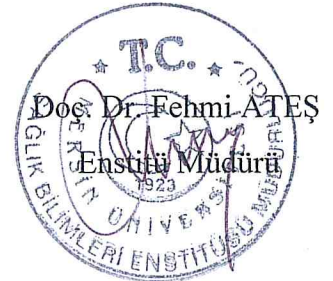


Doç. Dr. Bahar TAŞDELEN
Mersin Üniversitesi
Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. İlter HELVACI
Mersin Üniversitesi
Jüri Üyesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun 10/07/2015.... tarih ve 2015/179 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca ve tez hazırlama sürecinde desteklerini, yardımlarını esirgemeyen başta Anabilim Dalı Başkanı ve danışman hocam, Sayın Prof. Dr. E.Arzu Kanık'a ve Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Ana Bilim Dalı ailesine her türlü katkıları, gösterdikleri sabır ve anlayış için için teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi beni bu zorlu süreçte de yalnız bırakmayan, varlıklarıyla güç veren, hoşgörülerini esirgemeyen ve eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi destekçilerim anneme, babama ve kardeşim Meltem TÜRKEGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yanımda olmasa da uzaklardan moral ve desteklerini eksik bırakmayan, her zaman yanımda olduğunu bildiğim sevgili arkadaşım Ezgi YAPICI'ya teşekkür ederim.

Merve TÜRKEGÜN

Mersin, 2015

İÇİNDEKİLER

Kabul ve onay	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Korelasyon.....	2
2.2. Kanonik Korelasyon	3
2.3. Kanonik Korelasyon Analizinin Amaçları	8
2.4. Kanonik Korelasyon Analizinin Varsayımları	9
2.4.1. Doğrusallık.....	9
2.4.2. Çok Değişkenli Normal Dağılım	9
2.4.3. Sabit Varyans	10
2.4.4. Çoklu Bağlantı Sorunu.....	10
2.4.5. Gözlem Sayısı	10
2.4.6. Aykırı Değerler	10
2.5. Kanonik Korelasyon Analizinde Kullanılan Kavramlar	11
2.5.1. Kanonik Korelasyon Katsayısı.....	11
2.5.2. Kanonik Değişken	11
2.5.3. Kanonik Fonksiyon	11
2.5.4. Kanonik Yükler (Ağırlıklar)	11
2.5.5. Kanonik Çapraz Yükler.....	12
2.5.6. Kanonik Kök	12
2.5.7. Açıklanan Varyans	12
2.5.8. Belirleme İndeksi	12
2.6. Kanonik Korelasyon Analizinin İşlem Basamakları	13
2.6.1. Varyans-Kovaryans ve Korelasyon Matrislerinin Oluşturulması	13
2.6.2. Kanonik Korelasyon Katsayısının ve Kanonik Değişkenlerin Hesaplanması .	18
2.6.3. Kanonik Değişkenler ile Orijinal Değişkenler Arasındaki Korelasyonların Hesaplanması	28
2.6.4. Kanonik Korelasyon Katsayılarının Önem Kontrolü.....	30
2.6.4.1. Bartlett Testi (Wilks Lamda Testi).....	30
2.6.4.2. Hipotez.....	31
2.6.4.3. Test İstatistiği.....	31
2.6.4.4. İstatistiksel Karar	31
2.6.5. Kanonik Yüklerin Hesaplanması.....	32

2.6.6. Kanonik Skorların Elde Edilmesi.....	33
2.6.7. Açıklanan Varyansın Bulunması.....	34
2.6.8. Belirleme İndeksinin Hesaplanması.....	35
2.7. Kanonik Korelasyon Analizinin Diğer Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle Karşılaştırılması.....	36
2.8.En Küçük Kareler Yöntemi.....	37
2.9. Çoklu Bağlantı Sorunu.....	41
2.9.1.Çoklu Bağlantı Sorununun Nedenleri.....	42
2.9.2. Çoklu Bağlantı Sorunu Olması Durumunda Karşılaşılabilecek Problemler.....	42
2.9.3. Çoklu Bağlantı Sorununun Tespit Edilme Yöntemleri.....	43
2.9.3.1. Bağımsız Değişkenlere Ait Korelasyon Matrisinin Kullanılması.....	44
2.9.3.2. Çoklu Açıklayıcılık Katsayısının Kullanılması (R^2).....	44
2.9.3.3. Tolerans Değerinin Kullanılması.....	44
2.9.3.4. Varyans Şişirme Faktörünün Kullanılması.....	45
2.9.3.5. Korelasyon Matrisinin Özdeğerlerinin Kullanılması.....	46
2.9.3.6. Koşul Sayısı ve Koşul İndeksi.....	46
2.9.3.7. Korelasyon Matrisinin Determinantı ile Belirlenmesi.....	47
2.10.Çoklu Bağlantı Sorununun Giderilmesi için Kullanılan Yöntemler.....	48
2.10.1. Gözlem Sayısını Artırmak.....	48
2.10.2. Yeni Model Belirlemek ve Model Seçimi Yapmak.....	48
2.10.3. Alternatif Tahmin Yöntemlerinin Kullanılması.....	48
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	49
3.1. Her iki Kümede de Değişken Sayısının 2 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r= 0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları.....	52
3.1.1. Hipotez Takımları.....	52
3.2. Her iki Kümede de Değişken Sayısının 3 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r= 0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları.....	54
3.2.1. Hipotez Takımları.....	54
3.3. Her iki Kümede de Değişken Sayısının 4 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r= 0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları.....	56
3.3.1. Hipotez Takımları.....	56
3.4. Her iki Kümede de Değişken Sayısının 5 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r= 0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları.....	58
3.4.1. Hipotez Takımları.....	58
3.5. Her iki Kümede de Değişken Sayısının 6 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r= 0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları.....	60
3.5.1. Hipotez Takımları.....	60
4. BULGULAR.....	62
4.1. Klinik Veri için Kanonik Korelasyon Analiz sonuçları.....	62
4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler.....	62
4.1.2. Değişkenlere ait Korelasyon Matrislerinin Oluşturulması.....	63
4.1.3. Özdeğerlerin Hesaplanması.....	69
4.1.4. Kanonik Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması ve İstatistik Önem Kontrollernin Yapılması.....	71
4.1.5. Kanonik Yapıların Oluşturulması ve Standartlaştırılmış Kanonik Ağırlıkların Hesaplanması.....	72
4.1.6. Kanonik Yüklerin Hesaplanması.....	77
4.1.7. Varyans Açıklama Oranlarının ve Belirleme İndekslerinin Hesaplanması.....	80

4.2. Simülasyon Çalışmasına Ait Bulgular.....	84
4.2.1. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 2 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'ya ait Güç	84
4.2.2. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 3 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'ya ait Güç	88
4.2.3. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 4 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'ya ait Güç	92
4.2.4. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 5 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'ya ait Güç	96
4.2.5. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 6 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'ya ait Güç	100
5.TARTIŞMA	107
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
7.KAYNAKLAR	112
ÖZGEÇMİŞ	116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kanonik korelasyon analizinin şekilsel gösterimi.....	8
Şekil 4.1.1. Kontrol grubunda özdeğerlere ait grafik	70
Şekil 4.1.2. Sporcu grubunda özdeğerlere ait grafik	70
Şekil 4.1.3. Kontrol grubunda kanonik korelasyon katsayılarına ait grafik	71
Şekil 4.1.4. Kontrol grubunda kanonik korelasyon katsayılarına ait grafik	71
Şekil 4.2.1. 2+2 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	87
Şekil 4.2.2. 2+2 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	87
Şekil 4.2.3. 2+2 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	87
Şekil 4.2.4. 2+2 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	87
Şekil 4.2.5. 3+3 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	91
Şekil 4.2.6. 3+3 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	91
Şekil 4.2.7. 3+3 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	91
Şekil 4.2.8. 3+3 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	91
Şekil 4.2.9. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	95

Şekil 4.2.10. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	95
Şekil 4.2.11. 4+4 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta kanaonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	95
Şekil 4.2.12. 4+4 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	95
Şekil 4.2.13. 5+5 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	99
Şekil 4.2.14. 5+5 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	99
Şekil 4.2.15. 5+5 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta kanaonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	99
Şekil 4.2.16. 5+5 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik	99
Şekil 4.2.17. 6+6 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	103
Şekil 4.2.18. 6+6 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	103
Şekil 4.2.19. 6+6 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta kanaonik korelasyon analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	103
Şekil 4.2.20. 6+6 değişkenli setlerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik.....	103
Şekil 4.2.21. Ortak Kovaryans matrisli grup için korelasyon katsayılarına ait gücün değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği	104
Şekil 4.2.22. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için korelasyon katsayılarına ait gücün değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği.....	104

Şekil 4.2.23. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayısına ve setler arası korelasyonlara göre değişim grafiği.....	105
Şekil 4.2.24. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için temel bileşenanalizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayısına ve setler arası korelasyonlara göre değişim grafiği.....	105
Şekil 4.2.25. Ortak kovaryanslı grup için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayısına ve setler arası korelasyonlara göre değişim grafiği.....	106
Şekil 4.2.26. Ortak kovaryanslı grup için temel bileşenanalizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayısına ve setler arası korelasyonlara göre değişim grafiği.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Korelasyon katsayısının kuvvetigösteren tablo	3
Çizelge 2.2. Parçalanmış K matrisine ait varyans kovaryans matrisi.....	17
Çizelge 3.1. 2 değişkenli kümeler için r ve N	53
Çizelge 3.2. 3 değişkenli kümeler için r ve N	55
Çizelge 3.3. 4 değişkenli kümeler için r ve N	57
Çizelge 3.4. 5 değişkenli kümeler için r ve N	59
Çizelge 3.5. 6 değişkenli kümeler için r ve N	61
Çizelge 4.1.1. Ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler	63
Çizelge 4.1.2. X kümesi içindeki korelasyonlar	64
Çizelge 4.1.3. Kontrol grubu için Y kümesi içindeki korelasyonlar	65
Çizelge 4.1.4. Sporcu grubu için Y kümesi içindeki korelasyonlar	66
Çizelge 4.1.5. Kontrol grubu için X ve Y kümeleri arasındaki korelasyonlar	67
Çizelge 4.1.6. Sporcu grubu için X ve Y kümeleri arasındaki korelasyonlar	69
Çizelge 4.1.7. Kontrol ve sporcu grupları için özdeğerler.....	67
Çizelge 4.1.8. Kanonik korelasyon katsayıları ve önem kontrolleri	72
Çizelge 4.1.9 Empedans kardiyografi ölçümleri için standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar.....	75
Çizelge 4.1.10. Ekokardiyografi ölçümleri için standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar ..	76
Çizelge 4.1.11. X kümesi için kanonik değişkenlere ait kanonik yükler	78
Çizelge 4.1.12. Y kümesi için kanonik değişkenlere ait kanonik yükler	79
Çizelge 4.1.13. Bağımsız (X) küme için açıklanan varyans oranları ve belirleme indeksleri.....	82
Çizelge 4.1.14. Bağımlı (Y) küme için açıklanan varyans oranları ve belirleme indeksleri.....	83
Çizelge 4.2.12+2 değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu	85
Çizelge 4.2.2. 2+2 değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için sonuç tablosu.....	86

Çizelge 4.2.3. 3+3 değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu.....	89
Çizelge 4.2.4. 3+3 değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için sonuç tablosu.....	90
Çizelge 4.2.5. 4+4 değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu.....	93
Çizelge 4.2.6. 4+4 değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için sonuç tablosu.....	94
Çizelge 4.2.7. 5+5 değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu.....	97
Çizelge 4.2.8. 5+5 değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için sonuç tablosu.....	98
Çizelge 4.2.9. 6+6 değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu	101
Çizelge 4.2.10. 6+6 değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için sonuç tablosu.....	102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Alfa
β	: Beta
λ	: Lamda
μ	: Ortalama
Σ	: Varyans- Kovaryans
ρ	: Korelasyon Katsayısı
Λ	: Wilks Lamda Katsayısı
χ^2	: Ki-Kare
ÇB	: Çoklu Bağlantı
EKK	: En Küçük Kareler
HKT	: Hata Kareler Toplamı
KKA	: Kanonik Korelasyon Analizi
KKK	: Kanonik Korelasyon Katsayısı
Kor	: Korelasyon
Kov	: Kovaryans
Köş	: Köşegen
TBA	: Temel Bileşen Analizi
TBR	: Temel Bileşen Regresyonu

ÖZET

Çoklu Bağlantı Sorununun Kanonik Korelasyon Belirteçleri Üzerine Etkisi

İki ya da ikiden fazla değişken kümeleri arasındaki ilişkinin araştırılmasında kullanılan kanonik korelasyon analizi, kümeler arasındaki maksimum korelasyonlu yapıları ortaya çıkarmayı amaçlayan çok değişkenli istatistik yöntemlerinden biridir.

Kanonik korelasyon analizi, kısıtlayıcı varsayımlarından biri olan çoklu bağlantı sorunu olmadığı durumda daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmamızda, iki değişken kümesi için kanonik korelasyon analizi ve işlem aşamaları anlatılmıştır. Yapılan simülasyon çalışması ile farklı değişken sayılarına sahip iki kümede çoklu bağlantı problemi varken, kanonik korelasyon katsayısına ait istatistiksel gücün ve varyans açıklama oranlarının nasıl etkilendiği araştırılmış ve elde edilen sonuçlar temel bileşen analizi sonucunda elde edilen açıklanan varyans payları ile karşılaştırılmıştır. Her iki kümede değişken sayısı sırasıyla 2,3,4,5,6 alınarak her set için $r = 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 0.99$ korelasyonları için uygun örnek genişlikleri hesaplanarak MNRD programı yardımıyla korelasyonlu veriler üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrarlanmıştır. Elde edilen verilere SPSS 17.0 programı ile Syntax Editor menüsü kullanılarak kanonik korelasyon analizi uygulanmıştır.

Yapılan simülasyon sonuçlarına göre; çoklu bağlantı problemi varken minimum örnek genişliğinde kümelerdeki değişken sayısı arttırıldığında, birinci kanonik korelasyon katsayısına ait gücün %80 in üzerine çıktığı ve açıklanan varyans oranlarında da düşüş yaşandığı ve temel bileşen analizi sonuçlarının daha güvenilir olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kanonik korelasyon analizi, çoklu bağlantı sorunu, değişken sayısı, istatistiksel güç, temel bileşen analizi

ABSTRACT

The Effects of the Multicollinearity Problem on the Canonical Correlation Markers

Canonical correlation analysis that is used to search between two or more than two variable sets' relationship is one of the multivariate statistical methods which aims to reveal maximum correlation structures between sets.

When the multicollinearity problem which is one of the restrictive assumptions does not occur, canonical correlation analysis gives reliable results.

In this study, canonical correlation analysis and process steps were explained for two variables sets. In this simulation study, how the statistically significant power of the first canonical correlation coefficient and proportion of variance explained was influenced was explored, if there is multicollinearity at the different numbers of variables in the two sets, and the results were compared with the proportion of variance explained which calculated from principal component analysis. Data with correlation was generated with MNRD programme by the number of variables were taken respectively 2,3,4,5,6 for both sets and suitable sample sizes were calculated for correlations $r = 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 0.99$. This process was repeated 1000 times. The Data which was generated was performed canonical correlation analysis with the SPSS 17.0 Syntax Editor menu.

According to the simulation results; when there is multicollinearity problem if the number of variables increase in the sets it was observed that the power of the first canonical correlation coefficients was statistically significant over 80% and there was decrease in proportion of variance explained.

Key Words: Canonical correlation analysis, multicollinearity, number of variables, statistically power, principal component analysis.

1. GİRİŞ

Sağlık, fen, eğitim ve sosyal bilimlerinde ilgilenilen olayı etkileyen birden fazla faktör olması durumunda araştırma problemini çözmek ve değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalarda tek değişkenli istatistik metotları genellikle kullanımı ve sonuçlarının yorumlanması kolay olduğu için araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. Ancak tek değişkenli istatistik metotların varsayımları iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkinin incelenmesi için kısıtlayıcı bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu varsayımları gerçekleştirmek çoğu zaman mümkün olamamaktadır.

Tek değişkenli istatistik metotların en önemli kısıtlayıcısı ilgilenilen olaydaki birçok faktörün ayrı ayrı değerlendirilerek her defasında tek bir etmenin olay üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Oysaki çok değişkenli istatistik yöntemlerinde-bazı kontrollü denemelerin dışında- böyle bir kısıtlayıcıdan ya da özellikten söz edilmemektedir. Çok değişkenli istatistik metotlarında ilgilenilen olay bir bütün olarak ele alınır ve ortak bir hipotez kurulur ve bu ortak hipotezle ilgili değişkenlerin aralarındaki bağımlılık yapısı açıklanmaya çalışılır (1). Özellikle sağlık alanında ele alınan araştırma konularında da birbirleriyle ilişkili olan birden fazla değişken ya da faktör bulunmaktadır. Çok sayıda değişkenin birbiriyle ilişkili olduğu böyle durumlarda bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi araştırmak, ilişkili olan değişkenler arasında bir tahmin modeli oluşturmak, geçerli ve güvenilir sonuçlar alabilmek için tüm değişkenlerin analize dahil edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, çok değişkenli istatistik metotlarından biri olan birinde p adet ($p \geq 2$) diğesinde q adet ($q \geq 2$) değişken bulunan iki küme arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla kullanılan kanonik korelasyon analizini (KKA) tanıtmak, klinik bir veri üzerinde uygulanabilirliğini göstermek ve varsayımlarından biri olan çoklu bağlantı sorununun ortaya çıkması durumunda kanonik korelasyon katsayısının (KKK) istatistik gücünün ve varyans açıklama payının bu durumdan nasıl etkilendiğini simülasyon çalışmasıyla araştırarak temel bileşen analiz sonuçlarıyla karşılaştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Korelasyon

Aşırı sera gazı salınımının küresel ısınmaya sebep olması, aşırı fastfood tüketiminin obeziteye yol açması, radyasyonun kansere neden olması gibi doğada, günlük hayatta ya da üzerinde çalışılan araştırma konularında meydana gelen birçok olay birbirlerini etkileyerek ortaya çıkmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesine korelasyon analizi, var olan ilişkinin kuvvetini, yönünü ve doğrusallığını gösteren katsayıya da korelasyon katsayısı adı verilmektedir.

Popülasyondan hesaplanan Korelasyon katsayısı " ρ " ile gösterilirken örnekleme yararlanılarak hesaplanan korelasyon katsayısı "r" ile gösterilir.

Korelasyon katsayısı +1 ile -1 arasında değerler almaktadır. Eğer korelasyon katsayısı +1 ya da -1 değerini almışsa iki değişken arasında mükemmel doğrusal ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının sıfır olması ise değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermektedir.

Korelasyon katsayısının pozitif olması, incelenen değişkenlerden birinde meydana gelen artışa bağlı olarak diğer değişkende de artışın meydana geldiğini göstermektedir. Korelasyon katsayısının negatif olması ise değişkenlerden birinde meydana gelen artış diğer değişkende azalmaya ya da değişkenlerden birinde meydana gelen azalma diğerinde artışa sebep olduğu anlamına gelmektedir.

Korelasyon katsayısının kuvveti ise Çizelge 2.1 ile belirtilen değer aralıklarına göre ifade edilir (2).

Çizelge 2.1.Korelasyon katsayısının kuvvetini gösteren tablo

Korelasyon Katsayısının Değeri	Korelasyonun Katsayısının Kuvveti
1	Mükemmel
0.7-0.9	Güçlü
0.4-0.6	Orta
0.1-0.3	Zayıf
0	İlişki yok

Bazı varsayımların sağlanıp sağlanmama durumları göz önünde bulundurularak değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla çeşitli korelasyon katsayıları kullanılmaktadır.

Normal dağılım varsayımını sağlayan iki sürekli değişken arasındaki doğrusal ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile araştırılırken normal dağılım varsayımını sağlamayan kesikli değişkenler için Spermanrank korelasyon katsayısı, Kendal Tau korelasyon katsayısı kullanılır. Bir bağımlı değişken ile birden fazla bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu korelasyon katsayısı ile belirlenir.Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her ikisinin de sayısının birden fazla olduğu durumlarda ise değişken kümeleri arasındaki ilişki yapısını ortaya çıkarmak için kanonik korelasyon katsayısı kullanılır (3).

2.2. Kanonik Korelasyon

Doğrusal kanonik korelasyon analizi 1935 yılında, aritmetik hızın ve aritmetik gücün okuma hızı ve okumagücü ile olan ilişkisini ortaya koymak için Hotelling tarafindangelştirilmiş bir yöntemdir(4). KKA çok boyutlu değişken setleri arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçmek amacıyla kullanılır(5).Her iki değişken seti arasındaki maksimum korelasyonlu bileşenleri ortaya çıkarmayı amaçlar.Her bir sette yer alan değişkenlerin doğrusal bileşimlerinden yeni değişkenler elde edilir. Bu yeni

değişkenlere kanonik değişkenler adı verilir ve bu yeni değişkenler arasındaki korelasyonun maksimum olması amaçlanır (6).

KKA, üzerinde çalışılan değişkenlere en az kısıtlama getiren çok değişkenli bir yöntemdir. Tek değişkenli istatistik yöntemleri, daha sert kısıtlayıcılara dayandıkları için bunlardan elde edilen bilginin daha kaliteli olduğu, daha açık ve kolay bir şekilde yorumlanabildiği düşünülmektedir. Bu sebeple araştırmacıların çoğu diğer yöntemlerin kullanımını tükendiği zaman bu yöntemi kullanmayı son çare olarak görmektedirler (7).

KKA, her ne kadar kısıtlayıcı varsayımları diğer yöntemlere kıyasla az olsa da bazı önemli varsayımları bulunmaktadır. Doğrusallık, değişkenlerin çok değişkenli normal dağılım göstermesi, yeterli örnek genişliğinin bulunması, aykırı gözlemlerin olmaması, değişkenler arasında sabit varyans olması ve çoklu bağlantı bulunmaması varsayımlarının yerine geldiği durumlarda bu analiz uygulanabilmektedir.

KKA ile ilgili olarak literatürde yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bartlett (1941) 'de $p \times q$ serbestlik dereceli ki-kare kritik değerlerini kullanarak kanonik değişkenler arasındaki ilişkinin önem testinin nasıl yapılacağını göstermiştir (8).

Fujikoshi ve Veitch (1979) KKA'ya depopülasyona ait ve 0'dan farklı olan kanonik korelasyon sayısının tahmin edilmesinde Bartlett-Lowley işlemi ile regresyon analizindeki Mallows'un C_p istatistiğinin geliştirilmesi ile elde edilen C_k istatistiğini karşılaştırmışlardır (9).

Wang ve Chow (1987), tekil (singular) olduğu zaman, iki değişken seti arasındaki ilişkiyi KKA ile hesaplanabildiğini göstermişlerdir (10).

Çankaya (11) çalışmasında, Alman Alaca X Kıl Melez keçilerinden alınan vücut uzunluğu ve genişlik ölçüleri (vücut uzunluğu, cidago yüksekliği, göğüs genişliği, göğüs derinliği, göğüs çevresi, ön sağrı genişliği, orta sağrı genişliği ve arka sağrı genişliği) ile doğum, sütten kesim ve altıncı ayda alınan canlı ağırlıklara (Y değişken kümesi) ait ölçümler arasındaki ilişkiyi kanonik korelasyon analizi ile incelemiştir. Özellikler arasındaki en büyük ilişkilerin göğüs derinliği ile göğüs çevresi arasında, göğüs çevresi ile sütten kesim canlı ağırlık arasında olduğu sonucuna varmıştır. Ancak daha yüksek bir ilişkiyi yeni oluşturulan kanonik değişken çiftleri arasında (I. Kanonik değişken çifti arasında) olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, yapılan önem testleri neticesinde 11 farklı özellik arasındaki ilişkinin 3 boyutlu uzay yerine tek boyutlu uzayda ifade edilebileceği gösterilmiştir. Yani kanonik korelasyon analizi sonucunda

hesaplanan üç farklı kanonik değişken çiftinden sadece ilkinin istatistiki olarak önemli olduğu sonucuna varmıştır.

Kaya (12) çalışmasında keklikler üzerinde yapılan bir besi denemesinde, vücut kan parametreleri (kandaki yağ oranı, kolesterol, yüksek yoğunluklu lipoprotein-HDL, alkalın, düşük yoğunluklu lipoprotein-LDL, çok düşük yoğunluklu lipoprotein VLDL) ve performans parametreleri (kesilmiş et miktarı, deneme sonu canlı ağırlığı, deneme sonundaki canlı ağırlık kazancı, yemden yararlanma oranı, günlük ortalama yem tüketimi) arasındaki ilişki yapısını hem $\alpha = 0.01$ hem de $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyine göre KKA ile inceleyerek vücut kan parametreleri ve performans parametreleri kümelerini oluşturan değişkenlerin birbirlerini açıklamada ve yorumlamada yetersiz kaldığı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca bütün değişken çiftlerine ait kanonik katsayıları yorumlamak yerine kanonik korelasyon analizini açıklamada yardımcı olabileceği düşünülerek sadece varyansa en büyük katkıyı yapan birinci değişken çifti (U1 V1) dikkate alınmıştır.

Sarıkaya (13) illerin sağlık etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla hazırladığı yüksek lisans tezinde, veri zarflama analizi tekniği ile illerin sağlık alanındaki teknik, ölçek ve toplam etkinlik değerlerini hesaplayarak illerin bu alandaki konumunun belirlenmesini amaçlamıştır. Bu çalışmanın içerisinde, illerin sağlık alanındaki etkinliklerinin incelenmesinde kullanılan ve illerin sağlık göstergeleri olan çıktı değişkenleri (ameliyat sayısı, yatak işgal oranı, anne ölüm hızı, bebek ölüm hızı ve bulaşıcı hastalık görülme sıklığı) ile bu göstergeleri etkileyebilecek il sağlık faaliyetinin değerlendirilmesinde kullanılan girdi değişkenleri (sağlık kurumu sayısı, yatak sayısı, kişi başı sağlık harcaması, aşılama oranı, gebe izlem oranı, hekim sayısı, ebe-hemşire sayısı, MR cihaz sayısı, sağlık kuruluşuna müracaat sayısı ve üç çevre değişkeninden oluşan hava kirliliği düzeyi, şehirleşme oranı ve orta öğretimde kadınlarda okullaşma oranı) arasındaki ilişkinin varlığı ve anlamlılığı KKA ile incelemiştir. KKK, seçilen sağlık göstergeleri ve bu göstergeleri etkileyebilecek faktörler arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Gökoğlan'ın (14) Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü'nde hazırladığı yüksek lisans tez çalışması için Türkiye'de 2000-2008 yılları arasındaki insani gelişme düzeyi ile suç ilişkisini araştırdığı çalışmasında; İnsani gelişmişlik endeks değişken seti

(eğitim, yaşam beklentisi ve gelir endeks) ile suç değişken seti(öldürme, yaralama, hırsızlık ve gasp suçları) arasındaki ilişkiyi incelemek için KKA' yı kullanmıştır. 2000 yılına ait insani gelişmişlik endeks değerleri ile suç değişkenleri arasında 2000–2008 yılları için dokuz yılı kapsayacak şekilde ayrı ayrı KKA yapmıştır. Araştırmada kullanılan gelişmişlik endeks değerken seti ile suç değişken seti arasındaki tüm yıllara ait KKK'lar incelendiğinde değerken setleri arasında uzun dönemli olarak pozitif ve güçlü bir ilişkinin bulunduğunu ve buna paralel olarak illerin insani gelişmişlik düzeylerinin suç davranışı üzerinde uzun dönemli bir etkisi olduğu sonucunu elde etmiştir.

Demir (15) Tokat ilinde gerçekleştirdiği çalışmasında, endüstrileşme, nüfus artışı, evlerin ısınmasında kullanılan yakıt, trafik gibi kaynaklardan gelen ve saat 07:00, 14:00, 21:00'de ölçülen kükürt dioksit (SO₂) ve partiküler madde (PM) hava kirleticilerinin, meteorolojik etkenlerle olan ilişkisini KKA ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılarak araştırmıştır. 07:00, 14:00, 21:00 saatlerine göre NPM ve NSO₂ ölçümleri bir küme ve 07:00, 14:00, 21:00 saatlerine göre meteorolojik ölçümlerle günlük ortalamaya sahip diğer meteorolojik ölçümler de ayrı bir küme olarak düşünülerek 07:00, 14:00, 21:00 saatlerine göre KKK'ları hesaplanmıştır. Bulut yüksekliğinin ve rüzgar hızının hava kirleticilerinin üzerinde yüksek etkiye sahip olduğunu analiz sonuçları ile tespit etmiştir.

Karahan (16)alışmasında Hatay da yayılış gösteren "*Glycyrrhiza*" türlerinin dağılım gösterdikleri habitatların biyoklimatik, edafik, topografik ve biyotik gibi bazı ekolojik özellikleri belirlenerek, araştırma alanından toplanan *Glycyrrhiza* örneklerine ait toprak ve bitki örnekleri üzerine yapılan çalışmalar sonucu elde edilen toprak örneklerine ait değerkenler (pH, suya doygunluk, EC ve CaCO₃) ile kök, gövde ve yapraklara ait değerkenler(N, P, K ve Na konsantrasyonları) KKA ile karşılaştırmalı olarak ele alınıp değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda toprak değerken kümesi ile kök değerken kümesi, gövde değerken kümesi ve yaprak değerken kümesi ayrı ayrı incelendiğinde her küme için bulunan ilk kanonik korelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

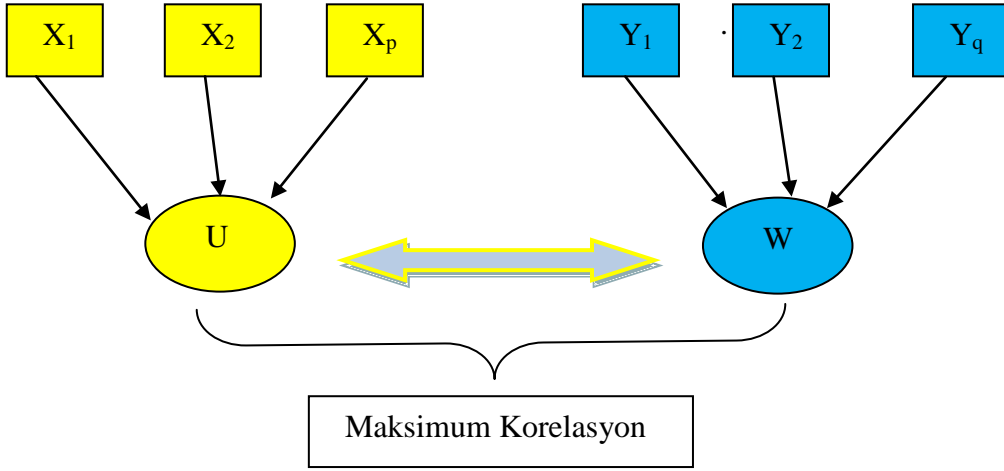
Toker (17) alışmasında, KKA' nın bir sistem tanıma aracı olarak önermiştir. Su tankından elde edilen veriler ve benzetim ortamında oluşturulan modellerden elde edilen veriler kullanarak bir sistemden elde edilen deneysel verileri KKA içerisinde

kullanarak doğrusal, kesikli zaman aktarım işlevi parametre kestirimi yapılmasına dair bir çerçeve geliştirmiş ve bu yaklaşımın çeşitli yönlerini çalışmıştır. KKA' nın üzerinde çalıştığı problem ve sistem tanıma problemi arasındaki benzerlikleri göstermiştir. KKA' denelde edilen özvektörlerin kesikli zaman sistemlerin aktarım işlevi parametrelerini verdiği, özdeğerin karekökünün ise belirlenen modelin geçerliliğinin bir ölçütü olduğunu ortaya koymuştur. Önerilen yöntem tek girişli tek çıkışlı kesikli zaman sistem aktarım işlevi parametrelerinin kestiriminde, çok girişli çok çıkışlı kesikli zaman sistem aktarımı işlevi parametrelerinin kestiriminde kullanılmıştır. Analitik ve deneysel uygulamalarda doğrusal model tanıma açısından KKA' nın etkin bir yöntem olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Çatalbaş (18) çalışmasında temel bileşenler analizi ve KKA'yı imge tanıma ve sınıflandırma problemlerindeki rolü incelenmiştir. KKA'nın da imge tanıma ve sınıflandırma problemleri için etkin bir öznelik belirleme ve boyut indirgeme yöntemi olarak kullanılabilceği göstermiştir. Çalıştığı örnek problemler üzerinden KKA'nın imge tanıma ve sınıflandırma problemlerinde, temel bileşenler analizine kıyasla daha etkin bir boyut indirgeme yöntemi olduğunu göstermiştir.

KKA birinde p adet ($p \geq 2$) diğesinde q adet ($q \geq 2$) değışken bulunan iki sayısal değışken veri seti ya da değışken kümesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. KKK ise iki değışken kümesi arasındaki ilişkinin kuvvetini gösteren ilişki katsayısıdır (19). KKA ile iki değışken kümesinin her biri için maksimum korelasyonlu ve birim varyanslı birer doğrusal bileşenler elde edilir(20).

Bir başka deyişle, KKA birden fazla bağımlı değışken ile birden fazla bağımsız değışken arasındaki ilişkinin incelenmesini kolaylaştıran çok değışkenli istatistiksel bir yöntemdir (7). Şekil 2.1 ile kanonik korelasyonun mantığı daha kolay anlaşılabilir.



Şekil 2.1.Kanonik korelasyon analizinin şekilsel gösterimi

Bağımlı yöntemlerin birçoğu KKA'nın özel bir şeklidir. Bu yüzden KKA, en genel ve en karmaşık ilişki analizi olarak ifade edilir. KKA, çoklu bağımsız değişkenler ile çoklu bağımlı değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkiyi inceleyen istatistiksel bir model olarak kullanılır. Böylece değişken setleri arasında doğrusal bir ilişkili olup olmadığı analiz edilebilir (21).

KKA, metrik ve metrik olmayan bağımlı ve bağımsız değişkenleri bir arada kullanabildiği için çok değişkenli analiz yöntemleri arasındaki en esnek bir yöntemdir (22).

2.3. Kanonik Korelasyon Analizinin Amaçları

1. Aynı deneklerden ölçülerek elde edilen iki değişken kümesinin birbirinden bağımsız olup olmadığını araştırmak
2. İki değişken seti arasında olabilecek ilişkinin büyüklüğünü göstermesi
3. Bağımlı ve bağımsız değişken setlerinde her bir set için korelasyonu maksimum yapan lineer kombinasyonları türetmesi
4. Setler arası korelasyona en çok katkıyı sağlayan her iki kümedeki değişkenlerin saptanması

5. Bir değişken setinin diğer bir değişken seti tarafından ne kadarının açıklanabildiğinin tespit edilmesi

6. Kanonik değişkenin içinde bulunduğu değişken setinin açıklayıcılık gücüne ne kadar katkı sağlayabildiğinin belirlenmesi

7. Kanonik değişkenin içinde bulunmadığı değişken setinin açıklayıcılık gücüne ne kadar katkı sağlayabildiğinin belirlenmesi(7).

2.4. Kanonik Korelasyon Analizinin Varsayımları

Kanonikkorelasyon analizi belli başlı istatistiksel varsayımlara dayanmaktadır.

2.4.1. Doğrusallık

Değişken çiftleri arasındaki ve değişken kümeleri arasındaki ilişki doğrusal (linear) olmalıdır. KKA değişken setlerindeki değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi maksimize eder. Eğer doğrusal olmayan bir ilişki mevcutsa KKK hesaplanamaz. Bu durumda doğrusal olmayan kanonik korelasyon analiz yöntemi uygulanır. Bu yöntemde değişkenler nümerik, ordinal ya da nominal olabilir (11).

2.4.2. Çok Değişkenli Normal Dağılım

Korelasyon katsayılarına ilişkin hipotez testlerinin yapılması için örneklemin çekildiği evrenin çok değişkenli normal dağılım (Multivariate Normal Distribution)varsayımını gerçekleştirmiş olması gerekmektedir. Her bir değişkenin tek tek normal dağılım varsayımını gerçekleştirmiş olması çok değişkenli normallik varsayımın sağlandığı anlamına gelmemekle beraber bu durum her bir değişken kümesinin çok değişkenli normal dağılım varsayımını sağlama olasılığını arttırmaktadır. Bu varsayım tüm değişkenlerin ve doğrusal kombinasyonlarla elde edilen değişkenlerin normal dağılması anlamına gelmektedir(23).

2.4.3. Sabit Varyans

Sabit varyans(Homoscedasticity)durumunun sağlandığı durumda KKA, ilişkileri en iyi şekilde tanımlamaktadır. Değişen varyans(heteroscedasticity) durumda ise değişkenler arasındaki korelasyon azalmaktadır (7).

2.4.4. Çoklu Bağlantı Sorunu

Değişken setleri içindeki değişkenler arasında çoklu bağlantı (Multicollinearity)bulunmamalıdır. Çoklu bağlantı sorununun olmaması için orijinal değişkenlerin korelasyon matrisinin tekil olmayan matrisler (non-singularity) olması önerilir(9).

2.4.5. Gözlem Sayısı

KKA sonuçlarının güvenilir olması için değişken setlerindeki gözlem sayılarının (Sample Size)yeterince fazla olması istenmektedir.Gözlem sayısının toplam değişken sayısının 20 katı kadar olması tavsiye edilmektedir (24).

2.4.6. Aykırı Değerler

Aykırı değerler(Outliers),KKA sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir. Veri sayısının yetersiz olduğu durumda veri kümesinde aykırı değerin olması korelasyonun yanlış hesaplanmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden veri setinde aykırı (sapan) değerler bulunmamalıdır. KKA 'ya başlamadan önce aykırı değerler saptanarak ya veri setinden çıkarılmalı ya da uygun atama işlemi yapılmalıdır. (25).

2.5. Kanonik Korelasyon Analizinde Kullanılan Kavramlar

KKA'nın kolayca yorumlanabilmesi ve anlaşılır olabilmesi için işlem basamaklarında kullanılan kavramlar aşağıda tanımlanmaktadır.

2.5.1. Kanonik Korelasyon Katsayısı

İki değişken seti arasındaki değişkenlerin doğrusal kombinasyonları alınarak bu kombinasyonlar arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıdır (25).

2.5.2. Kanonik Değişken

İki değişken kümesinin doğrusal bileşenler cinsinden ifade edilmesiyle oluşan özet değişkenlerdir (7).

2.5.3. Kanonik Fonksiyon

Biri bağımlı diğer bağımsız olmak üzere iki kanonik değişken arasındaki korelasyonu gösterir. Her kanonik fonksiyon iki kanonik değişken ile gösterilir.(7).

2.5.4. Kanonik Yükler (Ağırlıklar)

Orijinal değişkenler ile kanonik değişkenler arasındaki basit korelasyon katsayıları kanonik yük olarak adlandırılır(7).

2.5.5. Kanonik apraz Yukler

Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenlerden elde edilen kanonik değişkenlerle ve bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerden elde edilen kanonik değişkenlerle arasındaki korelasyonu ifade eder (12).

2.5.6. Kanonik Kok

Kanonik korelasyon katsayısının karesidir. zdeğer olarak da bilinir (7).

2.5.7. Açıklanan Varyans

Her bir değişken setindeki kanonik yuklerin ilgilenilen orijinal değişkenlerdeki değişkenliğin ne kadarını açıklayabildiğini yüzde (%) cinsinden ifade eder (25).

2.5.8. Belirleme İndeksi

Bağımsız değişken grubu için elde edilen kanonik yukler tarafından bağımlı gruptaki varyansın ve bağımlı değişken grubu için elde edilen kanonik yukler tarafından bağımsız gruptaki varyansın ne kadarının açıklanabildiğini gösterir (25).

2.6. Kanonik Korelasyonun İşlem Aşamaları

2.6.1. Varyans-Kovaryans ve Korelasyon Matrislerinin Oluşturulması

X, n satırlı ve p adet değişkeni bulunan birinci değişken kümesi ve Y n satırlı q adet değişkeni olan ikinci değişken kümesi olarak ifade edilirse (nxp) boyutlu X ve (nxq) boyutlu Y kümelerinin matris şeklinde gösterimi denklem 2.1. ve denklem 2.2. ile verilmektedir (11).

Denklem 2.1. Bağımsız değişkenler matrisi

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.2. Bağımlı değişkenler matrisi

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1q} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nq} \end{bmatrix}$$

X matrisi μ_1 ortalama ve Σ_{11} varyans ile ve Y matrisi μ_2 ortalama ve Σ_{22} varyans ile çok değişkenli normal dağılıma sahiptir.

X ve Y matrisinden oluşturulan yeni bir ortak matris tanımlanır ve işlemler bu ortak matris üzerinden yürütülür. Oluşturulan bu ortak matrise K matrisi denilirse, K ortak matrisine ait ortalama matrisi denklem 2.3. ve kovaryans matrisidenklem 2.4. ile verilmektedir.

Denklem 2.3. K matrisine ait ortalama matrisi

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix}$$

Denklem 2.4. K matrisine ait kovaryans matrisi

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix}$$

K matrisinden hesaplanan Varyans -Kovaryans matrisinin açık şekli denklem 2.5, denklem 2.6 ve denklem 2.7'de verilmektedir.

Denklem 2.5. K matrisinde X'ler arasındaki kovaryans matrisinin açık gösterimi

$$\Sigma_{11} = \begin{bmatrix} \sigma_{X_1X_1} & \sigma_{X_1X_2} & \cdots & \sigma_{X_1X_p} \\ \sigma_{X_2X_1} & \sigma_{X_2X_2} & \cdots & \sigma_{X_2X_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{X_pX_1} & \sigma_{X_pX_2} & \cdots & \sigma_{X_pX_p} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.6. K matrisinde Y'ler arasındaki kovaryans matrisinin açık gösterimi

$$\Sigma_{22} = \begin{bmatrix} \sigma_{Y_1Y_1} & \sigma_{Y_1Y_2} & \cdots & \sigma_{Y_1Y_q} \\ \sigma_{Y_2Y_1} & \sigma_{Y_2Y_2} & \cdots & \sigma_{Y_2Y_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{Y_qY_1} & \sigma_{Y_qY_2} & \cdots & \sigma_{Y_qY_q} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.7.K matrisinde X ve Y'ler arasındaki kovaryans matrisinin açık gösterimi

$$\Sigma_{12} = \begin{bmatrix} \sigma_{X_1Y_1} & \sigma_{X_1Y_2} & \cdots & \sigma_{X_1Y_q} \\ \sigma_{X_2Y_1} & \sigma_{X_2Y_2} & \cdots & \sigma_{X_2Y_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{X_pY_1} & \sigma_{X_pY_2} & \cdots & \sigma_{X_pY_q} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.4.'de verilen Σ_{21} denklem 2.7 de verilen Σ_{12} nin tersidir.

Denklem 2.5, denklem 2.6 ve denklem 2.7'de verilen varyans değerleri daha açık bir şekilde denklem 2.8. ile gösterilmiştir.

Denklem 2.8.

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{r=1}^n (X_{ir} - \bar{X}_i)(X_{jr} - \bar{X}_j) \right]$$

Denklemlerde verilen varyans-kovaryans matrisinin köşegen elemanları (σ_{ii}) X ve Y arasındaki varyansı göstermektedir. Köşegen elemanı dışındakiler ise (σ_{ij}) ise X ve Y arasındaki kovaryansı göstermektedir. Varyans değişkenlerin dağılışı ile ilgili bilgi verir. Kovaryans ise değişken çiftleri arasındaki birlikte değişimi gösterir (11).

Örnekten hesaplanan ortalama vektörü ve kovaryans matrisi denklem 2.9'da gösterilmektedir;

Denklem 2.9.Ortalama vektörü ve kovaryans matrisi

$$\bar{S} = \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$$

K matrisine ait korelasyon matrisi ise denklem 2.10 ile gösterilmektedir.

Denklem 2.10.K matrisine ait korelasyon matrisi

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \text{ ya da } R = \begin{bmatrix} R_{XX} & R_{XY} \\ R_{YX} & R_{YY} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.10'da verilen K matrisine ait korelasyon matrisinin açık bir şekilde denklem 2.11, denklem 2.12 ve denklem 2.13 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.11.X'ler arasındaki korelasyon matrisi

$$R_{11} = \begin{bmatrix} r_{X_1X_1} & r_{X_1X_2} & \cdots & r_{X_1X_p} \\ r_{X_2X_1} & r_{X_2X_2} & \cdots & r_{X_2X_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{X_pX_1} & r_{X_pX_2} & \cdots & r_{X_pX_p} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.12.Y'ler arasındaki korelasyon matrisi

$$R_{22} = \begin{bmatrix} r_{Y_1Y_1} & r_{Y_1Y_2} & \cdots & r_{Y_1Y_q} \\ r_{Y_2Y_1} & r_{Y_2Y_2} & \cdots & r_{Y_2Y_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{Y_qY_1} & r_{Y_qY_2} & \cdots & r_{Y_qY_q} \end{bmatrix}$$

Denklem 2.13.X ve Y'ler arasındaki korelasyon matrisi

$$R_{12} = \begin{bmatrix} r_{X_1Y_1} & r_{X_1Y_2} & \cdots & r_{X_1Y_q} \\ r_{X_2Y_1} & r_{X_2Y_2} & \cdots & r_{X_2Y_q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{X_pY_1} & r_{X_pY_2} & \cdots & r_{X_pY_q} \end{bmatrix}$$

K matrisinin parçalanması varyans kovaryans ve korelasyon matrisinin parçalanmasıyla aynıdır. Çizelge 2.2.bu parçalanmayı daha açık ve kolay bir şekilde göstermek ve yukarıda bahsedilen matrislerin daha kolay anlaşılabilmesi için hazırlanmıştır.

Çizelge 2.2.Parçalanmış K matrisine ait varyans kovaryans matrisi

	X_1	X_2	$X_3 \dots$	X_p	Y_1	Y_2	$Y_3 \dots$	Y_q
X_1	Ya da Σ_{11} R_{11}				Ya da Σ_{12} R_{12}			
X_2								
X_3								
·								
·								
X_p	Ya da Σ_{21} R_{21}				Ya da Σ_{22} R_{22}			
Y_1								
Y_2								
·								
·								
Y_q	Ya da Σ_{21} R_{21}				Ya da Σ_{22} R_{22}			
Y_1								
Y_2								
·								
·								

X kümesinde değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermek için Σ_{11} varyans-kovaryans matrisi ya da R_{11} korelasyon matrisi yardımıyla $\frac{p(1-p)}{2}$ tane korelasyon, Y kümesinde değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermek için Σ_{22} varyans -kovaryans matrisi ya da R_{22} korelasyon matrisi yardımıyla $\frac{q(1-q)}{2}$ tane ve X ile Y değişken kümeleri arasındaki ilişkiyi göstermek için de Σ_{12} ya da Σ_{21} kovaryans matrisi veya R_{12} ya da R_{21} korelasyon matrisi yardımıyla $(p \times q)$ tane korelasyonun incelenmesi gerekmektedir. Ancak bu kadar fazla sayıda korelasyonun tek tek incelenmesi ve yorumlanması güçtür. Kanonik korelasyon, bu durumlarda ilgilendiğimiz X ve Y

kümeleri arasındaki $p \times q$ adet korelasyon yerine X kümesinin doğrusal bileşenleri ile Y kümesinin doğrusal bileşenleri arasındaki en yüksek korelasyonları bulunacak şekilde işlemler yapar ve böylece $(p \times q)$ adet korelasyon yerine daha az sayıda doğrusal bileşen arasındaki korelasyon katsayısını hesaplar.

2.6.2. Kanonik Korelasyon Katsayısının ve Kanonik Değişkenlerin Hesaplanması

KKA'nın hesap aşamaları X ve Y matrislerinden elde edilen n satır ve $p+q$ sütunlu ortak K matrisinin özdeğerlerinin ve öz vektörlerinin bulunması sürecidir. KKK'lar, korelasyon ve kovaryans matrisleri yardımıyla hesaplanmaktadır (25).

Doğrusal bileşenler, değişkenleri basit olarak açıklamayı sağlayan ölçülerdir (26). İki kümedeki değişkenlerin doğrusal bileşenleri aracılığı ile kümeler arasındaki korelasyon hesaplanabilir. Doğrusal bileşenler arasında hesaplanan en büyük korelasyon katsayısı birinci kanonik korelasyon katsayısı (I.KKK) ve bu katsayının hesaplandığı değişken kümesinin doğrusal bileşenlerine ise birinci kanonik değişken adı verilir (11). Elde edilecek kanonik değişken çift sayısı minimum sayıda değişkene sahip kümenin değişken sayısına eşittir.

Birinci değişken kümesi olan X değişken kümesinden elde edilecek olan kanonik değişken U_i ile ikinci değişken kümesi olan Y_i değişken kümesinden elde edilecek olan kanonik değişken W_i ile gösterilmektedir ve denklem 2.14. ile hesaplanmaktadır.

Denklem 2.14. Kanonik değişkenler.

$$U_i = a_i' X \quad W_i = b_i' Y$$

X matrisinden elde edilen ve denklem 2.15 ile gösterilen M_1 ve Y matrisinden elde edilen denklem 2.16 ile gösterilen M_2 matrislerinin özdeğerlerine karşılık gelen öz vektörler a ve b katsayılarının bulunmasını sağlarlar (27).

Denklem 2.15. X matrisinden elde edilen M_1 matrisi

$$M_1 = \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21}$$

Denklem 2.16. Y matrisinden elde edilen M_1 matrisi

$$M_2 = \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12}$$

Kanonik değişken çiftlerinin açık gösterimi denklem 2.17. ve denklem 2.18. verilmektedir (28).

Denklem 2.17. Bağımsız değişkenlerden elde edilen kanonik değişken çiftleri

$U_i = a_i' X$ olmak üzere;

$$U_1 = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1p} X_p$$

$$U_2 = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2p} X_p$$

...

$$U_i = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ip} X_p$$

Denklem 2.18. Bağımlı değişkenlerden elde edilen kanonik değişken çiftleri

$W_i = b_i' Y$ olmak üzere;

$$W_1 = b_{11} Y_1 + b_{12} Y_2 + \dots + b_{1q} Y_q$$

$$W_2 = b_{21} Y_1 + b_{22} Y_2 + \dots + b_{2q} Y_q$$

...

$$W_i = b_{i1} Y_1 + b_{i2} Y_2 + \dots + b_{iq} Y_q$$

U ve W kanonik değişkenleri arasındaki kanonik korelasyonu hesaplayabilmek için U ve W değişkenlerine ait varyans ve kovaryans denklem 2.19. ve denklem 2.20' de verilmiştir.

Denklem 2.19. U ve W kanonik değişkenlerinin varyans matrisi

$$\text{Var}(U) = a' \Sigma_{11} a \quad \text{Var}(W) = b' \Sigma_{22} b$$

Denklem 2.20. U ve W kanonik değişkenlerin kovaryans matrisi

$$\text{Kov}(U, W) = a' \text{kov}(X, Y) b = a' \Sigma_{12} b$$

U ve W kanonik değişkenleri arasındaki kanonik korelasyon ise denklem 2.21 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.21. U ve W kanonik değişkenleri arasındaki kanonik korelasyon

$$r_{UV} = \frac{\text{Kov}(U, W)}{\sqrt{\text{Var}(U) \text{Var}(W)}} = \frac{(a' \Sigma_{12} b)}{\sqrt{(a' \Sigma_{11} a)(b' \Sigma_{22} b)}}$$

Kanonik değişken çiftleri arasındaki maksimum korelasyona birinci kanonik korelasyon denilir. Denklem 2.22 ile gösterilir (11).

Denklem 2.22. Kanonik çiftler arasındaki maksimum korelasyon.

$$\text{Max}_{ab} \text{korelasyon}(U, W) = \text{Max}_{ab} \text{korelasyon}(a' \Sigma_{12} b) = \rho_1$$

U ve W kanonik değişkenleri arasındaki korelasyonu maksimize etmek için a ve b katsayılarının maksimum olduğu korelasyon katsayısının hesaplanması gerekmektedir (26). Maksimum korelasyon denklem 2.23’de gösterildiği gibi ancak birim varyansa sahip U ve W kanonik değişken çiftleri arasında mümkün olmaktadır.

Denklem 2.23. Birim varyanslı U ve W değişkenlerin gösterimi

$$\text{Var}(U) = a' \Sigma_{11} a = 1 \quad \text{Var}(W) = b' \Sigma_{22} b = 1$$

Denklem 2.23’de verilen maksimum korelasyonu maksimum yapabilmek için bu fonksiyonu en büyükleme fonksiyonu olarak düşünüp Lagrange fonksiyonu biçiminde ifade edilmesi gerekmektedir. Fonksiyon λ_1 ve λ_2 Lagranj çarpanları olmak üzere bir Lagrange fonksiyonu olarak denklem 2.24 ve denklem 2.25 deki gibi ifade edilir (12).

Denklem 2.24. U ve W değişkenleri için Lagrange Fonksiyonu

$$F_{UV} = \text{Max}_{ab} \text{korelasyon}(U, W) = \text{max} a' \Sigma_{12} b$$

Denklem 2.25. U ve W değişkenleri için Lagrange Fonksiyonunun açık gösterimi

$$L = a' \Sigma_{12} b - \frac{1}{2} \lambda_1 (a' \Sigma_{11} a - 1) - \frac{1}{2} \lambda_2 (b' \Sigma_{22} b - 1)$$

Bu fonksiyonda a , b , λ_1 ve λ_2 ye göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenir.

Denklem 2.26. λ_1 ’e göre kısmi türev

$$\frac{\partial L}{\partial a} = \Sigma_{12} b - \lambda_1 \Sigma_{11} a = 0$$

Denklem 2.27. λ_2 'e göre kısmi türev

$$\frac{\partial L}{\partial b} = \Sigma_{21} a - \lambda_2 \Sigma_{22} b = 0$$

Denklem 2.28. λ_1 'e göre kısmi türev sonucu

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = (a' \Sigma_{11} a) - 1 = 0 \Rightarrow (a' \Sigma_{11} a) = 1$$

Denklem 2.29. λ_2 'e göre kısmi türev sonucu

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = (b' \Sigma_{22} b) - 1 = 0 \Rightarrow (b' \Sigma_{22} b) = 1$$

denklem 2.26 soldan α' , denklem 2.27. soldan b' çarpılır.

Denklem 2.30.

$$\alpha' \Sigma_{12} b - \lambda_1 \Sigma_{11} a = 0 \Rightarrow \alpha' \Sigma_{12} b = \lambda_1 \alpha' \Sigma_{11} a$$

$$b' \Sigma_{21} a - \lambda_2 \Sigma_{22} b = 0 \Rightarrow b' \Sigma_{21} a = \lambda_2 b' \Sigma_{22} b$$

Denklem 2.28 ve denklem 2.29'da bulunan sonuçlar denklem 2.30 'da yerlerine yazılarak denklem 2.31 ve denklem 2.32 elde edilir.

Denklem 2.31. Denklem 2.30 dan elde edilen λ_1

$$\alpha' \Sigma_{12} b = \lambda_1 \underbrace{\alpha' \Sigma_{11} a}_1 \Rightarrow \lambda_1 = \alpha' \Sigma_{12} b$$

Denklem 2.32. Denklem 2.30 dan elde edilen λ_2

$$b' \Sigma_{21} a = \lambda_2 \underbrace{b' \Sigma_{22} b}_1 \Rightarrow \lambda_2 = b' \Sigma_{21} a$$

Denklem 2.16 'dan hatırlanacağı üzere $\alpha' \Sigma_{12} b = \rho$ olarak ifade edilmişti.

$\alpha' \Sigma_{12} b = b' \Sigma_{21} a$ olduğundan λ_1 ve λ_2 nin korelasyon katsayısına eşit olduğu ifade edilir.

Denklem 2.33.

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \alpha' \Sigma_{12} b = b' \Sigma_{21} a = \rho$$

Elde edilen bu bilgilere göre denklem 2.26. ve denklem 2.27. yeniden aşağıdaki gibi yazılır(1).

Denklem 2.34.

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma_{12} b - \lambda_1 \Sigma_{11} a = 0 \\ \Sigma_{21} a - \lambda_2 \Sigma_{22} b = 0 \end{array} \right\} \begin{bmatrix} -\rho \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\rho \Sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Denklem 2.34'de a ve b vektörlerinin elemanları sıfırdan farklı olması için, ilk matrisin tekil yani, determinantının sıfır olması gerekmektedir (1).

Denklem 2.35. Tekil matris

$$\begin{vmatrix} -\rho \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\rho \Sigma_{22} \end{vmatrix} = 0$$

Denklem 2.35 için determinant çözümü denklem 2.36 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.36.

$$\begin{vmatrix} -\rho \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\rho \Sigma_{22} \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow |-\rho^2 \Sigma_{11} \Sigma_{22} + \Sigma_{12} \Sigma_{21}| = 0$$

$$|-\rho^2 \Sigma_{11} + \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21}| = 0 \text{ ya da } |-\rho^2 \Sigma_{22} + \Sigma_{12} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{21}| = 0$$

İşlemlerinden biri çözülerek elde edilen ρ^2 değeri karakteristik denklemler olarak adlandırılan ve denklem 2.37’de verilen denklemde yerine yazılarak denklem 2.38 ‘deki denklem yardımıyla a ve b katsayıları elde edilir (11).

Denklem 2.37. a ve b katsayılarının elde edilmesi

$$(-\rho^2 \Sigma_{11} + \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21})a = 0$$

$$(-\rho^2 \Sigma_{22} + \Sigma_{12} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{21})b = 0$$

Denklem 2.38.

$$b_i = \frac{1}{\rho_i} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} a_i$$

Denklem 2.38' de $p \leq q$ olduğundan ve $\Sigma_{12} = \Sigma_{21}'$ matrisinin rankı p olacağı için, p tane sıfırdan farklı ρ^2_i elde edilir. Bu değerlerin pozitif kareköklerine kanonik korelasyon adı verilir. Elde edilen her bir ρ^2_i değerini denklem 2.38'de yerine yazılırsa bulunacak olan a ve b katsayılarına sırasıyla kanonik vektör adı verilir. Elde edilen kanonik korelasyon katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralanır ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 \dots > \rho_p$). Kanonik korelasyonlar sıralandıktan sonra denklem 2.36'da yerine yazılırsa U ve W kanonik değişkenleri elde edilir. Burada en büyük kanonik korelasyon katsayısının yerine konularak birinci kanonik değişken çifti olan $U_1 = a'_1 X$ ve $W_1 = b'_1 Y$ elde edilir (1).

Burada elde edilen p tane kanonik değişken çiftinin birbirinden bağımsız olması gerektiği unutulmamalıdır. denklem 2.39 ile gösterilmiştir (11).

Denklem 2.39. U_i ve W_i değişken çiftlerinin bağımsızlığını gösteren formüller

$$Kov(U_i, U_j) = E[(U_i - E(U_i))][U_j - E(U_j)]' = a_i' \Sigma_{11} a_j = 0$$

$$Kov(W_i, W_j) = E[(W_i - E(W_i))][W_j - E(W_j)]' = b_i' \Sigma_{11} b_j = 0$$

$$Kov(U_i, W_j) = E[(U_i - E(U_i))][W_j - E(W_j)]' = a_i' \Sigma_{11} b_j = 0$$

Farklı varyanslı veri kümelerinin kovaryans matrisine göre elde edilen çözümler ile korelasyon matrisine göre elde edilen çözümleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılığın giderilmesi için verilerin standardize edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında kovaryans matrisinde değişkenler arasındaki ilişki ortaya konulurken korelasyon matrisinde ise değişken çiftleri arasındaki ilişkinin büyüklüğünün ve yönünün ortaya konularak aralarındaki ilişki daha iyi yorumlanabilmektedir. Bu sebeple, uygulamada genellikle korelasyon matrisini kullanarak kanonik korelasyon analizinin hesaplanma süreci daha kolay bir hale gelmektedir (11,27).

Korelasyon matrisinden yararlanarak kanonik korelasyon analizi uygulamak için çözüm matrisleri denklem 2.40'da gösterilmiştir.

Denklem 2.40. Korelasyon matrisini kullanarak H_1 ve H_2 matrisinin elde edilmesi

$$R = \begin{bmatrix} R_{XX} & R_{XY} \\ R_{YX} & R_{YY} \end{bmatrix}$$

$$H_1 = R_{11}^{-1} R_{12} R_{22}^{-1} R_{21}$$

$$H_2 = R_{22}^{-1} R_{21} R_{11}^{-1} R_{12}$$

X değişken kümesi için H_1 matrisinin öz değer ve öz vektörlerinden yararlanılır. X değişken kümesi için λ_i köküne ilişkin kanonik değişken, denklem 2.41 yardımıyla bulunur.

Denklem 2.41. X kümesi için kanonik değişken

$$U_i = a_i' X = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}) \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix}$$

Y değişken kümesi için H_2 matrisinin öz değer ve öz vektörlerinden yararlanılır. Y değişken kümesi için λ_i köküne ilişkin kanonik değişken, denklem 2.42 yardımıyla bulunur.

Denklem 2.42. Y kümesi için kanonik değişken

$$W_i = b_i' Y = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{iq}) \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_q \end{bmatrix}$$

H_1 ve H_2 matrislerinden elde edilen özdeğerlerin karekökleri U_i ve W_i kanonik değişken çiftleri arasındaki kanonik korelasyon katsayılarını vermektedir ve denklem 2.43 ile hesaplanmaktadır.

Denklem 2.43. U_i ve W_i kanonik çiftleri arasındaki kanonik korelasyon katsayıları

$$r_{u_i w_i} = \sqrt{\lambda_i} \quad i = 1, 2, \dots, p$$

U_1 ve W_1 arasındaki maksimum kanonik korelasyon katsayısı ise Denklem 2.44 ile hesaplanmaktadır.

Denklem 2.44. U_1 ve W_1 için maksimum kanonik korelasyon

$$r_{u_1 w_1} = \sqrt{\lambda_1}$$

X değişken kümesine ait kanonik korelasyon katsayısının belirlenmesi için H_1 matrisinin özdeğeri ve özvektörü hesaplanır. X değişken kümesine ait en büyük özdeğer λ_1 için standardize edilmemiş kanonik katsayılar özvektör elemanı e_1 , denklem 2.45. ile hesaplanır.

Denklem 2.45. X kümesi için standardize edilmemiş kanonik katsayılar

$$(H_1 - \lambda_1 I)e_1 = 0$$

Y değişken kümesine ait kanonik korelasyon katsayısının belirlenmesi için H_2 matrisinin öz değeri ve öz vektörü hesaplanır. Y değişken kümesine ait en büyük özdeğer λ_1 için standardize edilmemiş kanonik katsayılar öz vektör elemanı e_1 Denklem 2.46. ile hesaplanır.

Denklem 2.46. Y kümesi için standardize edilmemiş kanonik katsayılar.

$$(H_2 - \lambda_1 I)e_1 = 0$$

Denklem 2.45. ve denklem 2.46.'dan elde edilen öz vektörler bir kümedeki kanonik değişkenin oluşmasında, o kümede yer alan orijinal değişkenlerin etki miktarlarını göstermektedir(27).

2.6.3. Kanonik Değişkenler ile Orijinal Değişkenler Arasındaki Korelasyonların Hesaplanması

X ve Y değişken kümelerinden elde edilen U_i ve W_i kanonik değişkenlerinin hem ait oldukları değişken kümelerindeki orijinal değişkenleri ile hem de ait olmadıkları kümenin orijinal değişkenleri ile ilişkilerinin bulunması, yorumlanması ve orijinal değişkenlerin kanonik değişkenlere ne kadar katkı sağladıklarının gösterilebilmesi için önem taşımaktadırlar. Bu amaçla X değişken kümesinden elde edilen U_i kanonik değişkeni için; U_i ile (X_1, X_2, \dots, X_p) orijinal değişkenleri arasındaki korelasyon denklem 2.47. , U_i ile (Y_1, Y_2, \dots, Y_q) orijinal değişkenleri arasındaki korelasyon denklem 2.48. hesaplanır. Benzer şekilde Y değişken kümesinden elde edilen W_i kanonik değişkeni için; W_i ile (Y_1, Y_2, \dots, Y_q) orijinal değişkenleri arasındaki korelasyon denklem 2.49. ve W_i ile (X_1, X_2, \dots, X_p) orijinal değişkenleri arasındaki korelasyon denklem 2.50. hesaplanır (11,27).

Denklem 2.47. U_i kanonik değişkeni ile (X_1, X_2, \dots, X_p) orijinal değişkenleri arasındaki korelasyon

$$Kor(U_i, X_i) = \frac{Kov(U_i, X_i)}{\{[Köş (var (U_i))][Köş (var (X_i))]\}^{1/2}} = \frac{\alpha'_i \Sigma_{11}}{[Köş(\Sigma_{11})]^{1/2}}$$

Denklem 2.48. U_i kanonik değişkeni ile orijinal Y değişkenleri arasındaki korelasyon

$$Kor(U_i, Y_i) = \frac{\alpha'_i \Sigma_{12}}{[K\ddot{o}\ddot{s}(\Sigma_{22})]^{1/2}}$$

Denklem 2.49. W_i kanonik değişkeni ile orijinal Y değişkenleri arasındaki korelasyon

$$Kor(W_i, Y_i) = \frac{b'_i \Sigma_{22}}{[K\ddot{o}\ddot{s}(\Sigma_{22})]^{1/2}}$$

Denklem 2.50. W_i kanonik değişkeni ile orijinal X değişkenleri arasındaki korelasyon

$$Kor(W_i, X_i) = \frac{b'_i \Sigma_{21}}{[K\ddot{o}\ddot{s}(\Sigma_{11})]^{1/2}}$$

Ayrıca burada elde edilen korelasyonlar arasında denklem 2.51.'deki ilişkiler mevcuttur.

Denklem 2.51. Korelasyonlar arasındaki ilişkiler

$$Kor(U_i, Y_i) = \rho_i Kor(W_i, Y_i)$$

$$Kor(W_i, X_i) = \rho_i Kor(U_i, X_i)$$

Denklem 2.51'deki ρ_i i .kanonik değişken çifti arasındaki kanonik korelasyonu gösterir.

2.6.4. Kanonik Korelasyon Katsayılarının Önem Kontrolü

KKA 'nın bir amacı da boyut indirgemedir. Bu nedenle bulunan kanonik değişkenlerden kaç tanesinin önemli olduğu, yani değişken grupları arasındaki ilişkinin (kovaryansın) kaç tanesi ile büyük ölçüde açıklanabileceğine karar vermek gerekir (1). Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken iki önemli nokta vardır.

1. Gözlem sayısı fazla olduğunda kuvvet yönünden zayıf KKK 'nın istatistiksel açıdan anlamlı olarak bulunması söz konusu olabilmektedir. Böylesi durumlarda istatistiksel anlamlılıktan çok uygulama anlamlılığı dikkate alınarak yorum yapılması uygun olur.

2. Benzer şekilde, kuvvetli kanonik korelasyonların varlığı iki değişken kümesi arasındaki ilişki katsayılarının da yüksek olacağı anlamına gelmemektedir; çünkü kanonik korelasyon yardımıyla, her iki kümedeki değişkenlerin doğrusal bileşenleri arasındaki korelasyonlar maksimize edilmeye çalışılmaktadır (25).

KKK 'nın önem kontrolü için 1941 yılında Bartlett tarafından geliştirilen Bartlett testi (Wilks Lamda testi olarak da bilinir) en yaygın olarak kullanılan önem testidir. Ancak bunun yanı sıra Roy'un en büyük özdeğer yaklaşımı Hotelling-Lawley' in iz, Pillai'nin iz testleri kullanılan önem testleri arasında yer almakta ve istatistik paket programları bu test sonuçlarını verebilmektedir (28).

2.6.4.1. Bartelett Testi (Wilks Lamda Testi)

Bartlett testi, kanonik korelasyonların sıfıra eşit olduğu hipotezi alternatif hipoteze karşı test eder. Başka bir deyişle elde edilen kanonik korelasyon çiftleri arasındaki ilişkinin kaç tanesinin önemli olduğunun tespit edilmesini sağlar. Bu amaçla aşağıda verilen hipotezler kullanılır (30).

2.6.4.2. Hipotez

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$ (Kanonik korelasyonlar önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon önemlidir)

2.6.4.3. Test istatistiği

Bartlett test istatistiği denklem 2.52. ile hesaplanmaktadır.

Denklem 2.52. Bartlett test istatistiği

$$\chi^2 = -[n - 1 - (p + q + 1)/2] \ln(\Lambda)$$

Test istatistiğinde yer alan Λ değeri Wilks tarafından önerilen Λ katsayısıdır. ve denklem 2.53.yardımla hesaplanmaktadır (25).

Denklem 2.53. Test istatistiğinde yer alan Λ değeri

$$\Lambda = \prod_{i=1}^p (1 - r^2_i)$$

2.6.4.4. İstatistiksel karar

Denklem 2.52. ile verilen test istatistiği pxq serbestlik dereceli ki kare dağılımı gösterir. Bu test istatistiği α kritik değeri ($\alpha = 0.01, 0.001, 0.05$ olabilir) ve pxq serbestlik dereceli ki kare tablo değeri ile karşılaştırılır. Eğer hesaplanan χ^2 test istatistiği değeri χ^2 tablo değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir. Bu durumda en

büyük değere sahip kanonik korelasyon hipotezden çıkarılarak yukarıdaki işlemler H_0 hipotezi kabul edilinceye kadar devam eder. Ancak burada çıkarılan her bir kanonik korelasyon katsayısı için ki- kare serbestlik derecesi yeniden düzenlenir.

“j” adım sayısını göstermek üzere ki kare serbestlik derecesi $(p-j+1)(q-j+1)$ olarak hesaplanır. ve $(p-j+1)(q-j+1)$ serbestlik dereceli χ^2 tablo değeri ile karşılaştırılır.(alpar) Kümelerdeki değişken sayılarının çok olması durumunda yukarıda verilen sürecin izlenmesi ve işlemlerin fazla olması sebebiyle elde edilen kanonik korelasyon katsayılarının sıralanıp aralarındaki en büyük aralık belirlenerek test işlemine bu üst değer ile başlanması zaman kazandıracaktır. Ayrıca hesaplanan Λ katsayısının sıfıra yakın olması H_0 hipotezinin reddedileceğine 0.5'e yakın ya da daha büyük olması ise H_0 hipotezinin kabul edileceğini işaret etmektedir (1).

2.6.5. Kanonik Yüklerin Hesaplanması (Canonical Weights)

U_i ve W_i kanonik değişkenleri tüm birimlerin gözlenen değişkenlerine göre hesaplanarak birimlerin kanonik değişken skorları hesaplanır. Bu kanonik skorlar U_i ve W_i ile gözlenen X_i ve Y_i değerleri arasındaki ikili korelasyon katsayıları hesaplanır. Hesaplanan bu korelasyonlara kanonik yükler veya kanonik yapı adı verilir. Denklem 2.54'.deki gibi hesaplanır. Bu katsayılar hangi değişkenin hangi kanonik değişken üzerinde önemli rol oynadığını belirlemede kullanılır. Böylece her bir değişkenin varyansının yüksek oranda hangi kanonik korelasyon ile temsil edilebileceğini ya da hangi değişkenin ağırlıklı olarak hangi kanonik korelasyon ile temsil edilebildiğini belirleme imkanı verir (7).

Denklem 2.54. Kanonik yükler

$$C_{U_i X_i} = kor(U_i X_i) \quad C_{U_i Y_i} = kor(U_i Y_i)$$

Ayrıca denklem 2.55’de verildiği gibi birimlerin X kümesine ve Y kümesine ilişkin elde edilen kanonik ağırlıkları çapraz kümeler arasında da kanonik ağırlıklar hesaplanabilir (26).

Denklem 2.55.Çapraz Kümeler arasında hesaplanan kanonik ağırlıklar+

$$C_{W_i Y_i} = kor(W_i Y_i)$$

$$C_{W_i X_i} = kor(W_i X_i)$$

$$C_{U_i W_i} = kor(U_i W_i)$$

2.6.6. Kanonik Skorların Elde Edilmesi

Elde edilen kümesel ilişkiyi saçılım grafiği ile gösterebilmek için z ile standartlaştırılmış değişkenlerin ilgili kümeye ilişkin kanonik yüklerle çarpılarak kanonik skorlar hesaplanır. z ile standartlaştırma işlemi her bir değişkeni ortalamadan çıkartıp standart sapmaya bölerek gerçekleştirilir. Xkümesindeki birinci kanonik değişken için kanonik skor denklem 2.56’daki. gibi hesaplanır.

Denklem 2.56.Xkümesindeki birinci kanonik değişken için kanonik skor

$$K_{SX} - I = z X_1(C_{U_1 X_1}) + z X_2(C_{U_2 X_2}) + \dots + z X_i(C_{U_i X_i})$$

Aynı şekilde Y kümesindeki birinci kanonik değişken için kanonik skorlar denklem 2.57. gibi hesaplanır.

Denklem 2.57. Y kümesindeki birinci kanonik değişken için kanonik skorlar

$$KSY - I = z Y_1(C_{W_1Y_1}) + z Y_2(C_{W_2Y_2}) + \dots + z Y_i(C_{W_iY_i})$$

Burada KSX-I ile KSY-I skorları arasında elde edilen Pearson korelasyon katsayısı, birinci kanonik korelasyon katsayısını verir. Dolayısıyla birinci kanonik korelasyon katsayısı, değişkenlerin kanonik yüklerle ağırlıklandırılmasıyla elde edilen kanonik skorlar arasındaki korelasyon katsayısıdır. Benzer şekilde KSX-II ile KSY-II arasındaki Pearson korelasyon katsayısı ikinci kanonik korelasyon katsayısına eşit olur. Her iki kümeden elde edilen skorlara ilişkin saçılım grafikleri çizilerek ilişkinin doğrusallığı konusunda bilgi elde edilir (25).

2.6.7. Açıklanan Varyansın Bulunması

Açıklanan varyans, her bir değişken kümesi için hesaplanan kanonik yüklerin kareleri toplamının kümelerdeki değişken sayısına bölünmesi ile elde edilir. Denklem 2.58 ve denklem 2.59.'daki gibi hesaplanmaktadır.

Açıklanan varyans her bir küme için kanonik değişkenlerin gözlenen değişkenler kümesinin varyansının ne kadarını açıkladığını belirtmektedir. Bu oranın yüksekliği değişken kümeleri arasındaki kanonik korelasyonların gerçekten gözlenen iki küme arasındaki korelasyonu açıklamada yeterli olup olmadığını açıklamayı amaçlamaktadır (26).

Denklem 2.58. X kümesinin açıklanan varyansı

$$\text{Açıklanan Varyans (X)} = \sum_{i=1}^k C_{U_iX_i}^2 / p$$

Denklem 2.59.Y kümesinin açıklanan varyansı:

$$\text{Açıklanan Varyans } (Y) = \sum_{i=1}^k C_{W_i Y_i}^2 / q$$

2.6.8. Belirleme İndeksin Hesaplanması

Açıklanan varyans, iki değişken kümesinin orijinal değişkenler tarafından açıklanan indeksi olmayıp; kanonik değişken çiftleri tarafından açıklanan varyansını temsil etmektedir. Büyük örneklerde; küçük kanonik korelasyon katsayıları istatistik olarak önemli olabilirken, X ve Y değişken setleri arasında hesaplanan büyük kanonik korelasyon katsayıları da bu kümeler arasında güçlü bir korelasyonun olduğunu belirtmeyebilir. Çünkü kanonik korelasyon, X ve Y değişkenlerinin doğrusal bileşenlerini maksimize eder. X ve Y değişken kümelerinden herhangi birindeki değişkenliğin diğeri tarafından açıklanan kısmını belirtmez. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla belirleme (Redundancy) indeksi hesaplanır. Bu indeks, kümelerden birindeki değişkenliğin diğeri küme ile açıklanabilen kısmını belirtir. belirleme indeksi her kanonik korelasyon için hesaplanabilir (30).

X değişken kümesi için belirleme indeksi X değişken kümesinin kanonik yüklerinin kareleri toplamı bulunur ve bu toplam X kümesindeki değişken sayısına bölünür. bulunan değer en büyük özdeğer ile çarpılır. denklem 2.60 ile hesaplanır.

Denklem 2.60.X kümesi için belirleme indeksi

$$\text{Redundancy } (X) = \left[\sum_{i=1}^k C_{U_i X_i}^2 / p \right] \times \lambda_1$$

Y değişken kümesi için Redundancy indeksi Y değişken kümesinin kanonik yüklerinin kareleri toplamı bulunur ve bu toplam X kümesindeki değişken sayısına bölünür. Bulunan değer en büyük özdeğer ile çarpılır. Denklem 2.61 ile hesaplanır.

Denklem 2.61. Y kümesi için belirleme indeksi

$$Redundancy (Y) = \left[\sum_{i=1}^k C_{W_i Y_i}^2 / q \right] x \lambda_1$$

Denklem 2.59. ve denklem 2.60'da $\lambda_1 = \rho^2_1$ en büyük özdeğeri göstermektedir.

Örnek hacmi büyükse $\lambda = 0.30$ olan kanonik korelasyonların istatistiksel olarak önemi olacağı söylenir. Bu değerin karesi $r=0.09$ değeri kümelerin birbirleri ile ilişkisiz olma sınırı olarak alınabilir. Eğer gerekmezlik ölçüsü kümelerin, birbirlerinin sebep sonuç ilişkisini belirleme büyüklüğü olarak alınır, yüksek oranlar, değişken kümelerinin birbirleri ile yüksek düzeyde ilişkili olduğunu ifade eder (26).

2.7. Kanonik Korelasyon Analizinin Diğer Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle Karşılaştırılması

KKA, temel bileşenler analizi, diskriminant analizi, çok değişkenli regresyon analizi gibi yöntemlerle benzer özellikler göstermesine rağmen aralarında temel farklılıklar bulunmaktadır. Bağımlı yöntemlerin çoğu, genel bir yöntem olarak kanonik korelasyon analizinin özel bir şeklidir.

Çalışmada bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken olması durumunda kanonik korelasyon analizi basit korelasyon analizine, bir bağımlı ve birden fazla bağımsız değişken olması durumunda ise çoklu regresyon analizine dönüşmektedir.

Temel bileşenler analizinin amacı tıpkı kanonik korelasyon analizi gibi boyut indirgemesi yapmaktır. Her iki teknikte de özvektörlerden elde edilen doğrusal bileşenler oluşturulur ve bu oluşturulan doğrusal bileşenler üzerinden yorum yapılır. Ancak temel bileşenler analizinde incelen tüm değişkenler tek bir küme (X değişken kümesi) içerisinde yer alıyormuş gibi düşünülüp, bu değişken kümesine ait varyans-

kovaryans matrisi üzerinden özdeğer ve özvektörler hesaplanmaktadır. KKA'de ise, değişkenler en az iki değişken kümesine (X ve Y değişken kümesi) ayrılmakta ve kümeler arasından hesaplanan kovaryans matrisi üzerinden özdeğerler ve özvektörler hesaplanmaktadır (11). Temel bileşenler analizinde aralarında korelasyon bulunan p sayıda değişkenin açıkladığı yapıyı, aralarında korelasyon bulunmayan ve sayıca orijinal değişken sayısından daha az sayıda orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan değişkenlerle ifade eder (26,23). KKA ise her bir değişken kümesinde maksimum korelasyonlu ve birim varyanslı doğrusal bileşenler elde ederek boyut indirgemesi yaparak yorum yapmayı sağlar (31).

Değişken kümeleri arasındaki en büyük korelasyonu sağlamak amacıyla birbirinden bağımsız boyutlar türetebildiği için ayırma analizine de benzemektedir. Ayırma (discriminant) analizinde, her birinde p tane değişken bulunan k tane gruptan ($k > 2$) elde edilecek doğrusal kombinasyonlar yardımıyla, p tane değişkeni olan yeni bir bireyi (gözlemi), bu gruplardan birine atamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla, bağımsız değişkenlerin doğrusal bir bileşeni ya da bileşenleri elde edilir ve bu bileşenler kullanılarak gözlemler (ya da bireyler) bu gruplardan herhangi birine atanır. Ayırma analizi, KKA'nın özel bir hali olarak düşünülebilir. Ayırma analizinde kanonik korelasyon ayırma skorları yardımıyla gruplar arasındaki ilişkinin büyüklüğünü ölçer. Yani grup üyeliklerini tanımlayan göstermelik değişkenler kümesi ile tek bir ayırma fonksiyonu arasındaki ilişkinin ölçüsüdür. Bu yüzden herbir ayırma fonksiyonu için bir kanonik korelasyon hesaplanır. Kısaca ayırma analizi, ardışık kanonik değişkenlerin (ayırma analizinde ayırma fonksiyonlarının) hesaplandığı, eşitliğin bir tarafında grup üyeliklerinin, diğer tarafında bağımsız değişkenlerin olduğu kanonik korelasyon problemi olarak düşünülebilir (1).

2.8. En Küçük Kareler Yöntemi

En küçük kareler (EKK) yöntemi, lineer regresyon modelinde gözlenen X_i ve Y_i noktalarını temsil edecek en iyi regresyon doğrusunu bulmayı amaçlayan bir yöntemdir. Modelde, tahmin edilecek olan en uygun β_j parametreleri, gözlem noktalarının tahmin edilen doğruya olan uzaklıklarının kareler toplamını minimum yapacaktır. Bu amaç

doğrultusunda EKK yöntemi, regresyon modelindeki hata terimlerinin kareleri toplamını minimum yapan parametrelerin tahmin edilmesini sağlamaktadır (3). Tüm regresyon modelleri için tahmin edilecek β_j parametreleri için hata karaları toplamının β_j 'lere göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenir. Örneğin basit doğrusal regresyon modeli için β_0 ve β_1 in tahmini Denklem 2.62 ve denklem 2.63'de verilmiştir (32).

Denklem 2.62. Basit doğrusal regresyon modeli için β_0 in tahmini

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \quad i = 1, \dots, n$$

$$e_i = y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i$$

$$HKT = \sum (e_i)^2 = \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \text{ olmak üzere}$$

$$\frac{\partial HKT}{\partial \beta_0} = 0 \implies -2 \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) = 0$$

$$n\hat{\beta}_0 = \sum_{i=1}^n y_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

Denklem 2.63. Basit doğrusal regresyon modeli için β_1 in tahmini

$$\frac{\partial HKT}{\partial \beta_1} = 0 \implies -2x_i \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n xiy_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_i + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n xiy_i - \frac{\sum_{i=1}^n xiy_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

$\hat{\beta}_0$ ve $\hat{\beta}_1$ denklemde yerine yazılarak Denklem 2.64'deki tahmin modeli oluşturulur.

Denklem 2.64. Tahmin modeli

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$$

En küçük kareler yöntemi bazı varsayımlara sahiptir (32).

1. Gözlem değerlerine karşılık gelen hata terimlerinin beklenen değeri sıfırdır. Denklem 2.65 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.65. Hata terimlerinin beklenen değeri

$$E(e_i) = 0$$

2. Hata terimleri birbirinden bağımsızdır. Denklem 2.66 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.66. Hata terimlerinin kovaryansı

$$Cov(e_i, e_j) = 0 \quad i \neq j$$

3. Hata terimleri sabit varyansa sahiptir. Denklem 2.67 ile gösterilmiştir

Denklem 2.67.Hata terimlerinin varyansı

$$Var(e_i) = 0$$

4. Hata terimleri ile bağımlı değişkenler birbirinden bağımsızdır. Denklem 2.68 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.68.Hata terimleri ile bağımlı değişkenler arasındaki kovaryans

$$Cov(e_i, y_i) = 0$$

5. Hata terimleri ile bağımsız değişkenler birbirinden bağımsızdır. Denklem 2.69 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.69.Hata terimleri ile bağımsız değişkenler arasındaki kovaryans

$$Cov(e_i, x_i) = 0$$

6. Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur. Denklem 2.69 ile gösterilmiştir.

Denklem 2.69. Bağımsız değişkenler arasındaki kovaryans

$$Cov(x_i, x_j) = 0 \quad i \neq j$$

Bu varsayımların karşılanmadığı durumlarda yapılacak olan tahminler yanlış olacak ve hipotez testleri geçersiz olacaktır.

2.2. Çoklu Bağlantı Sorunu

EKK yönteminin uygulanabilmesi için bağımsız değişkenlerin kendi aralarında tam bir doğrusal bağıntıya sahip olmamaları gerekmektedir. Çoklu bağlantı, bir regresyon modelinde, bir veya birden fazla bağımsız değişkenin kendi aralarında ilişkili olma durumudur (33).

Çoklu bağlantı kavramını ilk olarak Ragnar Frisch ortaya atmıştır. Frisch, 1934 yılında yaptığı araştırmada; y , $n \times 1$ boyutlu vektör; X , $n \times k$ boyutlu girdi matrisi olmak üzere, bağımsız değişkenlerin iki ekonometrik dönemin toplamından oluştuğu $Y = X\beta$ regresyon denklemi üzerinden; (X) girdi matrisinin bazı sütunları arasındaki doğrusal bağımlılığın, $(X'X)$ matrisinin rankının bağımsız değişken sayısından daha küçük hesaplanmasına neden olduğu çıkarılmasını yapmıştır. Frisch bu durumda bazı bağımsız değişkenlerin modelden çıkartılabileceği önerisinde bulunmuştur. Çoklu bağlantı X , $n \times (p+1)$ boyutlu girdi matrisini göstermek üzere, x_1, x_2, \dots, x_p sütunlarının doğrusal bağımsızlığı açısından tanımlanabilir. $(k \leq p)$ olmak üzere, x_1, x_2, \dots, x_k bağımsız değişken vektörleri hepsi sıfır olmayan t_1, t_2, \dots, t_k skalerleri ile çarpıldığında

$\sum_{i=1}^k t_i x_i = t_1 x_1 + t_2 x_2 + \dots + t_k x_k = 0$ ise x_1, x_2, \dots, x_k vektörleri doğrusal bağımlıdır ve bu durumda tam çoklu bağlantıdan söz edilir.

Çoklu doğrusal regresyonun varsayımlarından biri $n \times (p+1)$ boyutlu X girdi matrisinin $(p+1)$ ranklı olmasıdır. Rankın $(p+1)$ olması X girdi matrisi sütunlarının birbirinden bağımsız olduğunu yani bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir bağıntı bulunmadığını gösterir. Ancak tam çoklu bağlantı durumunda, herhangi bir bağımsız değişken diğerleri türünden yazılabilir ve regresyon katsayılarının hesaplanması için gerekli olan $(p+1) \times (p+1)$ boyutlu $X'X$ matrisinin rankı $(p+1)$ 'den küçük olacağından tersi alınamamaktadır. Bu durumda tersi alınmadığı için $X'X$ matrisine “tekil” matris denilmektedir (34).

Bağımsız değişkenlerin arasında güçlü ilişkiler varsa, ancak tam bir ilişki olmadığı durumda, güçlü çoklu bağlantının varlığı söz konusudur.

Çoklu bağlantı sözcüğü de genellikle, sadece yaklaşık olarak sıfıra eşit olan doğrusal bağıntıların olduğu güçlü çoklu bağlantıyı ifade etmek için kullanılmaktadır.

Yani;

$\sum_{i=1}^k t_i x_i = t_1 x_1 + t_2 x_2 + \dots + t_k x_k \cong 0$ ise bu durumda güçlü çoklu bağlantıdan söz edilir.

Güçlü çoklu bağlantı durumunda, $X'X$ matrisinin tersi alınabilecektir (25).

2.9.1.Çoklu Bağlantı Sorununun Nedenleri

Çoklu bağlantı sorunun ortaya çıkmasında birden fazla neden bulunmaktadır.

1. Populasyonu temsil etmeyen örneklemin seçilmesi çoklu bağlantının en temel kaynağıdır. Araştırmacı sadece eğilimin yönünü belirleyen değişkenlerin (regressor) bulunduğu bölgeden bir örneklem seçmesi durumunda çoklu bağlantı durumu oluşacaktır.

2. Populasyonda ya da modelde fiziksel, kimyasal, biyolojik kısıtlamalar söz konusu olabilir. Popülasyondaki ilişki yapısının örnekleme de bulunması beklenebilir. Bu durumda bağımsız değişkenler arasında gerçekten ilişki olacaktır (34).

3. Veri setindeki değişkenlerin dönüşümlerinden yararlanarak ya da bu değişkenleri kullanarak hesaplanan yeni değişkenler üretmek, ilgili değişkenler arasında çoklu bağlantı ortaya çıkarabilir. Bu gibi durumlarda değişkenlerin oranları ve kuvvetleri, genellikle özgün değişkenlerle yaklaşık olarak çoklu bağlantılı olacaktır (35).

4. Gözlem sayısının değişken sayısından küçük olduğu durumda tam çoklu bağlantıya sebep olmaktadır (25).

2.9.2.Çoklu Bağlantı Sorunu Olması Durumunda Karşılaşılabilecek Problemler

Çoklu bağlantının olması modelde en fazla regresyon katsayıları üzerinde etkili olmaktadır. Regresyon katsayılarında meydana getirdiği değişiklikler aşağıda sıralanmıştır.

1. Çoklu bağlantının olması regresyon denkleminde elde edilen E.K.K tahmin edicisi olan regresyon katsayılarının ($\hat{\beta}_j$) varyansının çok büyük çıkmasına neden olur. Bu da bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin değerlendirilmesini zorlaştırır (36).

2. $Var(\hat{\beta}_j) = \sigma^2 c_{jj} = \sigma^2(1 - R_j^2)^{-1}$ eşitliğinde $R_j^2 = 0$ ise $Var(\hat{\beta}_j) = \sigma^2$ olacaktır. $R_j^2 \neq 0$ ise $Var(\hat{\beta}_j) > \sigma^2$ olacaktır.

3. Çoklu bağlantı yüzünden büyüyen varyanslar, regresyon katsayılarına ait güven aralıklarının genişlemesine sebep olur.

4. Çoklu bağlantı durumunda t istatistiklerinin tümü anlamsızken F istatistikleri anlamlı çıkabilir (25). Şöyle ki; $(X'X)^{-1}$ matrisinin köşegen elemanları ve R_j^2 dolayısıyla regresyon katsayılarına ait standart hata büyük çıkacaktır. Bu durumda regresyon katsayılarının ($\hat{\beta}_j$) anlamlılığını test etmek için kullanılan ve

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{s(\hat{\beta}_j)} = \frac{\hat{\beta}_j}{\sqrt{\sigma^2(1-R_j^2)^{-1}}} \quad \text{formülü ile hesaplanan t istatistik değerlerinin küçük}$$

çıkmasına sebep olur. Böylece, istatistiksel olarak önemli kabul edilebilecek regresyon katsayılarının önemsiz çıkmasına başka bir ifade ile regresyon katsayılarının ($\hat{\beta}_j$) anlamlılığını test etmek için kurulan sıfır hipotezinin kabul edilmesine sebep olur $\left(\begin{matrix} H_0: \hat{\beta}_j = 0 \\ H_1: \hat{\beta}_j \neq 0 \end{matrix} \right)$. Bu durumda da ikinci tip hata olasılığı artar.

5. Regresyon katsayılarının değerce büyüklüğü ve işaretinin beklenenin tersine çıkmasına sebep olur. Örneğin regresyon katsayısının işaretinin negatif çıkması beklenirken pozitif çıkabilir ya da tersi durum söz konusu olabilir (25).

2.9.3. Çoklu Bağlantı Sorunun Tespit Edilme Yöntemleri

Bir regresyon modelinde çoklu bağlantı sorunun olup olmadığını tespit edebilmek için kabaca 0.80'nin üzerinde olan korelasyon katsayılarının varlığı, regresyon katsayılarının büyüklüğü ve işaretinin beklenenin tersinde olması, tüm t istatistiklerinin anlamsız çıkması, modele eklenen ya da modelden çıkarılan bağımsız değişken ya da değişkenler sonucunda regresyon katsayılarında meydana gelen büyük değişiklikler çoklu bağlantının varlığını gösterebilir. Fakat kesin ve güvenilir sonuçları elde

edebilmek için çoklu bağlantının derecesinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan yöntemler sayesinde çoklu bağlantının derecesine karar verilebilmektedir. Bu yöntemler şöyledir;

2.9.3.1. Bağımsız Değişkenlere Ait Korelasyon Matrisinin Kullanımı

Bağımsız değişkenlerin oluşturduğu korelasyon matrisinde herhangi iki bağımsız değişken arasındaki korelasyon katsayısının 1'e yaklaşması yakın doğrusal bağımlılığı göstermektedir. Kolay bir yöntem olmasına rağmen doğrusal bağımlılığın derecesini göstermede yetersizdir (37).

2.9.3.2. Çoklu Açıklayıcılık Katsayısının Kullanılması (R^2)

Çoklu bağlantının sebebi olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesine bakılarak çoklu bağlantının derecesine karar verilebilir. Çoklu açıklayıcılık (belirtme) katsayısı R^2 , modelde yer alan diğer bağımsız değişkenlerle ilişkili olan x_j bağımsız değişkenindeki varyans oranını ifade eder (38).

R^2 , bir bağımsız değişken yardımıyla diğer bağımsız değişkenlerin ne kadar iyi tahmin edileceğini göstermektedir. Herhangi bir x_j bağımsız değişkeni ile geriye kalan diğer bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının karesidir. R^2 'nin 1'e yakın olması durumunda x_j değişkeni ile diğer bağımsız değişken ya da değişken alt kümesi arasında güçlü çoklu bağlantı olduğunun göstergesidir (25).

2.9.3.3. Tolerans Değerinin Kullanılması

Tolerans, diğer bağımsız değişkenlerle ilişkili olmayan x_j bağımsız değişkeninin varyans oranını göstermektedir (39).

Herhangi bir bağımsız değişken için tolerans değeri $1 - R_j^2$ formülü ile hesaplanmaktadır. Bir değişkenin tolerans değeri 0.1' den büyükse ise bu değişkenin diğer değişkenler ile arasında çoklu bağlantı olmadığını gösterir (40).

Başka bir ifade ile 0'a çok yakın tolerans değerine sahip bağımsız değişken ile diğer bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı vardır.

2.9.3.5. Varyans Şişirme Faktörünün Kullanılması(Variance Inflation Factor-VIF)

Brownlee tarafından 1965 yılında $(X'X)^{-1}$ matrisinin köşegen elemanları varyans şişirme değerleri olarak adlandırılmıştır.

Çoklu doğrusal bağlantının tespitinde en yaygın ve kullanışlı yöntemlerden biri varyans şişirme faktörü (VIF) değerlerinin yorumlanmasıdır. VIF, x_j bağımsız değişkeni için tahmin edilen regresyon katsayısının varyansı üzerinde R_j^2 nin etkileri ile ilgili sezgisel bir yorumlamaya sahiptir (39).Denklem 2.70 ile hesaplanmaktadır.

Denklem 2.70. VIF değerlerinin Hesaplanması

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

VIF değerinin tolesans değeri ile ilişkisi $VIF = (1 - R_j^2)^{-1}$ şeklinde ifade edilir. Kısaca VIF değeri tolerans değerinin tersine eşittir.

Denklem 2.70'deki R_j^2 'nin sifira eşit olması durumunda VIF_j 1'e eşit olacaktır. R_j^2 1'e yaklaşırsa VIF_j değeri de sonsuza yaklaşacaktır. Bu durum tam çoklu bağlantının bir göstergesidir. VIF değerlerinin 10'dan büyük olması güçlü çoklu bağlantının varlığını ifade eder (41).

2.9.3.5. Korelasyon Matrisinin Öz değerlerinin Kullanımı

Öz vektör, değişkenlerin doğrusal bileşenleridir. p tane değişken için p tane öz vektör vardır. Öz değer ise öz vektörlerce açıklanan varyans olarak tanımlanmaktadır. $(X'X)$ matrisinin öz değerlerine bakılarak çoklu bağlantının derecesi konusunda bilgi sahibi olunur.

Sıfırdan farklı öz değerlerin sayısı $(X'X)$ matrisinin rankına eşittir $(X'X)$ matrisinin özdeğerlerinden bir tanesi sıfıra eşitse matris singüler matristir. Bu durumda ve $(X'X)$ matrisi çok küçük ($\lambda_j < 0,001$ gibi) özdeğerlere sahipse her iki durum için de veride doğrusal bağımlılık sözkonusu olacaktır(25).

2.9.3.6. Koşul Sayısı ve Koşul indeksi

Korelasyon matrisinin özdeğerleri kullanılarak 3 farklı yolla koşul sayısı hesaplanarak çoklu bağlantının derecesine karar verilebilir.

1. $(X'X)$ matrisine ait en büyük özdeğerin (λ_{max}) en küçük özdeğere (λ_{min}) oranlanması ile elde edilen değer koşul sayısı olarak adlandırılırlar. Koşul sayısının büyüklüğüne göre çoklu bağlantının derecesine karar verilir. Denklem 2.71 yardımıyla koşul sayısı ve koşul indeksi hesaplanır (37).

Denklem 2.71. Koşul sayısı koşul indeksi

$$k = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}}$$

$$k_i = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_i}$$

Koşul sayısı k , 100 den küçük ise ciddi bir çoklubağlantının olmadığını, 100-1000 arasında ise orta derecede çoklu bağlantı, 1000'den büyükse çok güçlü çoklu bağlantı olduğunu göstermektedir. Koşul indeksi sayısının 1000'den büyük korelasyon matrisinde çoklu bağlantı hakkında bilgi verir(25).

2. Çoklu bağlantının derecesine karar vermede bir başka yaklaşım da Khruri 1986 yılında koşul sayısının karekökünün alınmasını önermiştir. \sqrt{k} nın 10'dan küçük olması durumunda zayıf çoklu bağlantı, 10 ile 30 arasında orta,30'dan ya da 100'den büyük olması durumunda ise güçlü çoklubağlantı olduğunu göstermektedir. (42).

3. Pagel ve Lunneborg (43)öz değerlerin terslerinin toplamının değişken sayısına dolayısıyla öz değer sayısına eşit olması durumunda önemli derecede çoklu bağlantı bulunmadığını göstermiştir. Koşul sayısı öz değer sayısından oldukça büyükse güçlü derecede çoklu bağlantı olduğunu gösterir. Denklem 2.72 yardımıyla hesaplanır (43).

Denklem 2.72.

$$\sum_{i=1}^p \frac{1}{\lambda_i} = p$$

2.9.3.7. Korelasyon Matrisinin Determinantı ile Belirlenmesi

Korelasyon matrisinin determinantı alınarak çoklu bağlantının derecesine karar verilebilir. Hatırlanacağı üzere $(X'X)$ matrisinin determinantı değeri 0 ile 1 arasında değişir. Eğer $|X'X| = 1$ ise bağımsız değişkenler diktir. Bu durumda çoklu bağlantıdan söz edilemez. Ancak $|X'X| \cong 0$ ise güçlü derecede çoklu bağlantı olduğunu göstergesidir (33).

2.10. Çoklu Bağlantı Sorununun Giderilmesi için Kullanılan Yöntemler

Çoklu bağlantının giderilebilmesi için önerilen birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler çoklu bağlantının ortaya çıkmasındaki nedenlere göre farklılık göstermektedirler.

2.10.1. Gözlem Sayısını Arttırmak

Gözlem sayısının parametre sayısından az olduğu durumda gözlem sayısını artırılması veya değişken sayısını azaltılması önerilmektedir. Özellikle seçilen örneklemin popülasyonu temsil etmemesi durumunda gözlem sayısını arttırmak çoklu bağlantıyı ortadan kaldırabilir (44).

2.10.2. Yeni Model Belirlemek ve Değişken Seçimi Yapmak

Çoklu bağlantı sorununa bağımsız değişkenlerin neden olduğu durumlarda, aralarında çoklu bağlantı bulunan değişkenleri birleştirerek yeni bir değişken tanımlanır ve modelde ilişkili değişkenler yerine bu değişken kullanılarak yeniden model belirlenip çoklu bağlantı giderilebilir. Bu durumda kullanılacak başka bir alternatif yöntem ise değişken seçimi yapmaktır. Aralarında çoklu bağlantı bulunan ve bağımlı değişken ile minimum ilişki katsayısına sahip olan bağımsız değişken modelden çıkartılabilir. Ancak açıklayıcı değişkenlerden birinin çıkarılması modelin etkinliğini azaltabilir (45).

2.10.3. Alternatif Tahmin Yöntemlerinin Kullanılması

En küçük kareler yöntemi ile elde edilen tahmin ediciler yansızdır. Açıklayıcı değişkenlerin çoklu bağlantılı olması durumunda EKK tahmin edicileri yansız olmalarına rağmen varyanslar çok büyük olacaktır. Bu durumda minimum yanlılık üretmek amacıyla yanlı tahmin ediciler olarak da adlandırılan Ridge tahmin edicisi ve Temel Bileşenler regresyonu gibi yöntemler kullanılır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, kanonik korelasyon analizi tanıtılarak klinik bir veri üzerinde uygulanabilirliğini göstermektir. Ayrıca yapılan simülasyon çalışması ile küme sayısının iki olduğu ve kümelerde değişken sayısının farklı olduğu durumlarda (her iki kümede sırasıyla 2, 3, 4, 5, 6 iken) aralarında çoklu bağlantı sorunu bulunan verilere kanonik korelasyon analizi uygulayarak çoklu bağlantı sorununun kanonik korelasyon katsayılarının istatistiksel anlamlılığını ve kanonik korelasyonların toplam açıklanan varyans payını nasıl etkilediğini araştırmaktır. Ayrıca çoklu bağlantı durumunda elde edilen sonuçları TBA sonuçları ile karşılaştırarak yöntemlerin uygulanabilirliği hakkında fikir elde etmektir.

Çalışmamızın birinci bölümünde, düzenli spor yapıyor olmanın, sol karıncık (Left Ventricular) morfolojisindeki ve fonksiyonlarındaki fiziksel değişikliklerle olan ilişkisinin araştırmak amacıyla ekokardiyografi ile ölçülen sistolik ve diyastolik sol karıncık fonksiyonları ile empedans kardiyografi ile ölçülen hemodinamik parametrelerinin birbirleri ile olan kümesel ilişkisi kanonik korelasyon analizi kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla çalışmada yaşı 20 ± 2.5 olan, spor aktivitesine katılmayan 82 sağlıklı bireyin oluşturduğu kontrol grubu ile yaşı 20 ± 2.1 olan düzenli spor aktivitesine katılan 79 sağlıklı bireyin oluşturduğu sporcu grupları oluşturulmuştur.

Empedans kardiyografi ile ventriküler ejeksiyon süresi (VEPT), sol ventriküler ejeksiyon süresi (LVET), kalp atım hacmi (SV), kalp atım hızı (HR), total periferik direnç (TPR), miyokardiyal kasılma indeksi (İC) ölçülmüştür. Bu ölçümler bağımsız değişken kümesi (X) olarak kabul edilmiştir.

Ekokardiyografi ile mitral septal (SEP) anulus için sistolik hız (SEP SM), erken diyastolik hız (SEP EM) ve geç diyastolik hız (SEP AM); lateral (LAT) anulus için sistolik hız (LAT SM), erken diyastolik hız (LAT EM) ve geç diyastolik hız (LAT AM) ile bunun dışında artiyal kasılma sırasında erken diyastolik dolum (E), artiyal kasılma sırasında geç diyastolik dolum (A), isovolumetrik releksiyon süresi (IVRT), yavaşlama

süresi(DT) ve E/A oranı ölçülmüştür. Bu ölçümler bağımlı değişken kümesi (Y) olarak kabul edilmiştir.

İkinci bölümünde ise çoklu bağlantı sorununun kanonik korelasyon katsayısının gücü ve açıklanan toplam varyans payına olan etkisini incelemek amacıyla yapılan simülasyon çalışmasına yer verilmiştir.

KKA 'nın uygulanabilmesi için bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olmaması varsayımının sağlanması gerekmektedir. Değişkenler arasında ortaya çıkan ÇB sorunu, veri matrisinin şişkinlik göstermesine sebep olur bu da veri matrisinin KKA için kötü koşullara (matrix ill conditioning) sahip olduğunu belirtir. Bu matrisler ile yapılan analiz KKA sonuçlarını alt üst edecek geçerliliğini ve güvenilirliğini azaltacaktır (22). Ayrıca ÇB'nin varlığı kanonik korelasyonun anlamlılığını ve paylaşılan varyans oranını da etkilemektedir.

Uygulamada üzerinde çalışılan araştırma konularında değişken sayıları her iki kümede de iki ya da ikiden fazla hatta bazı durumlarda dört ya dörtten fazla bile olabilmektedir. Bu durumda değişken sayısı artıkça değişkenler arasında ÇB çıkma olasılığı da artabilmektedir.

Temel bileşen regresyonu; “her doğrusal regresyon modelinin bir dik açıklayıcı değişkenler kümesine dayanarak yeniden açıklanabileceği” gerçeği üzerine oturtulmuştur. Bu yeni ve dik açıklayıcı değişkenler, orijinal açıklayıcı değişkenlerin doğrusal bileşeni olarak elde edilirler ve bağımsız değişkenlerin temel bileşenleri olarak adlandırılırlar.

Temel bileşenler analizi sonucunda, p boyutlu uzayı çok iyi tanımlayan p tane yeni dik değişken (temel bileşen ya da öz vektör) elde edilir. p tane değişkenin taşıdığı bilginin k tane ($k \leq p$) yeni değişkenle açıklanması ise temel bileşenlerin ana amacını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda p boyutlu uzaydaki toplam varyans (öz değerlerin toplamı), her biri öz vektörlerle tanımlanan yeni değişkenlerle ifade edilir. elde edilen bu yeni değişkenlerde en büyük varyans (öz değer) birinci özvektöre, en küçük varyans sonuncu öz vektöre ait olur ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_p$). TBA sonucunda dik olmayan (ortagonal olmayan) veri kümesi için, değişkenlerin birbirine dik olduğu yeni değişkenler kümesi elde edilir. Elde edilen yeni değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları, bu değişkenlerin birbirlerine dik olması nedeniyle sifıra eşittir.

Çoklu bağlantı sorununun KKA ile elde edilen açıklanan toplam varyans üzerine ve KKK'nın gücü üzerine olan etkisini incelemek amacıyla iki farklı deneme düzeni oluşturulmuştur.

Birinci deneme düzeni için ortak varyans-kovaryans matrisi oluşturulmuştur. Değişkenler arasında Çoklu bağlantı sorunun olmaması için ortak varyans-kovaryans matrisi kullanılarak hem değişkenler arasındaki hem de setler arasındaki korelasyonlar sırasıyla $r = 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90$ olacak şekilde ortak alınmıştır. Ancak burada $r = 0.80$ ve $r = 0.90$ düzeyinde korelasyonlar için değişkenler arasında ÇB sorunun çıkabileceği dikkate alınmıştır.

Ortak varyans-kovaryans matrisli grupta, değişken sayıları sırasıyla arttırılarak her sette 2, 3, 4, 5, 6 olarak alınmıştır. Setler arasındaki bu korelasyonların anlamlı çıkabilmesi için setlerdeki değişken sayıları dikkate alınarak, kanonik korelasyonun anlamlılığını test etmek için kullanılan Bartlett istatistiğinin formülü yardımıyla $\alpha = 0.05$ anlamlılık seviyesinde, uygun serbestlik dereceli Ki-Kare tablo değerleri kullanılarak minimum örnek genişlikleri hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri ve belirtilen korelasyon düzeyleri için veriler MNRD v2. paket programı kullanılarak Ortalaması 0, standart sapması 1 olacak şekilde çok değişkenli normal dağılıma uygun veriler üretilmiştir. Veri üretimi her bir set için 1000 kez tekrarlanmıştır.

İkinci deneme düzeni setler içi sabit korelasyonu $r = 0.99$ olan grup olarak adlandırılmıştır. Setler içi korelasyonlar $r = 0.99$ düzeyinde sabit tutularak değişkenler arasında güçlü çoklu bağlantı oluşturulması sağlanmıştır. Setler arası korelasyonlar ise sırasıyla $r = 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 0.99$ düzeyinde alınmıştır. Aynı zamanda setler arası korelasyonun $r = 0.80, 0.90$ ve 0.99 düzeyleri için setler arası yüksek çoklu bağlantı durumu da oluşturulmuştur.

Setler içi sabit korelasyonu $r = 0.99$ olan grupta, değişken sayıları sırasıyla arttırılarak her sette 2, 3, 4, 5, 6 olarak alınmıştır. Kontrol grubunda hesaplanan örnek genişliklerinde veriler MNRD v2. paket programı kullanılarak Ortalaması 0, standart sapması 1 olacak şekilde çok değişkenli normal dağılıma uygun veriler üretilmiştir. Veri üretimi her bir set için 1000 kez tekrarlanmıştır.

Her iki gruba da Kanonik korelasyon analizi ve Temel Bileşen Analizi SPSS 17.0 istatistik paket programı yardımıyla uygulanmıştır. KKA için Syntax Editor menüsünde komut yazılmıştır.

İki analiz sonucunda elde edilen toplam açıklanan varyans payının (R^2) ve KKK 'larının gücünün çoklu bağlantı durumundaki değişimi, değişken sayısından, korelasyon yapılarından ve uygulanan istatistik metotlardan nasıl etkilendiği kontrol grubuyla karşılaştırılarak incelenmiştir.

3.1. Her İki kümede de Değişken Sayısının 2 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r=0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları

3.1.1. Hipotezler

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = 0$ (Kanonik korelasyon katsayıları önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon katsayısı önemlidir)

Adım 1: Değişken sayısının her iki kümede de iki olduğu durumda korelasyon matrisi Denklem 3.1'deki gibi oluşturulmuştur.

Denklem 3.1. İki değişkenli kümeler için korelasyon matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,99 & \rho & \rho \\ 0,99 & 1 & \rho & \rho \\ \rho & \rho & 1 & 0,99 \\ \rho & \rho & 0,99 & 1 \end{bmatrix} \quad (\rho = 0.1, 0.2, \dots, 0.99)$$

Adım 2: Gerekli örnek genişlikleri, kümeler arasında olması planlanan kanonik korelasyon katsayıları ve $\alpha = 0.05$ istatistik anlamlılık seviyesinde; 4 (pxq serbestlik dereceli Ki Kare kritik tablo değeri dikkate alınarak Denklem 2.52 ve Denklem 2.53 ile verilen Bartlett test istatistiği yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1.İki değişkenli kümeler için r ve N

DEĞİŞKEN SAYISI	r	N
2+2	0.10	475
	0.20	120
	0.30	54
	0.40	31
	0.50	20
	0.60	14
	0.70	11
	0.80	8
	0.90	6
	0.99	5

Adım 3:Her bir korelasyon matrisi için 0 ortalama ve 1 standart sapmalı normal dağılım gösteren veri üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrar edilmiştir.

Adım 4:Elde edilen verilere ayrı ayrı KKAve TBA uygulanarak toplam açıklanan varyans payları yüzde (%) cinsinden ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan kanonik korelasyonlar kaydedilmiştir.

3.2. Her İki kümede de Değişken Sayısının 3 Olduğu Durumda Setler İçi Sabit Korelasyonu $r=0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları

3.2.1. Hipotezler

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$ (Kanonik korelasyon katsayıları önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon katsayısı önemlidir)

Adım 1: Değişken sayısının her iki kümede de üç olduğu durumda korelasyon matrisi Denklem 3.2'deki gibi oluşturulmuştur.

Denklem 3.2. Üç değişkenli kümeler için korelasyon matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 1 & 0,99 & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 1 & \rho & \rho & \rho \\ \rho & \rho & \rho & 1 & 0,99 & 0,99 \\ \rho & \rho & \rho & 0,99 & 1 & 0,99 \\ \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 1 \end{bmatrix} \quad (\rho = 0.1, 0.2, \dots, 0.99)$$

Adım 2: Gerekli örnek genişlikleri, kümeler arasında olması planlanan kanonik korelasyon katsayıları ve $\alpha = 0.05$ istatistik anlamlılık seviyesinde; 9 (pxq) serbestlik dereceli Ki Kare kritik tablo değeri dikkate alınarak Denklem 2.52 ve Denklem 2.53 ile verilen Bartlett test istatistiği yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2.Üç değişkenli kümeler için r ve N

DEĞİŞKEN SAYISI	r	N
3+3	0.10	565
	0.20	142
	0.30	64
	0.40	37
	0.50	24
	0.60	17
	0.70	12
	0.80	10
	0.90	8
	0.99	6

Adım 3:Her bir korelasyon matrisi için 0 ortalama ve 1 standart sapmalı normal dağılım gösteren veri üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrar edilmiştir.

Adım 4:Elde edilen verilere ayrı ayrı KKA ve TBA uygulanarak toplam açıklanan varyans payları yüzde (%) cinsinden ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan Kanonik korelasyonlar kaydedilmiştir.

3.3. Her İki kümede de Değişken Sayısının 4 Olduğu Durumda Setler İçi Sabit Korelasyonu $r=0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları

3.3.1. Hipotezler

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = 0$ (Kanonik korelasyon katsayıları önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon katsayısı önemlidir)

Adım 1: Değişken sayısının her iki kümede de 4 olduğu durumda korelasyon matrisi Denklem 3.3' deki gibi oluşturulmuştur.

Denklem 3.3 Dört değişkenli kümeler için korelasyon matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & \rho & \rho & \rho & \rho \\ \rho & \rho & \rho & \rho & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 \\ \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 \\ \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 \end{bmatrix} \quad (\rho = 0.1, 0.2, \dots, 0.99)$$

Adım 2: Gerekli örnek genişlikleri, kümeler arasında olması planlanan kanonik korelasyon katsayıları ve $\alpha = 0.05$ istatistik anlamlılık seviyesinde; 16 (pxq) serbestlik dereceli Ki Kare kritik tablo değeri dikkate alınarak Denklem 2.52 ve Denklem 2.53 ile verilen Bartlett test istatistiği yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3.Dört değişkenli kümeler için r ve N

DEĞİŞKEN SAYISI	r	N
4+4	0.10	700
	0.20	166
	0.30	75
	0.40	43
	0.50	28
	0.60	20
	0.70	15
	0.80	12
	0.90	9
	0.99	7

Adım 3:Her bir korelasyon matrisi için 0 ortalama ve 1 standart sapmalı normal dağılım gösteren veri üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrar edilmiştir.

Adım 4:Elde edilen verilere ayrı ayrı KKA ve TBA uygulanarak toplam açıklanan varyans payları yüzde (%) cinsinden ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan Kanonik korelasyonlar kaydedilmiştir.

3.4. Her İki kümede de Değişken Sayısının 5 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r=0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları

3.4.1 Hipotezler

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_5 = 0$ (Kanonik korelasyon katsayıları önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon katsayısı önemlidir)

Adım 1: Değişken sayısının her iki kümede de 5 olduğu durumda korelasyon matrisi Denklem 3.4'deki gibi oluşturulmuştur.

Denklem 3.4 Beş değişkenli kümeler için korelasyon matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 \end{bmatrix}$$

($\rho = 0.1, 0.2, \dots, 0.99$)

Adım 2: Gerekli örnek genişlikleri, kümeler arasında olması planlanan kanonik korelasyon katsayıları ve $\alpha = 0.05$ istatistik anlamlılık seviyesinde; 25 (pxq) serbestlik dereceli Ki Kare kritik tablo değeri dikkate alınarak Denklem 2.52 ve Denklem 2.53 ile verilen Bartlett test istatistiği yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Beş değişkenli kümeler için r ve N

DEĞİŞKEN SAYISI	r	N
5+5	0.10	755
	0.20	190
	0.30	86
	0.40	50
	0.50	33
	0.60	23
	0.70	17
	0.80	14
	0.90	11
	0.99	8

Adım 3:Her bir korelasyon matrisi için 0 ortalama ve 1 standart sapmalı normal dağılım gösteren veri üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrar edilmiştir.

Adım 4:Elde edilen verilere ayrı ayrı KKA ve TBA uygulanarak toplam açıklanan varyans payları yüzde (%) cinsinden ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan Kanonik korelasyonlar kaydedilmiştir.

3.5. Her İki kümede de Değişken Sayısının 6 Olduğu Durumda Setler içi Sabit Korelasyonu $r=0.99$ olan Grup için Yapılan Simülasyon Adımları

3.5.1. Hipotezler

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_6 = 0$ (Kanonik korelasyon katsayıları önemsizdir)

$H_1 : \text{En az bir } \rho_i \neq 0$ (En az bir tane kanonik korelasyon katsayısı önemlidir)

Adım 1: Değişken sayısının her iki kümede de 6 olduğu durumda korelasyon matrisi Denklem 3.5'deki gibi oluşturulmuştur.

Denklem 3.5.Altı değişkenli kümeler için korelasyon matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 & 0,99 \\ & \rho & \rho & \rho & \rho & \rho & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 0,99 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\rho = (0.1, 0.2, \dots, 0.99)$$

Adım 2: Gerekli örnek genişlikleri, kümeler arasında olması planlanan kanonik korelasyon katsayıları ve $\alpha = 0.05$ istatistik anlamlılık seviyesinde; 36 (pxq) serbestlik dereceli Ki Kare kritik tablo değeri dikkate alınarak Denklem 2.52 ve Denklem 2.53 ile verilen Bartlett test istatistiği yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan örnek genişlikleri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5.Altı değişkenli kümeler için r ve N

DEĞİŞKEN SAYISI	r	N
6+6	0.10	833
	0.20	210
	0.30	95
	0.40	55
	0.50	36
	0.60	26
	0.70	19
	0.80	15
	0.90	12
	0.99	10

Adım 3:Her bir korelasyon matrisi için 0 ortalama ve 1 standart sapmalı normal dağılım gösteren veri üretilmiştir. Bu işlem 1000 kez tekrar edilmiştir.

Adım 4:Elde edilen verilere ayrı ayrı KKA ve TBA uygulanarak toplam açıklanan varyans payları yüzde (%) cinsinden ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan Kanonik korelasyonlar kaydedilmiştir.

4.BULGULAR

4.1.Kanonik Korelasyon Analiz Sonuçları

4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Kanonik korelasyon analizi yapılmadan önce gerekli varsayım ve koşulların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiş ve tüm koşul ve varsayımları sağladığı tespit edilmiştir.Yaşı 20 ± 2.5 olan ve spor aktivitesine katılmayan 82 sağlıklı bireyin oluşturduğu kontrol grubu ile yaşı 20 ± 2.1 olan ve düzenli spor aktivitesine katılan 79 sağlıklı bireyin oluşturduğu sporcu gruplarından alınan empedans kardiyografi ile ölçülen hemodinamik parametrelerine ile ekokardiyografi ile ölçülen sistolik ve diyastolik sol karıncık fonksiyonları ait ölçümler ve tanımlayıcı istatistikler şöyledir;

Empedans kardiyografi ile ventriküler ejeksiyon süresi(VEPT), sol ventriküler ejeksiyon süresi(LVET), kalp atım hacmi (SV), kalp atım hızı (HR), total periferik direnç(TPR), miyokardiyal kasılma indeksi(İC) ölçülmüştür. Bu ölçümler bağımsız değişken kümesi (X) olarak kabul edilmiştir.

Ekokardiyografi ile mitral septal (SEP) anulus için sistolik hız (SEP SM),erken diyastolik hız(SEP EM) ve geç diyastolik hız (SEP AM); lateral (LAT) anulus için sistolik hız (LAT SM),erken diyastolik hız(LAT EM) ve geç diyastolik hız (LAT AM) ile bunun dışında artiyal kasılma sırasında erken diyastolik dolun(E), artiyal kasılma sırasında geç diyastolik dolun (A), isovolumetrik releksiyon süresi(IVRT), yavaşlama süresi(DT) ve E/A oranı ölçülmüştür. Bu ölçümler bağımlı değişken kümesi (Y) olarak kabul edilmiştir. Ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1.Ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler

		KONTROL (N=82)	SPORCU (N=79)
		Ort± s.s	Ort± s.s
Empedenas Kardiyografi (X kümesi)	VEPT	3.044±0.505	3.282±0.524
	LVET	0.322±0.018	0.320±0.025
	SV	72.173±17.919	78.763±19.626
	HR	77.486±9.324	68.308±9.902
	TPR	1324.272±373.159	1340.103±402.783
	İC	0.075±0.017	0.077±0.018
Ekokardiyografi (Y kümesi)	LAT SM	0.121±0.026	0.115±0.027
	LAT EM	0.186±0.043	0.190±0.038
	LAT AM	0.086±0.024	0.079±0.020
	SEP SM	0.094±0.015	0.103±0.115
	SEP EM	0.147±0.025	0.142±0.023
	SEP AM	0.076±0.023	0.067±0.013
	E	0.944±0.158	0.975±0.149
	A	0.570±0.117	0.544±0.115
	E/A	1.693±0.327	1.843±0.368
	IVRT	65.176±13.937	71.467±16.018
	DT	171.986±26.336	180.317±24.412

4.1.2. Değişkenlere Ait Korelasyon Matrisleri

Kontrol ve sporcu gruplarına göre X ve Y kümelerinin kendi içinde ve X ve Y kümelerinin kendi aralarındaki basit korelasyon katsayılarına ait matrisler Çizelge 4.1.2, Çizelge 4.1.3, Çizelge 4.1.4 ile verilmiştir.

Çizelge 4.1.2. X kümesi içindeki korelasyonlar

KONTROL						
	VEPT	LVET	SV	HR	TPR	ïc
VEPT	1.000					
LVET	-0.125	1.000				
SV	0.390	0.157	1.000			
HR	-0.007	-0.561	-0.221	1.000		
TPR	-0.305	0.074	-0.818	-0.194	1.000	
ïc	-0.255	0.043	0.755	-0.099	-0.682	1.000
SPORCU						
	VEPT	LVET	SV	HR	TPR	ïc
VEPT	1.000					
LVET	0.210	1.000				
SV	0.370	0.140	1.000			
HR	-0.147	-0.558	-0.303	1.000		
TPR	-0.224	0.121	-0.758	-0.189	1.000	
ïc	-0.209	-0.247	0.766	-0.077	-0.694	1.000

Çizelge 4.1.3.Kontrol grubu için Y kümesi içindeki korelasyonlar

KONTROL											
	LAT SM	LAT EM	LAT AM	SEP SM	SEP EM	SEP AM	E	A	E/A	IVRT	DT
LAT SM	1.000										
LAT EM	0.368	1.000									
LAT AM	0.366	0.192	1.000								
SEP SM	0.382	0.476	0.063	1.000							
SEP EM	0.150	0.387	-0.012	0.454	1,000						
SEP AM	0.259	0.135	0.315	0.368	0.200	1.000					
E	0.235	0.446	0.024	0.341	0.328	-0.013	1.000				
A	0.173	0.247	0.234	0.165	0.111	0.156	0.459	1.000			
E/A	0.027	0.142	-0.224	0.148	0.197	-0.177	0.434	-0.588	1.000		
IVRT	-0.020	-0.030	0.131	-0.244	-0.149	-0.129	-0.009	0.097	-0.108	1.000	
DT	-0.153	-0.163	0.119	-0.102	-0.143	0.119	-0.045	0.006	-0.065	0.090	1.000

Çizelge 4.1.4.Sporcu grubu için Y kümesi içindeki korelasyonlar

SPORCU											
	LAT SM	LAT EM	LAT AM	SEP SM	SEP EM	SEP AM	E	A	E/A	IVRT	DT
LAT SM	1.000										
LAT EM	0.233	1.000									
LAT AM	0.370	0.125	1.000								
SEP SM	-0.142	0.193	-0.111	1.000							
SEP EM	0.038	0.266	-0.010	0.065	1.000						
SEP AM	0.149	-0.208	0.325	-0.035	-0.032	1.000					
E	0.018	0.256	0.144	0.049	0.196	0.090	1.000				
A	0.178	-0.005	0.303	-0.143	-0.024	0.309	0.299	1.000			
E/A	-0.192	0.213	-0.214	0.241	0.193	-0.166	0.490	-0.651	1.000		
IVRT	-0.115	0.024	0.197	-0.065	-0.202	-0.181	-0.024	0.103	-0.135	1.000	
DT	0.085	-0.125	-0.076	0.015	0.137	-0.131	0.100	0.057	0.033	-0.017	1.000

Çizelge 4.1.5.Kontrol grubu için X ve Y kümeleri arasındaki korelasyonlar

KONTROL						
	VEPT	LVET	SV	HR	TPR	İC
LAT SM	0.113	-0.008	0.127	0.021	-0.031	-0.050
LAT EM	0.035	0.123	0.036	-0.119	0.147	0.082
LAT AM	0.004	-0.212	0.073	0.061	-0.103	-0.029
SEP SM	0.246	0.042	0.162	-0.117	0.010	0.041
SEP EM	0.004	0.060	-0.035	0.082	-0.065	0.002
SEP AM	0.077	-0.072	0.024	-0.001	0.006	-0.180
E	-0.023	0.090	0.326	-0,175	-0.218	0.368
A	-0.037	-0.309	0.130	0.226	-0.168	0.207
E/A	0.036	0.387	0.154	-0.392	-0.017	0.116
IVRT	-0.128	-0.086	0.007	0.029	-0.014	0.045
DT	0.036	-0.235	0.052	0.095	-0.083	0.027

Çizelge 4.1.6.Sporcu grubu için X ve Y kümeleri arasındaki korelasyonlar

SPORCU						
	VEPT	LVET	SV	HR	TPR	İc
LAT SM	0.231	0.112	-0.008	-0.184	0.106	-0.208
LAT EM	0.043	0.174	0.171	-0.223	-0.171	0.103
LAT AM	0.006	-0.225	0.025	0.102	0.038	0.086
SEP SM	0.426	0.208	0.175	-0.235	-0.129	0.058
SEP EM	0.010	0.014	0.034	-0.104	-0.034	-0.020
SEP AM	0.096	-0.155	-0.148	0.141	0.196	-0.140
E	-0.104	-0.123	0.038	-0.051	-0.030	0.129
A	-0.139	-0.223	-0.086	0.281	-0.036	0.017
E/A	0.064	0.099	0.108	-0.252	-0.020	0.083
IVRT	-0.178	-0.064	0.229	0.026	-0.186	0.333
DT	0.066	-0.162	0.035	-0.137	-0.019	0.016

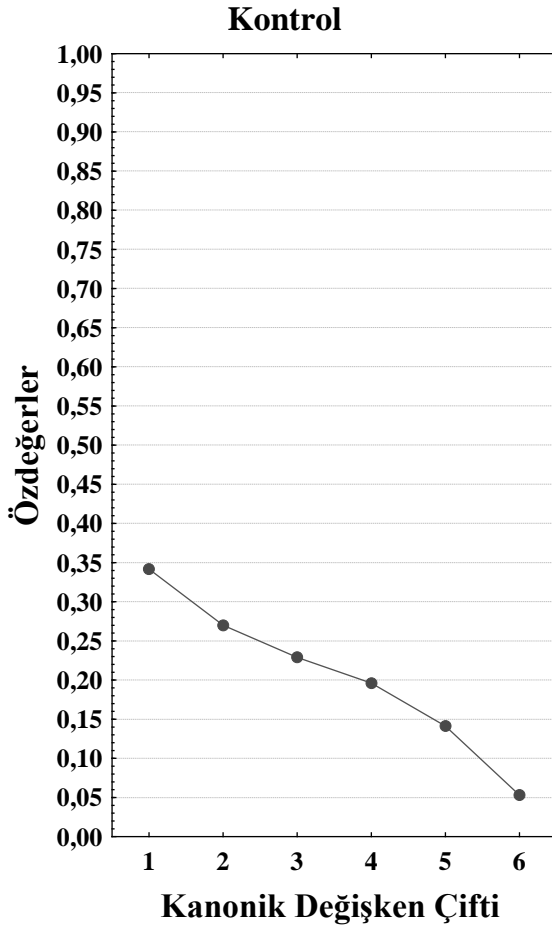
4.1.3. Özdeğerlerin Hesaplanması

Kanonik kök olarak da adlandırılan özdeğerler ve özdeğerlere ait grafikler, elde edilen yeni kanonik değişken çiftleri arasında meydana gelen değişimi ve oluşturulan modeller ile orijinal değişkenlerde görülen toplam varyasyonun ne kadarını açıklayabildiği hakkında bilgi vermektedir. Kontrol grubunda incelenen özellikler arasında görülen toplam varyasyonun % 34'ü, sporcu bireylerde ise toplam varyasyonun % 77.7' si birinci kanonik değişken çifti ile açıklanmaktadır. Toplam varyasyonun büyük kısmını açıklayan 1.özdeğerden sonra elde edilen diğer kanonik değişkenlerin toplam varyasyonu açıklama yüzdelerinde özellikle sporcu grubunda ciddi düşüşler gözlemlenmiştir. Orijinal değişkenlerdeki toplam varyasyonu 17 değişkenle açıklamak yerine tek bir değişken çifti ile açıklanması sağlanmıştır.

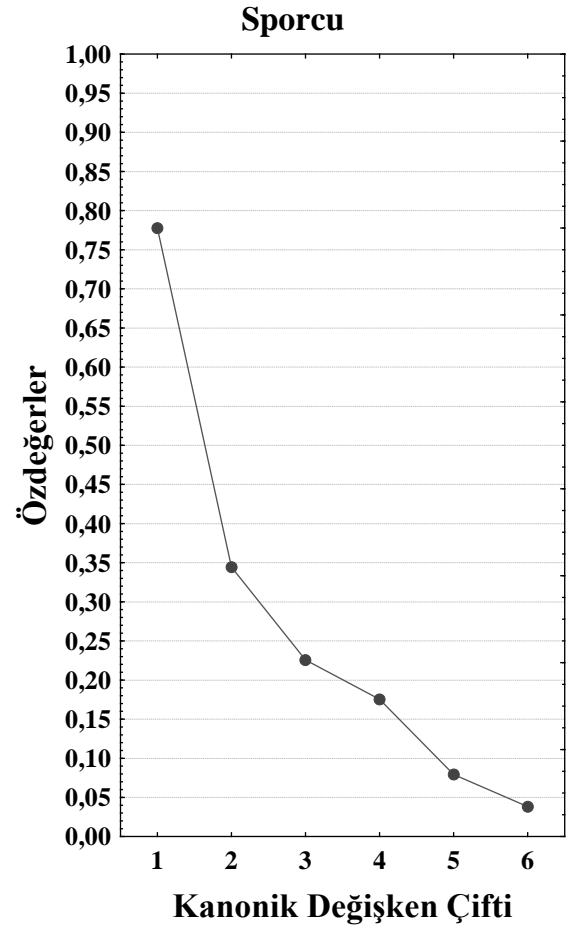
Kontrol ve sporcu gruplarına göre elde edilen özdeğerler Çizelge 4.1.5 ile özdeğerlere ve kanonik değişken çiftlerine ait grafikler ise Şekil 4.1.1 ve Şekil 4.1.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.7.Kontrol ve sporcu grupları için özdeğerler

ÖZDEĞERLER	KONTROL	SPORCU
λ_1	0.341	0.777
λ_2	0.269	0.344
λ_3	0.228	0.225
λ_4	0.1957	0.175
λ_5	0.1408	0.079
λ_6	0.0525	0.038

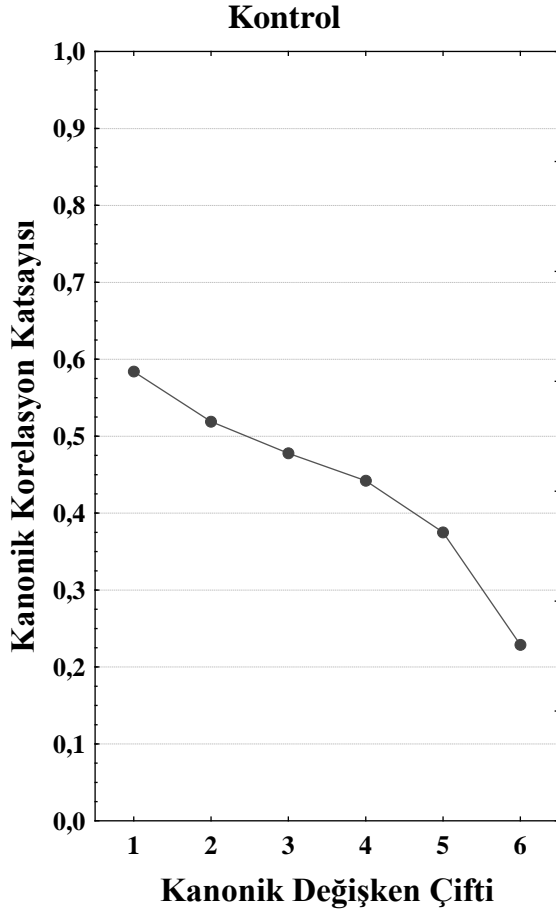


Şekil 4.1.1.Kontrol grubunda özdeğerlere ait grafik

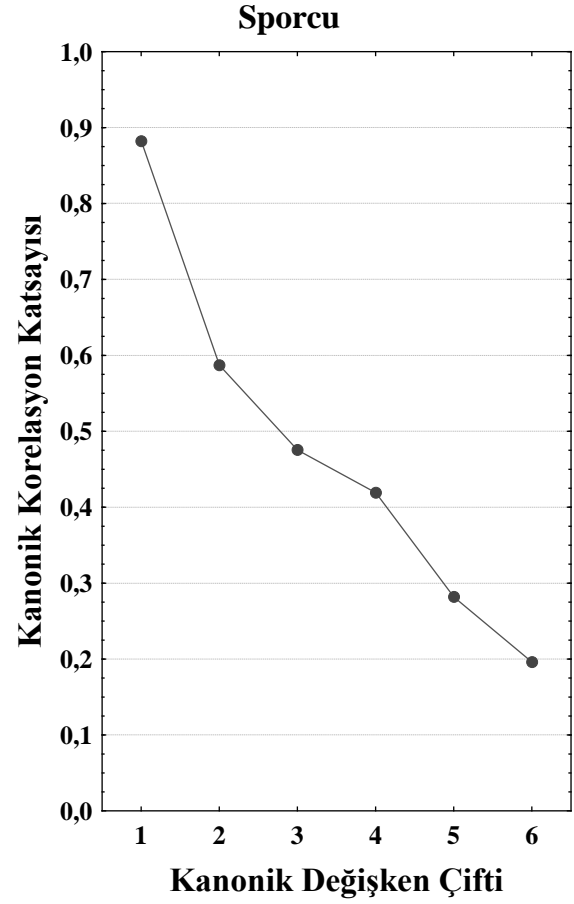


Şekil 4.1.2.Sporcu grubunda özdeğerlere ait grafik

Kanonik değişken çiftleri arasında hesaplanan kanonik korelasyon katsayılarına ait grafikler istatistiksel önem kontrolleri yapılmadan incelendiğinde kontrol grubunda birinci kanonik korelasyon katayısının yaklaşık % 60, sporcu grubunda ise yaklaşık %90 olduğu görülmektedir. Yine özellikle sporcu grubundabirinci kanonik korelasyon katsayısından sonra hesaplanan diğer kanonik korelasyon katsayılarında ciddi düşüşler gözlemlenmiştir.X kümesinde 6, Y kümesinde 11 adet değişken bulunduğu için 6 adet kanonik değişken çifti ve bu değişken çiftleri arasından da 6 adet kanonik korelasyon katayısı hesaplanmıştır.Kanonik korelasyon katsayılarına ve kanonik değişken çiftlerine ait grafikler ise Şekil 4.1.3 ve Şekil 4.1.4’de verilmiştir.



Şekil 4.1.3. Kontrol grubunda kanonik korelasyon katsayılarına ait grafik



Şekil 4.1.4. Sporcu grubunda kanonik korelasyon katsayılarına ait grafik

4.1.4. Kanonik Korelasyon Katsayıları ve İstatistik Önem Kontrolleri

Hesaplanan 6 adet kanonik korelasyon katsayısı ve bunlara ait önem kontrolleri Çizelge 4.1.6'da belirtilmiştir. Elde edilen p değerleri ve ki kare değerleri sonuçlarına göre hem kontrol grubunda hem de sporcu grubunda birinci kanonik değişken çifti olan U_1V_1 arasında hesaplanan kanonik korelasyon katsayısının istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Diğer değişken çiftleri arasında hesaplanan kanonik Korelasyon katsayıları ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Bundan sonraki işlem

aşamalarında istatistiksel olarak önemli bulunan birinci kanonik değişken çifti kullanılarak yorumlanacaktır.

Çizelge 4.1.8.Kanonik korelasyon katsayıları ve önem kontrolleri

KANONİK DEĞİŞKEN ÇİFTİ	KONTROL					
	(KKK)	R ²	Ki-Kare	s.d	p	Wilks lamda
U ₁ W ₁	0.584	0.341	90.538	66	0.024	0.243
U ₂ W ₂	0.5192	0.269	63.823	50	0.09	0.368
U ₃ W ₃	0.478	0.228	43.712	36	0.176	0.505
U ₄ W ₄	0.4423	0.195	27.Kas	24	0.299	0.654
U ₅ W ₅	0.3753	0.14	13.17	14	0.513	0.814
U ₆ W ₆	0.2292	0.052	3.454	6	0.749	0.947
KANONİK DEĞİŞKEN ÇİFTİ	SPORCU					
	(KKK)	R ²	Ki-Kare	s.d	p	Wilks Lambda
U ₁ W ₁	0.881	0.777	124.8	66	0.000017	0.082
U ₂ W ₂	0.586	0.344	49.627	50	0.488332	0.37
U ₃ W ₃	0.475	0.225	28.516	36	0.808205	0.565
U ₄ W ₄	0.418	0.175	15.729	24	0.897549	0.73
U ₅ W ₅	0.281	0.079	6.082	14	0.964355	0.885
U ₆ W ₆	0.195	0.038	1.952	6	0.924002	0.961

4.1.5. Kanonik Yapıların Oluşturulması ve Standartlaştırılmış Kanonik Ağırlıkların Hesaplanması

Kanonik değişkenler yorumlanırken standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar kullanılmaktadır. Standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar, ilgili değişkenin kanonik değişkenlerinin tanımlanmasındaki ağırlıklarını göstermektedir. Kanonik değişken çiftlerine ait kanonik ağırlıklar kullanılarak 6 farklı doğrusal bileşen çifti ya da kanonik

yapı (canonical structure) oluşturulur. Ancak yapılan kanonik korelasyon katsayılarının önem kontrolünde sadece birinci kanonik korelasyon katsayısı istatistiksel olarak önemli kabul edildiği için buna karşılık gelen birinci kanonik değişkenlere ait doğrusal bileşen ya da kanonik yapı oluşturulur. Oluşturulan birinci kanonik değişken çifti ile katsayılar ve işaretleri incelendiğinde iki küme arasındaki ilişki yapısı ortaya çıkarılmış olur (11) ve Gruplara göre standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar Çizelge 4.1.7 ve Çizelge 4.1.8 de gösterilmiştir.

Kontrol grubu için oluşturulan kanonik yapılar denklem 4.1.1 ile gösterilmiştir.

Denklem 4.1.1. Kontrol grubu için kanonik yapılar

$$U_1 = -0.853(VEPT) - 0.296(LVET) - 0.609(SV) - 0.269(HR) - 1.922(TPR) - 1.205(İC)$$

$$W_1 = -0.102(LAT SM) - 0.627(LAT EM) + 0.244(LAT AM) - 0.502(SEP SM) + 0.818(SEP EM) - 0.017(SEP AM) - 0.079(E) + 0.200(A) - 0.091\left(\frac{E}{A}\right) - 0.005(IVRT) - 0.064(DT)$$

Kontrol grubu için oluşturulan kanonik değişken çifti ile iki değişken kümesi arasındaki ilişki yapısı ortaya çıkarılmış olur. U_1 ve W_1 kanonik değişken çiftinin işaretleri dikkate alınmaksızın incelendiğinde U_1 kanonik değişkeninin oluşmasında en fazla katkıyı VEPT değişkenin yaptığı, W_1 kanonik değişkeninin oluşmasında ise SEP EM değişkenin katkısı olduğu görülmektedir. Buna göre kanonik değişkenlere ait katsayılar incelendiğinde empedans kardiyografi ölçümlerinden VEPT, LVET, SV, HR, TPR ve İC'ye ait değerlerdeki azalma ekokardiyografi ölçümlerinden LAT SM, LAT EM, SEP SM, SEP AM, E, E/A, IVRT, DT değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Empedans Kardiyografi ölçümleri ile ekokardiyografi ölçümleri arasında LAT AM, SEP EM ve A hariç diğer değişkenler arasında negatif bir ilişki söz konusudur.

Sporcu grubu için oluşturulan kanonik yapılar denklem 4.1.2 ile gösterilmiştir.

Denklem 4.1.2.Sporcu grubu için kanonik yapılar

$$U_1 = -2.250(VEPT) - 0.927(LVET) + 3.306(SV) + 0.209(HR) - 0.0687(TPR) - 3.216(İC)$$

$$W_1 = -0.141(LAT SM) + 0.056(LAT EM) - 0.029(LAT AM) - 0.982(SEP SM) + 0.195(SEP EM) - 0.166(SEP AM) - 0.546 (E) + 0.860(A) + 0.745 \left(\frac{E}{A} \right) + 0.120(IVRT) + 0.01(DT)$$

Sporcu grubu için U_1 ve W_1 kanonik değişken çiftinin işaretleri dikkate alınmaksızın incelendiğinde U_1 kanonik değişkeninin oluşmasında en fazla katkıyı İC değişkenin yaptığı W_1 kanonik değişkeninin oluşmasında ise SEP SM değişkenin katkısı olduğu görülmektedir. Buna göre kanonik değişkenlere ait katsayılar incelendiğinde empedans kardiyografi ölçümlerinden VEPT, LVET, TPR, İC' ye ait değerlerdeki azalma ile birlikte SV ve HR değişkenlerinde artma ekokardiyografi ölçümlerinden LAT SM, LAT EM, SEP SM, SEP AM, E değerlerinde azalmaya LAT AM, SEP EM, E/A, IVRT ve DT değerlerinde ise artışa sebep olmuştur. Empedans Kardiyografi ölçümleri ile ekokardiyografi ölçümleri arasında SV ve HR değişkenleri ile LAT AM, SEP EM, E/A, IVRT ve DT değişkenleri hariç diğer değişkenler arasında negatif ilişkiler söz konusudur.

Çizelge 4.1.9.Empedans kardiyografi ölçümleri için standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar

	X	VEPT	LVET	SV	HR	TPR	İC
KONTROL	U₁	-0.853	-0.297	-0.609	-0.270	-1.923	-1.205
	U₂	-0.655	0.583	-0.371	-0.396	-0.567	-0.171
	U₃	1.837	0.976	-2.542	0.147	-0.127	1.491
	U₄	-0.048	0.214	0.059	1.000	1.178	0.690
	U₅	-3.312	-1.012	5.203	0.004	0.293	-5.025
	U₆	0.769	-0.565	-2.132	-1.059	-0.273	1.258
SPORCU	U₁	-2.250	-0.927	3.306	0.210	-0.069	-3.217
	U₂	0.831	0.614	-0.869	1.275	1.222	2.158
	U₃	0.101	-0.968	1.035	-0.090	0.828	-0.963
	U₄	-0.022	0.676	0.065	0.663	-0.118	-0.685
	U₅	-0.331	0.488	1.642	0.464	1.522	-0.092
	U₆	-0.112	-0.288	1.939	0.528	0.124	-1.151

Çizelge 4.1.10. Ekokardiyografi ölçümleri için standartlaştırılmış kanonik ağırlıklar

	Y	LAT SM	LAT EM	LAT AM	SEP SM	SEP EM	SEP AM	E	A	E/A	IVRT	DT
KONTROL	W1	-0.103	-0.628	0.245	-0.563	0.819	-0.018	-0.080	0.200	-0.092	-0.005	-0.065
	W2	-0.388	0.293	-0.185	-0.393	0.153	-0.013	0.230	-0.286	0.312	0.030	-0.449
	W3	0.326	0.070	-0.085	-0.088	0.211	0.214	0.532	-1.747	-1.244	-0.262	-0.025
	W4	0.038	0.746	-0.470	-0.212	0.170	-0.384	-0.631	0.344	-0.339	-0.009	0.093
	W5	0.095	0.132	-0.236	-0.161	-0.166	0.679	-3.374	3.593	3.561	0.508	-0.379
	W6	-0.772	0.350	0.522	0.116	-0.330	-0.056	-2.085	1.877	2.101	-0.090	0.278
SPORCU	W1	-0.141	0.056	-0.030	-0.983	0.195	-0.166	-0.546	0.860	0.745	0.121	0.012
	W2	-0.560	-0.393	0.514	0.058	-0.217	0.095	-0.473	0.782	0.639	0.044	-0.347
	W3	0.284	-0.379	0.304	-0.123	0.043	0.458	0.265	-0.489	-0.316	-0.326	0.395
	W4	0.366	-0.180	-0.388	-0.065	-0.004	-0.105	-1.031	1.055	0.818	-0.444	-0.582
	W5	0.400	-0.160	-0.197	-0.100	0.077	0.348	1.194	-1.905	-1.421	0.549	-0.478
	W6	0.537	-0.149	0.305	0.125	0.269	-0.166	-2.204	2.259	2.419	0.541	-0.004

4.1.6. Kanonik Yüklerin Hesaplanması

Kanonik değişkenlerin yorumlanmasında veri setinde yer alan orijinal değişkenlerle kanonik değişkenler arasındaki basit korelasyon katsayılarına kanonik yük adı verilmektedir. Kanonik yükler incelendiğinde kontrol grubunda; U_1 kanonik değişkenine en büyük katkıyı en büyük kanonik yüke sahip olan HR (0,530) değişkenin yaptığı görülmektedir. Bunu -0,327 ile LVET ve -0,321 ile TPR değişkenleri izlemektedir. W_1 kanonik değişkenine en büyük katkıyı, en büyük kanonik yüke sahip olan ile LAT EM (-0,560) değişkenin yaptığı görülmektedir. Bunu -0,519 ile SEP SM ve -0,317 ile LAT SM değişkenleri izlemektedir.

Sporcu grubunda ise; U_1 kanonik değişkenine en büyük katkıyı en büyük kanonik yüke sahip olan VEPT (-0.566) değişkeni yapmıştır bunu 0.318 ile HR değişkeni izlemiştir. W_1 kanonik değişkenine en büyük katkıyı, en büyük kanonik yüke sahip olan SEP SM (0.909) değişkeninin yaptığı görülmektedir. Bunu 0.275 ile A değişkeni izlemektedir.

X ve Y değişken kümeleri için kanonik değişken çiftlerine ait kanonik yükler sporcu ve kontrol grubuna göre sırasıyla Çizelge 4.1.9 ve Çizelge 4.1.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.1.11. X kümesi için kanonik değişkenlere ait kanonik yükler

	KONTROL						SPORCU					
	U₁	U₂	U₃	U₄	U₅	U₆	U₁	U₂	U₃	U₄	U₅	U₆
VEPT	-0.158	-0.653	0.380	-0.593	0.035	-0.222	-0.566	-0.275	0.310	0.216	-0.012	0.679
LVET	-0.327	0.779	0.318	-0.216	0.024	-0.368	-0.268	-0.429	-0.413	0.465	0.596	-0.036
SV	-0.266	-0.113	-0.474	-0.589	-0.282	-0.513	-0.132	-0.135	-0.400	-0.485	0.223	0.721
HR	0.530	-0.510	0.023	0.569	-0.111	-0.347	0.318	0.676	0.039	0.345	-0.537	0.183
TPR	-0.311	0.173	0.418	0.495	0.397	0.542	0.011	0.030	0.588	0.269	0.388	-0.656
İC	-0.123	0.165	-0.781	-0.146	-0.497	-0.279	0.047	0.221	-0.519	-0.767	0.023	0.302

Çizelge 4.1.12. Y kümesi için kanonik değişkenlere ait kanonik yükler

	KONTROL						SPORCU					
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W1	W2	W3	W4	W5	W6
LAT SM	-0.317	-0.397	0.172	-0.126	0.118	-0.620	-0.030	-0.490	0.444	0.187	0.211	0.419
LAT EM	-0.560	0.134	-0.117	0.323	0.005	-0.125	-0.068	-0.470	-0.437	-0.168	-0.077	0.097
LAT AM	0.093	-0.482	-0.049	-0.298	0.014	0.241	0.024	0.352	0.387	-0.349	0.097	0.373
SEP SM	-0.520	-0.233	0.013	-0.152	-0.017	-0.246	-0.909	-0.003	-0.249	-0.090	-0.225	0.124
SEP EM	0.287	0.194	0.069	0.049	-0.062	-0.363	0.139	-0.393	0.051	-0.095	-0.137	0.130
SEP AM	-0.054	-0.406	0.263	-0.332	0.416	-0.077	-0.111	0.396	0.612	0.118	0.095	0.034
E	-0.247	0.205	-0.665	-0.306	-0.209	-0.402	0.057	-0.030	0.007	-0.470	-0.154	-0.297
A	0.096	-0.451	-0.702	0.258	0.052	-0.273	0.275	0.294	0.088	0.061	-0.462	0.194
E/A	-0.305	0.653	0.073	-0.539	-0.150	-0.043	-0.224	-0.249	-0.108	-0.357	0.178	-0.295
IVRT	0.090	-0.024	-0.363	0.067	0.412	0.014	0.188	0.235	-0.412	-0.510	0,364	0.462
DT	0.031	-0.473	-0.068	-0.088	-0.339	0.388	0.046	-0.408	0.381	-0,496	-0.491	0.075

4.1.7. Varyans Açıklama Oranı ve Belirleme İndeksi

Varyans açıklama oranı bir kümedeki toplam varyasyonun ilgili kanonik değişken tarafından açıklanan kısmını göstermektedir. Kanonik yükler yardımıyla hesaplanır.

Kontrol grubunda,bağımsız değişkenler kümesindeki (Xkümesi) varyasyonun %10 u U_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken U ile belirtilen kanonik değişkenlerin tamamı ile varyasyonun %100 ü açıklanmaktadır.

Belirleme indeksine göre, bağımsız değişken kümesindeki toplam varyasyonun %3.4 ü ise W_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken W kanonik değişkenlerinin tamamı ile %20.49 ‘u açıklanabilmektedir.

Bağımlı değişkenler kümesindeki (Y kümesi) varyasyonun %8.6 sı W_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken W kanonik değişkenlerinin tamamı ile %55,5’i açıklanmaktadır.

Belirleme indeksine göre, bağımlı değişken kümesindeki toplam varyasyonun %3 ü ise U_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken U kanonik değişkenlerinin tamamı ile %11.08 i açıklanabilmektedir.

Sporcu grubunda ise bağımsız değişkenler kümesindeki (X kümesi) varyasyonun %8.5 i U_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken U ile belirtilen kanonik değişkenlerin tamamı ile varyasyonun %100 ü açıklanmaktadır.

Belirleme indeksine göre, bağımsız değişken kümesindeki toplam varyasyonun %6.6 sı ise W_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken W kanonik değişkenlerinin tamamı ile %20. 90‘u açıklanabilmektedir.

Bağımlı değişkenler kümesindeki (Y kümesi) varyasyonun %9.4 ü W_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken W kanonik değişkenlerinin tamamı ile %56,9 i açıklanmaktadır.

Belirleme indeksine göre, bağımlı değişken kümesindeki toplam varyasyonun %7.3 ü ise U_1 kanonik değişkeni ile açıklanırken U kanonik değişkenlerinin tamamı ile %16.60 i açıklanabilmektedir.

Bağımsız (X) ve bağımlı (Y) kümelerde kontrol ve sporcu gruplarına göre açıklanan varyans ve eklemeli açıklanan varyans oranları ile belirleme indeksleri ve eklemeli belirleme indeksleri Çizelge 4.1.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.13.Bağımsız (X) küme için açıklanan varyans oranları ve belirleme indeksleri

Bağımsız Küme	KONTROL					SPORCU				
	Varyans açıklama oranı (%)	Eklemleri açıklanan varyans oranı (%)		Belirleme indeksi	Eklemleri belirleme indeksi	Varyans açıklama oranı (%)	Eklemleri açıklanan varyans oranı (%)		Belirleme indeksi	Eklemleri belirleme indeksi
U ₁	10.00	10.00	W1	3.40	3.40	8.50	8.50	W1	6.60	6.60
U ₂	22.80	32.80	W2	6.10	9.51	13.10	21.60	W2	4.50	11.10
U ₃	21.00	53.80	W3	4.80	14.24	17.40	39.00	W3	3.90	15.00
U ₄	22.30	76.00	W4	4.40	18.54	21.30	60.30	W4	3.70	18.70
U ₅	8.30	84.40	W5	1.20	19.69	14.10	74.40	W5	1.10	19.80
U ₆	15.70	100.00	W6	0.80	20.49	25.60	100.0	W6	1.00	20.90

Çizelge 4.1.14.Bağımlı (Y) küme için açıklanan varyans oranları ve belirleme indeksleri

Bağımlı Küme	KONTROL					SPORCU				
	Varyans açıklama oranı (%)	Eklemleri açıklanan varyans oranı (%)		Belirleme indeksi	Eklemleri belirleme indeksi	Varyans açıklama oranı (%)	Eklemleri açıklanan varyans oranı (%)		Belirleme indeksi	Eklemleri belirleme indeksi
W1	8.60	8.60	U ₁	3.00	3.00	9.40	9.40	U ₁	7.30	7.30
W2	14.20	22.80	U ₂	3.80	6.80	11.50	20.90	U ₂	4.00	11.30
W3	10.90	33.70	U ₃	2.50	9.30	11.90	32.80	U ₃	2.70	14.00
W4	7.30	41.00	U ₄	1.40	10.70	9.80	42.60	U ₄	1.70	15.70
W5	5.00	46.00	U ₅	0.70	11.40	7.10	49.70	U ₅	0.60	16.30
W6	9.50	55.50	U ₆	0.40	11.80	7.20	56.90	U ₆	0.30	16.60

4.2. Simülasyon Çalışmasına ait Bulgular

4.2.1. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 2 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA 'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'na ait Güç

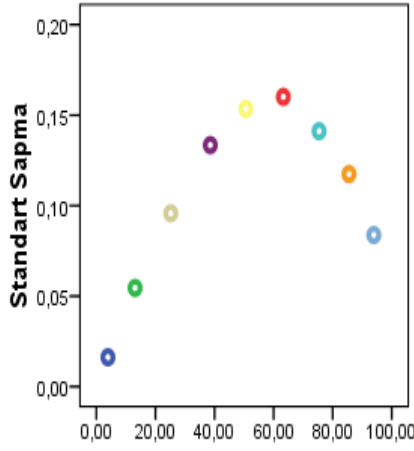
Her iki değişken kümesinde de iki değişken olduğu durumda ortak kovaryanslı ve setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için hesaplanan açıklanan toplam varyans payı ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen KK sayıları Çizelge 4.2.1 ve Çizelge 4.2.2'de verilmiştir. Ayrıca kanonik korelasyon analizi ile ve temel bileşenler Analizi ile hesaplanan açıklanan varyans paylarına ait standart sapmalar ile açıklanan varyans paylarına ait grafikler Şekil 4.2.1, Şekil 4.2.2, Şekil 4.2.3 ve Şekil 4.2.4 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.1.2+2 Değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu

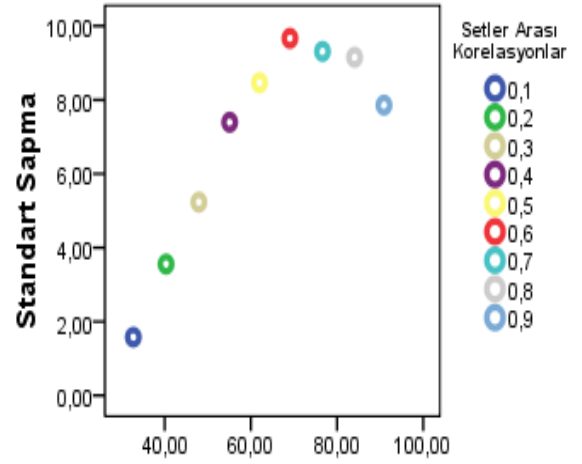
2 +2 Değişkenli Setler	Setler Arası Korelasyonlar	ORTAK KOVARYANS MATRİSLİ GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi				Temel Bileşenler Analizi				
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
	0.10	3.90	[3.80-4.00]	1.60	90.9	(0.30-9.70)	32.72	[32.62-32.82]	1.57	(28.56-37.35)
	0.20	13.10	[12.70-13.40]	5.40	85.2	(1.30-3.11)	40.31	[40.09-40.53]	3.55	(30.06-51.27)
	0.30	25.20	[24.60-25.80]	9.50	83.0	(1.60-50.30)	47.92	[47.59-48.24]	5.23	(32.67-62.45)
	0.40	38.60	[37.70-39.40]	13.30	78.7	(3.30-72.80)	55.10	[54.64-55.56]	7.39	(31.16-75.88)
	0.50	50.60	[49.70-51.60]	15.30	71.6	(8.70-88.60)	61.90	[61.46-62.51]	8.46	(35.65-86.24)
	0.60	63.30	[62.30-64.30]	16.00	70.0	(4.10-95.20)	69.05	[68.45-69.65]	9.66	(35.67-90.33)
	0.70	75.40	[74.50-76.30]	14.10	65.0	(9.00-99.00)	76.63	[76.05-77.20]	9.31	(37.31-95.13)
	0.80	85.50	[84.80-86.30]	11.70	60.5	(8.50-99.80)	84.09	[83.52-84.66]	9.15	(37.44-97.88)
	0.90	93.90	[93.40-94.40]	8.30	40.7	(15.60-100)	90.90	[90.42-91.39]	7.86	(39.45-99.40)

Çizelge 4.2.22+2 Değişkenli Kümelerde setler içi sabit korelasyon 0.99 olan grup için sonuç tablosu

2 +2 Değişkenli Setler	Setler Arası Korelasyonlar	SETLER İÇİ SABİT KORELASYON 0.99 OLAN GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi					Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
0.10	1.60	[1.60-1.70]	0.90	37.9	(0.00-6.00)	54.64	[54.51-54.78]	2.21	(49.76-61.53)	
0.20	6.70	[6.50-7.00]	3.80	39.6	(0.10-27.80)	59.80	[59.53-60.07]	4.34	(49.80-75.98)	
0.30	14.40	[13.90-15.00]	07.80	38.7	(0.50-54.60)	64.70	[64.30-65.07]	6.24	(49.78-82.66)	
0.40	25.40	[24.60-26.20]	12.20	42.1	(0.30-71.10)	70.00	[69.52-70.45]	7.55	(49.84-88.71)	
0.50	36.00	[35.10-37.00]	15.60	37.6	(1.00-80.50)	73.70	[73.15-74.25]	8.88	(49.95-93.68)	
0.60	49.70	[48.60-50.80]	17.80	38.1	(5.80-90.00)	79.12	[78.55-79.70]	9.26	(49.78-96.42)	
0.70	62.00	[60.80-63.10]	18.80	40.9	(5.00-97.10)	83.55	[82.99-84.11]	9.05	(50.19-97.92)	
0.80	76.00	[74.90-77.00]	16.80	33.2	(6.60-99.70)	88.25	[87.71-88.77]	8.56	(50.08-99.36)	
0.90	90.80	[90.10-91.50]	10.90	30.5	(14.60-100)	93.51	[93.11-93.91]	6.85	(54.05-99.74)	
0.99	99.60	[99.50-99.60]	10.70	47.0	(86.10-100)	98.95	[98.85-99.05]	1.54	(78.14-99.95)	



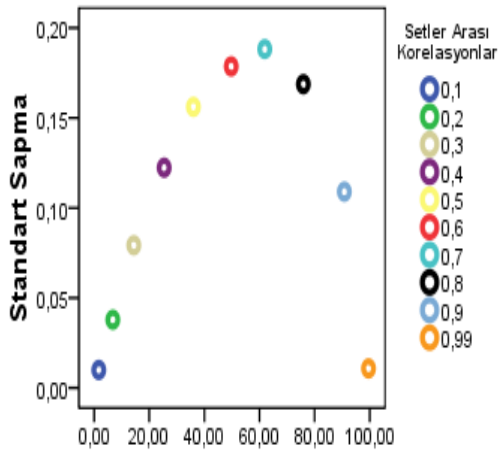
Çoklu Bağlantı Yokken 1.
KK'nin Toplam Varyansı
Açıklama Payı (%)



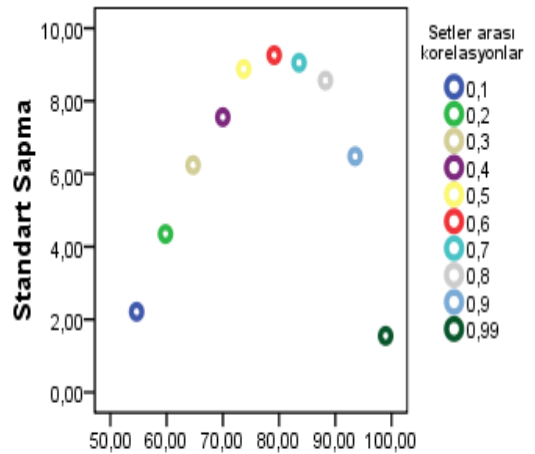
Çoklu Bağlantı Yokken 1.
TB'nin Toplam Varyansı
Açıklama Payı (%)

Şekil 4.2.1. 2+2 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.2. 2+2 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Çoklu Bağlantı Olduğunda
1.KK'nin Toplam Varyansı
Açıklama Payı (%)



Çoklu Bağlantı Olduğunda
1.TB'nin Toplam Varyansı
Açıklama Payı (%)

Şekil 4.2.3. 2+2 değişkenli setler içi sabit korelasyonu 0.99 olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.4. 2+2 değişkenli setler içi sabit korelasyonu 0.99 olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

4.2.2. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 3 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA 'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'na ait Güç

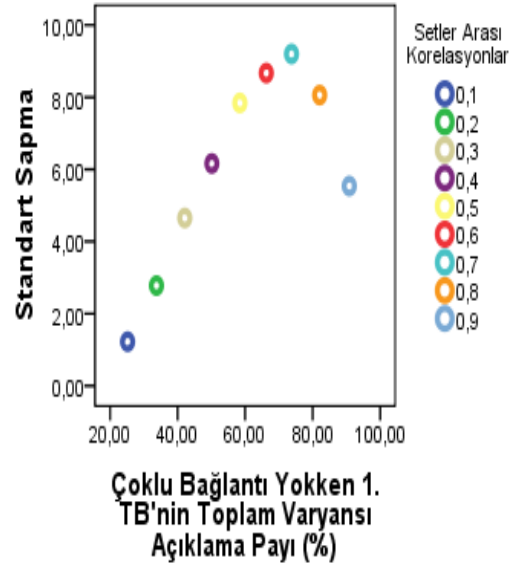
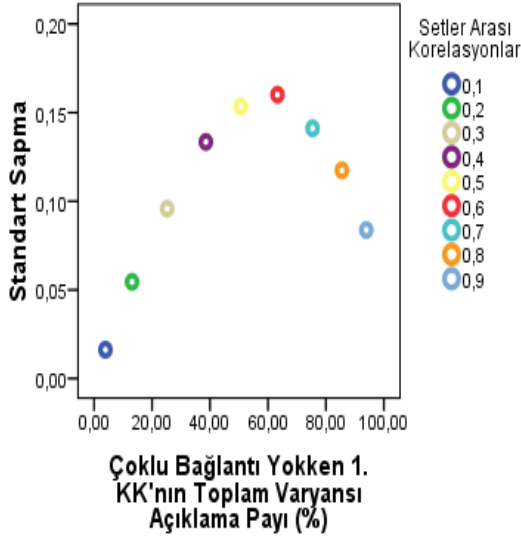
Her iki değişken kümesinde de üç değişken olduğu durumda ortak kovaryanslı ve setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için hesaplanan açıklanan toplam varyans payı ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen KK sayıları Çizelge 4.2.3 ve Çizelge 4.2.4'de verilmiştir. Ayrıca Açıklanan varyans paylarına ait standart sapmalar ile açıklanan varyans paylarına ait grafikler Şekil 4.2.5, Şekil 4.2.6, Şekil 4.2.7 ve Şekil 4.2.8 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.3. 3+3Değişkenli kümelerde ortak kovaryans matrisli grup için sonuç tablosu

3+3 Değişkenli Setler	Setler Arası Korelasyonlar	ORTAK KOVARYANS MATRİSLİ GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi					Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
0.10	7.08	[6.96-7.21]	0.02	99.6	(0.02-0.14)	25.18	[25.10-25.25]	1.22	(21.43-29.16)	
0.20	21.20	[20.80-21.50]	0.05	98.5	(0.05-0.39)	33.71	[33.54-33.90]	2.77	(24.29-43.69)	
0.30	29.70	[29.00-30.40]	0.11	96.6	(0.05-0.65)	42.12	[41.83-42.41]	4.65	(23.78-57.53)	
0.40	51.00	[50.30-51.70]	0.11	91.8	(0.12-0.83)	50.12	[49.74-50.51]	6.16	(27.35-69.63)	
0.50	65.00	[64.10-65.60]	0.12	87.3	(0.25-0.90)	58.44	[57.95-58.93]	7.84	(35.28-79.47)	
0.60	76.00	[75.30-76.60]	0.11	80.3	(0.24-0.96)	66.23	[65.69-66.77]	8.67	(32.67-87.26)	
0.70	85.70	[85.10-86.20]	0.09	65.3	(0.44-0.99)	73.73	[73.16-74.30]	9.20	(39.19-92.96)	
0.80	92.04	[92.00-92.80]	0.06	61.2	(0.54-0.99)	82.08	[81.58-82.58]	8.05	(43.64-95.35)	
0.90	97.07	[97.50-97.90]	0.02	45.0	(0.83-100)	90.83	[90.48-91.17]	5.40	(55.72-98.27)	

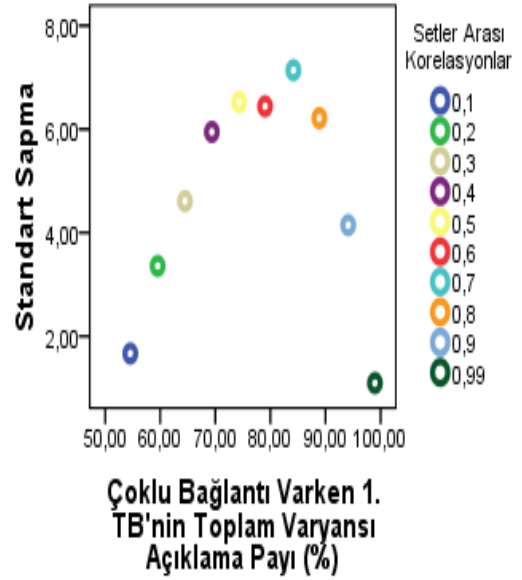
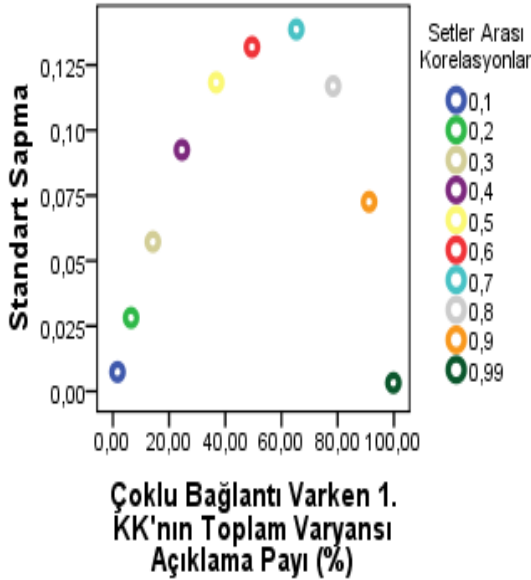
Çizelge 4.2.4. 3+3 Değişkenli Kümelerde setler içi sabit korelasyon 0.99 olan grup için sonuç tablosu

3+3 Değişkenli Setler	Setler Arası Korelasyonlar	SETLER İÇİ SABİT KORELASYON 0.99 OLAN GRUP							
		Kanonik Korelasyon Analizi				Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma
0.10	1.67	[1.63-1.72]	0.74	49.7	[0.20-4.90]	54.57	[54.47-54.68]	1.67	(0.05-49.73)
0.20	6.51	[6.34-6.69]	2.81	50.1	[0.80-18.00]	59.51	[59.30-59.71]	3.35	(0.10-50.34)
0.30	14.20	[13.90-14.60]	5.72	49.6	[2.50-37.20]	64.48	[64.20-64.77]	4.60	(0.14-50.29)
0.40	24.60	[24.00-25.20]	9.24	47.3	[4.60-6.01]	69.37	[69.00-69.73]	5.94	(0.18-50.43)
0.50	36.80	[36.00-37.50]	11.83	48.5	[4.80-77.00]	74.34	[73.93-74.74]	6.52	(0.20-51.99)
0.60	49.50	[48.60-50.30]	13.19	50.8	[12.50-85.50]	79.04	[78.64-79.44]	6.44	(0.20-51.88)
0.70	65.30	[64.40-66.20]	13.86	51.8	[14.60-94.80]	84.18	[83.73-84.62]	7.14	(0.22-50.40)
0.80	78.40	[77.70-79.10]	11.69	50.9	[25.10-98.90]	88.89	[88.50-89.27]	6.21	(0.19-52.53)
0.90	91.20	[90.80-91.70]	[7.25]	56.7	[0.41-99.80]	94.135	[93.87-94.39]	4.15	(0.13-51.33)
0.99	99.80	[99.80- 99.90]	[32.02]	50.9	[95.6-100]	98.971	[98.90-99.04]	1.95	(0.03-79.70)



Şekil 4.2.5. 3+3 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.6. 3+3 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Şekil 4.2.7. 3+3 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0.99 olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.8. 3+3 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0.99 olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

4.2.5. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 4 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA 'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'na ait Güç

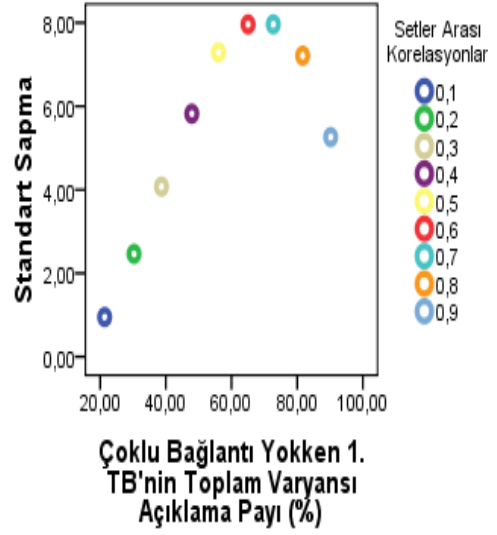
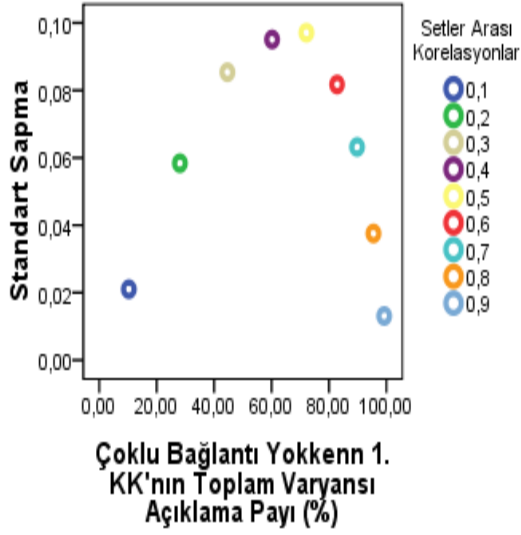
Her iki değişken kümesinde de dört değişken olduğu durumda ortak kovaryanslı ve setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için hesaplanan açıklanan toplam varyans payı ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen KK sayıları Çizelge 4.2.5 ve Çizelge 4.2.6'de verilmiştir. Ayrıca Açıklanan varyans paylarına ait standart sapmalar ile açıklanan varyans paylarına ait grafikler Şekil 4.2.9, Şekil 4.2.10, Şekil 4.2.11, Şekil 4.2.12 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.5. 4+4 Değişkenli Kümelerde ortak kovaryanslı grup için sonuç tablosu

	Setler Arası Korelasyonlar	ORTAK KOVARYANS MATRİSLİ GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi					Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
4+4 Değişkenli Setler	0.10	10.3	[10.20-10.40]	2.10	100.0	(4.89-17.40)	21.34	[21.28-21.40]	0.94	(18.40-24.59)
	0.20	28.1	[27.80-28.50]	5.84	99.8	(11.10-44.30)	30.31	[30.16-30.47]	2.46	(22.90-37.51)
	0.30	44.6	[44.00-45.10]	8.54	98.6	(18.50-64.60)	38.70	[38.44- 38.95]	4.07	(26.92-51.82)
	0.40	60.2	[59.60-60.80]	9.50	97.1	(26.60-81.10)	47.87	[47.51- 48.24]	5.82	(27.76-65.09)
	0.50	72.1	[71.50-72.70]	9.71	90.7	(28.20-93.90)	56.03	[55.58-56.49]	7.29	(32.32-74.14)
	0.60	82.8	[82.30-83.30]	8.17	86.0	(42.50-97.10)	65.03	[64.54-65.52]	7.96	(36.03-84.15)
	0.70	89.8	[89.40-90.20]	6.32	75.3	(54.30-98.90)	72.73	[72.23-73.22]	7,95	(39.82-89.14)
	0.80	95.5	[95.20-95.70]	3.75	64.0	(66.30-99.90)	81.65	[81.21-82.10]	7.21	(49.19-93.85)
	0.90	99.2	[99.20-99.30]	1.30	24.7	(79.50-100)	90.21	[89.90-90.54]	5.26	(61.85-98.01)

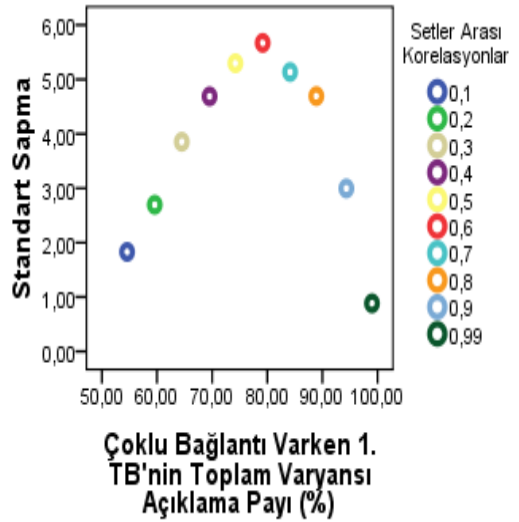
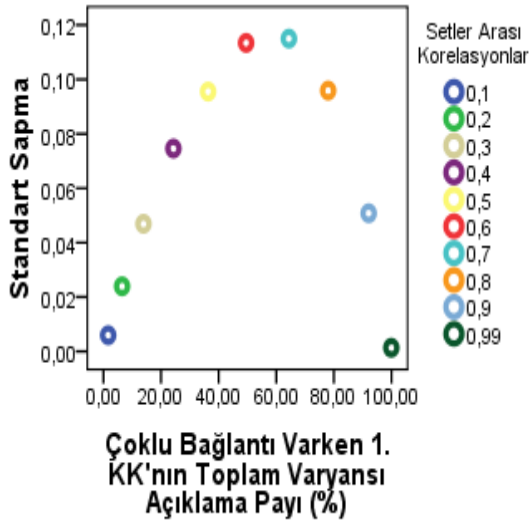
Çizelge 4.2.6. 4+4 Değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için sonuç tablosu

	Setler Arası Korelasyonlar	SETLER İÇİ SABİT KORELASYON 0.99 OLAN GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi				Güç (%)	Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
4+4 Değişkenli Setler	0.10	1.61	[1.57-1.65]	0.60	(0.40-5.00)	58.3	54.56	[54.44-54.67]	1.83	(0.05-49.49)
	0.20	6.46	[6.31-6.61]	2.34	(1.50-16.60)	63.6	59.57	[59.40-59.74]	2.69	(0.08-52.06)
	0.30	13.90	[13.60-14.20]	4.70	(3.74-33.50)	58.5	64.47	[64.23-64.71]	3.85	(0.12-52.48)
	0.40	24.30	[23.80-24.70]	7.45	(6.69-55.80)	61.3	69.52	[69.23-69.82]	4.68	(0.14-54.62)
	0.50	36.30	[35.70-36.90]	9.55	(10.9-65.90)	61.8	74.22	[73.89-74.55]	5.29	(0.16-56.02)
	0.60	49.50	[48.80-50.20]	11.34	(15.5-80.40)	61.5	79.17	[78.81-79.52]	5.66	(0.18-56.87)
	0.70	64.40	[63.70-65.10]	11.5	(22.1-91.90)	62.7	84.13	[83.81-84.45]	5.13	(0.16-60.06)
	0.80	78.00	[77.40-78.60]	9.60	(37.3-96.50)	64.3	88.90	[88.61-89.19]	4.69	(0.14-69.19)
	0.90	92.10	[90.70-93.60]	5.08	(75.70-99.00)	58.8	94.34	[94.15-94.52]	2.99	(0.09-76.54)
	0.99	99.90	[99.90-99.90]	0.13	(98.6-100)	62.9	98.99	[98.94-99.05]	0.88	(0.02-86.24)



Şekil 4.2.9. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.10. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Şekil 4.2.11. 4+4 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0,99 olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.12. 4+4 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0,99 olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

4.2.5. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 5 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA 'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'na ait Güç

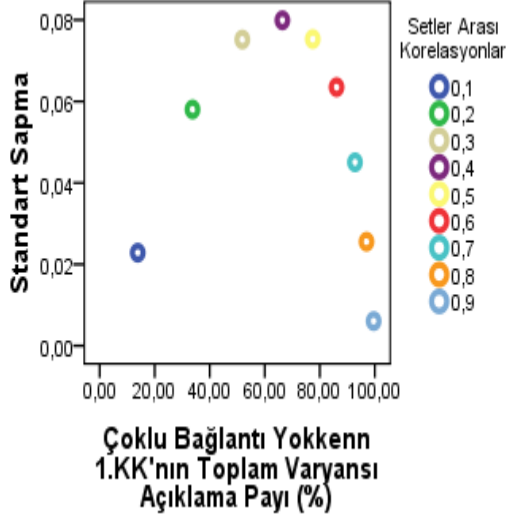
Her iki değişken kümesinde de beş değişken olduğu durumda ortak kovaryanslı ve setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için hesaplanan açıklanan toplam varyans payı ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen KK sayıları Çizelge 4.2.7 ve Çizelge 4.2.8'de verilmiştir. Ayrıca Açıklanan varyans paylarına ait standart sapmalar ile açıklanan varyans paylarına ait grafikler Şekil 4.2.13, Şekil 4.2.14, Şekil 4.2.15, Şekil 4.2.16 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.7.5+5 Değişkenli Kümelerde ortak kovaryanslı grubu için sonuç tablosu

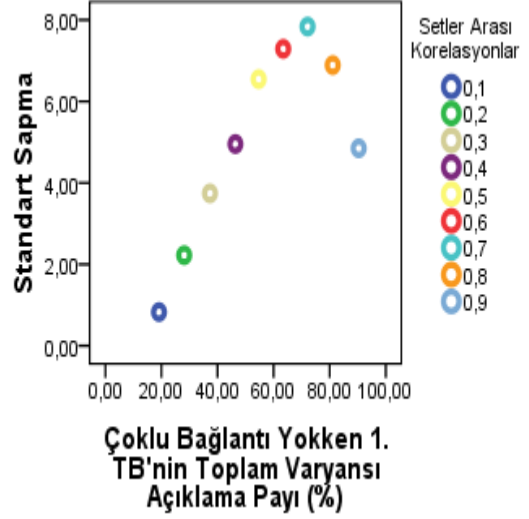
	Setler Arası Korelasyonlar	ORTAK KOVARYANS MATRİSLİ GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi					Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
5+5 Değişkenli Setler	0.10	13.08	[13.60-13.90]	2.28	100.0	(7.20-24.00)	19.13	[19.07-19.18]	0.83	(16.68-22.23)
	0.20	33.70	[33.30-34.10]	5.80	100.0	(17.00-50.80)	28.09	[27.95-28.23]	2.22	(20.50-34.37)
	0.30	51.80	[51.40-52.30]	7.52	99.9	(29.00-73.20)	37.31	[37.08-37.54]	3.74	(27.16-49.35)
	0.40	66.40	[65.90-66.90]	7.99	99.2	(38.00-87.30)	46.37	[46.06-46.68]	4.95	(31.29-61.74)
	0.50	77.40	[76.90-77.90]	7.52	97.3	(37.00-92.70)	54.63	[54.22-55.04]	6.54	(32.27-71.98)
	0.60	86.10	[85.70-86.40]	6.34	90.0	(49.00-97.30)	63.40	[62.94-63.85]	7.29	(34.14-82.81)
	0.70	92.80	[92.50-93.10]	4.50	74.2	(66.00-99.50)	72.08	[71.60-72.57]	7.83	(40.10-88.34)
	0.80	97.00	[96.90-97.20]	2.55	66.2	(74.00-100)	81.08	[80.65-81.50]	6.90	(46.06-93.36)
	0.90	99.60	[99.50-99.60]	0.60	31.2	(95.00-100)	90.32	[90.02-90.62]	4.85	(63.70-97.57)

Çizelge 4.2.8. 5+5 Değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için sonuç tablosu

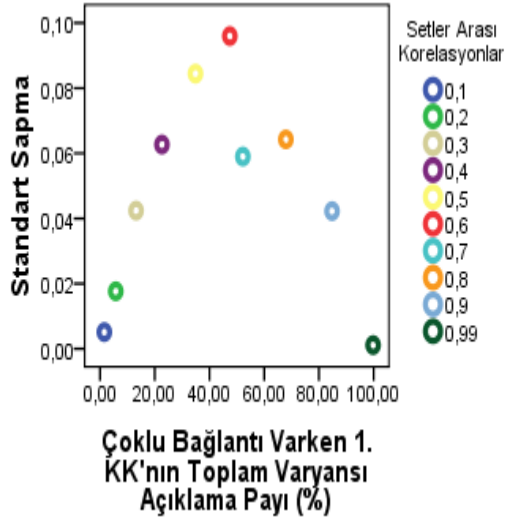
	Setler Arası Korelasyonlar	SETLER İÇİ SABİT KORELASYON 0.99 OLAN GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi				Güç (%)	Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
5+5 Değişkenli Setler	0.10	1.56	[1.53-1.59]	0.51	(0.34-4.22)	70.2	54.48	[54.37-54.58]	1.73	(0.05-49.65)
	0.20	5.72	[5.44-5.99]	1.76	(2.00-10.90)	71.8	59.40	[59.27-59.54]	2.20	(0.07-52.44)
	0.30	13.2	[12.6-13.90]	4.24	(5.20-27.40)	69.7	64.36	[64.16-64.55]	3.21	(0.10-53.91)
	0.40	22.6	[21.7-23.60]	6.26	(10.00-45.70)	69.9	69.32	[69.08-69.56]	3.87	(0.12-54.28)
	0.50	34.9	[33.6-36.20]	8.44	(17.10-60.00)	73.8	74.40	[74.13-74.68]	4.48	(0.14-59.95)
	0.60	47.4	[45.9-48.90]	9.60	(22.00-70.40)	73.7	79.32	[79.03-79.61]	4.64	(0.14-61.28)
	0.70	52.2	[51.3-53.10]	5.90	(32.00-59.60)	72.7	84.25	[83.97-84.53]	4.55	(0.14-59.16)
	0.80	67.9	[66.9-68.90]	6.42	(45.00-75.60)	74.8	89.20	[88.94-89.46]	4.21	(0.13-65.87)
	0.90	84.8	[84.1-85.50]	4.22	(69.00-89.40)	73.0	94.20	[94.03-94.37]	2.74	(0.08-79.75)
	0.99	99.8	[99.8-99.80]	0.11	(99.00-99.90)	71.1	98.96	[98.91-99.02]	0.86	(0.02-88.86)



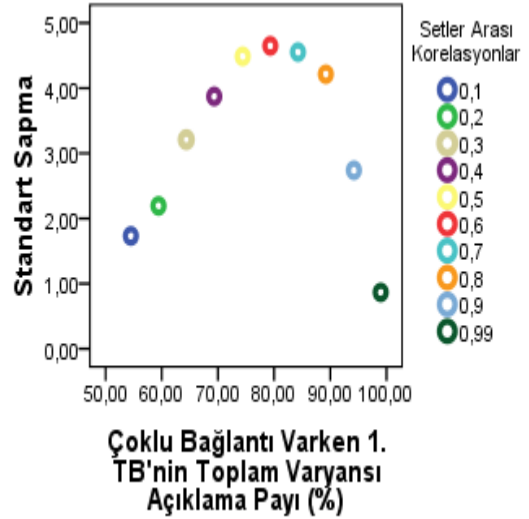
Şekil 4.2.13. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Şekil 4.2.14. 4+4 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Şekil 4.2.15. 5+5 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0,99 olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik



Şekil 4.2.16. 5+5 değişkenli setler için sabit korelasyonu 0,99 olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

4.2.5. Her İki Kümede de Değişken Sayısının 6 Olduğu Deneme Düzeni için KKA'ya ve TBA 'ya göre Açıklanan Varyans Payları ve KKK'na ait Güç

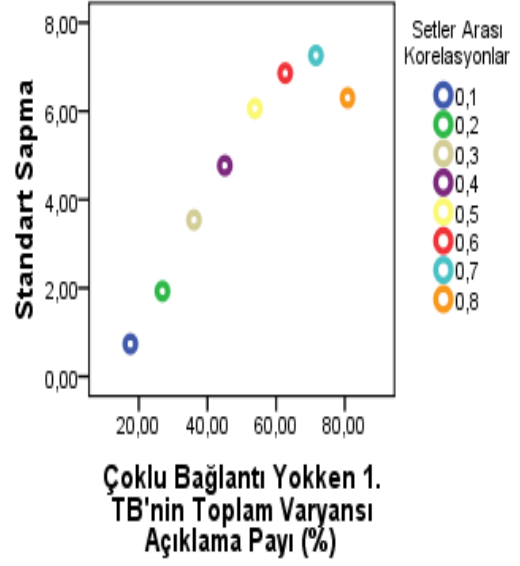
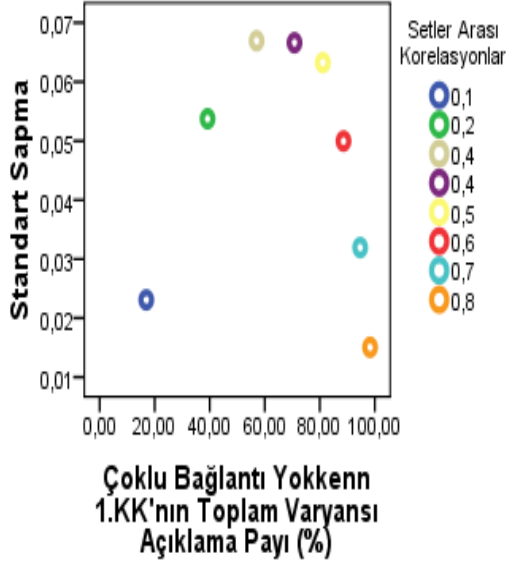
Her iki değişken kümesinde de altı değişken olduğu durumda ortak kovaryanslı ve setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için hesaplanan açıklanan toplam varyans payı ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen KK sayıları Çizelge 4.2.9 ve Çizelge 4.2.10'de verilmiştir. Ayrıca Açıklanan varyans paylarına ait standart sapmalar ile açıklanan varyans paylarına ait grafikler Şekil 4.2.17, Şekil 4.2.18, Şekil 4.2.19, Şekil 4.2.20 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.9. 6+6 Değişkenli kümelerde ortak kovaryanslı için sonuç tablosu

	Setler Arası Korelasyonlar	ORTAK KOVARYANS MATRİSLİ GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi					Temel Bileşenler Analizi			
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Güç (%)	Min- Max	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
6+6 Değişkenli Setler	0.10	16.90	[16.80-17.10]	2.30	100	(10.40-24.40)	17.53	[17.48-17.57]	0.73	(15.04-19.96)
	0.20	39.20	[38.90-39.60]	5.37	100.0	(22.70-56.10)	26.86	[26.74-26.98]	1.93	(19.88-33.70)
	0.30	57.00	[56.60-57.40]	6.69	99.9	(28.90-76.60)	36.08	[35.86-36.30]	3.54	(24.90-46.47)
	0.40	70.80	[70.40-71.30]	6.66	99.9	(46.20-90.20)	45.08	[44.78-45.37]	4.77	(29.37-62.18)
	0.50	81.10	[80.70-81.50]	6.32	98.5	(45.80-95.00)	53.83	[53.46-54.21]	6.05	(31.05-68.25)
	0.60	88.60	[88.30-88.90]	4.99	92.9	(67.40-98.00)	62.65	[62.22-63.07]	6.86	(34.61-80.39)
	0.70	94.70	[94.50-94.90]	3.19	74.0	(76.30-99.70)	71.60	[71.14-72.04]	7.25	(46.98-87.77)
	0.80	98.30	[98.20-98.40]	1.50	49.9	(89.80-100)	80.80	[80.40-81.20]	6.30	(44.20-91.81)

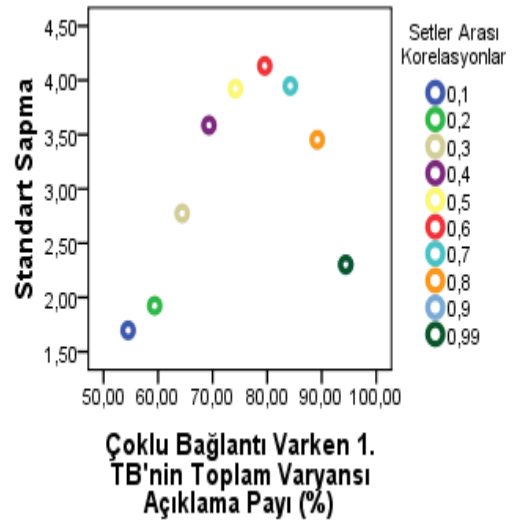
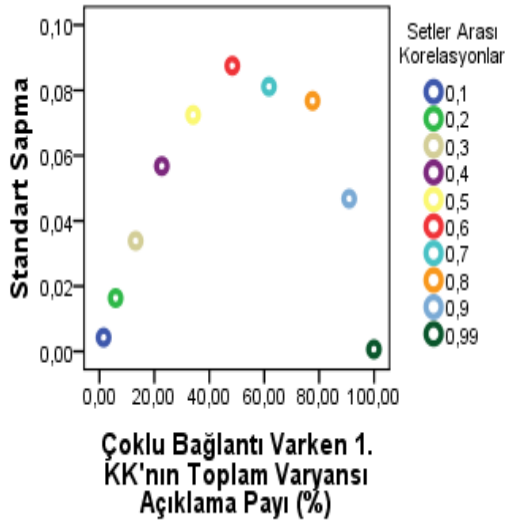
Çizelge 4.2.10. 6+6 Değişkenli kümelerde setler içi sabit korelasyonun 0.99 olan grup için sonuç tablosu

	Setler Arası Korelasyonlar	SETLER İÇİ SABİT KORELASYON 0.99 OLAN GRUP								
		Kanonik Korelasyon Analizi				Temel Bileşenler Analizi				
		Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max	Güç (%)	Açıklanan Varyans Payı (%)	95% Güven Aralığı	Standart Sapma	Min- Max
6+6 Değişkenli Setler	0.10	1.50	[1.47-1.52]	0.43	(0.50-3.60)	76.2	54.48	[54.38-54.59]	1.69	(0.05-49.62)
	0.20	5.88	[5.78-5.98]	1.63	(1.70-11.40)	77.8	59.37	[59.25-59.49]	1.92	(0.06-53.13)
	0.30	13.14	[12.92-13.35]	3.38	(4.20-26.90)	77.4	64.40	[64.22- 64.57]	2.77	(0.08-55.18)
	0.40	22.71	[22.36-23.06]	5.680	(8.20-41.10)	76.9	69.31	[69.08-69.53]	3.58	(0.11-56.24)
	0.50	34.10	[33.65-34.55]	7.24	(13.80-52.40)	77.2	74.19	[73.95- 74.44]	3.92	(0.12-57.90)
	0.60	48.38	[47.84-48.92]	8.75	(23.50-74.80)	82.1	79.54	[79.28-79.79]	4.13	(0.13-63.70)
	0.70	61.70	[61.18-62.19]	8.11	(30.90-76.00)	80.9	84.24	[83.99-84.49]	3.94	(0.13-66.25)
	0.80	77.57	[77.09-78.04]	7.67	(45.40-94.70)	80.2	89.18	[88.96-89.40]	3.45	(0.10-73.73)
	0.90	90.90	[90.60-91.18]	4.67	(65.50-99.30)	85.9	94.40	[94.26-94.51]	2.29	(0.07-81.10)
	0.99	99.94	[99.93-99.94]	0.06	(99.20-100.0)	95.4	94.40	[94.26-94.54]	2.30	(0.07-81.13)



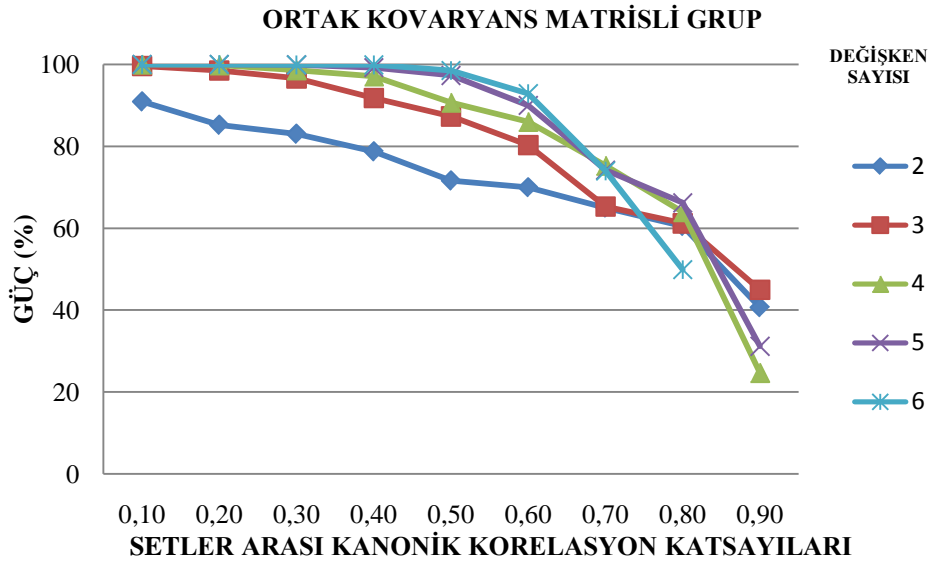
Şekil 4.2.17. 6+6 değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.18. 6+6değişkenli setlerde ortak kovaryans matrisi için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

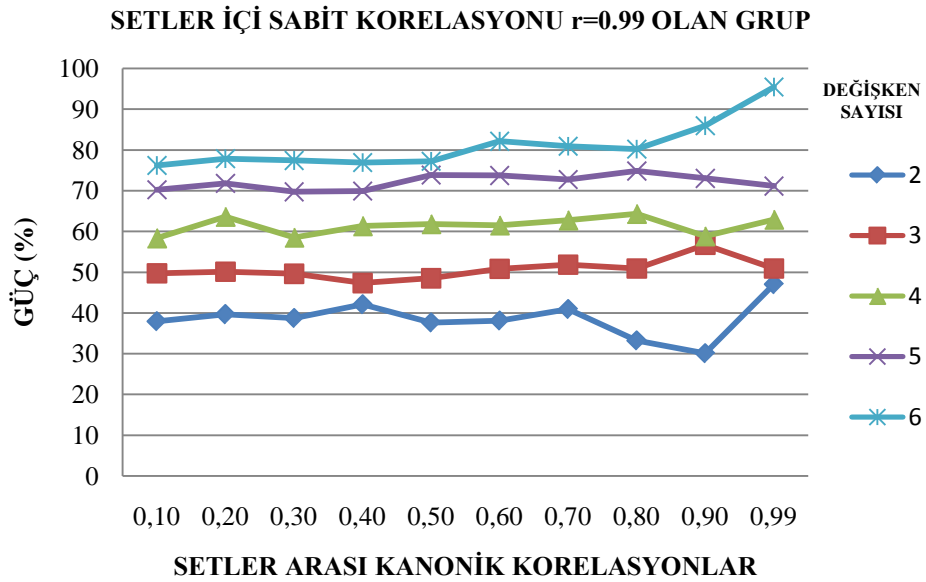


Şekil 4.2.19. 6+6değişkenli setler içi sabit korelasyonu 0,99 olan grupta kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

Şekil 4.2.20. 6+6değişkenli setler içi sabit korelasyonu 0,99 olan grupta temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans oranları ve standart sapmalarına ait grafik

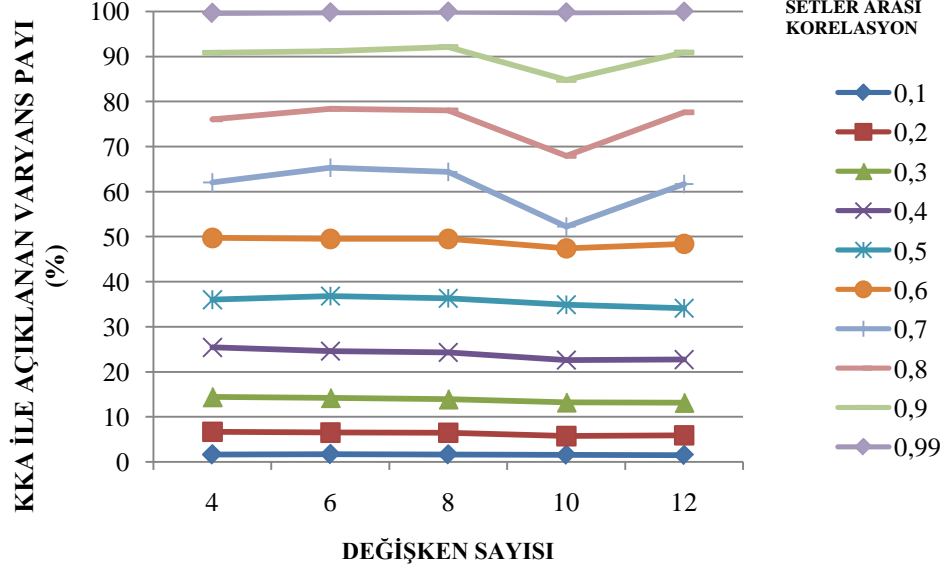


Şekil 4.2.21. Ortak kovaryans matrisli grup için kanonik korelasyon katsayılarına ait gücün değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği



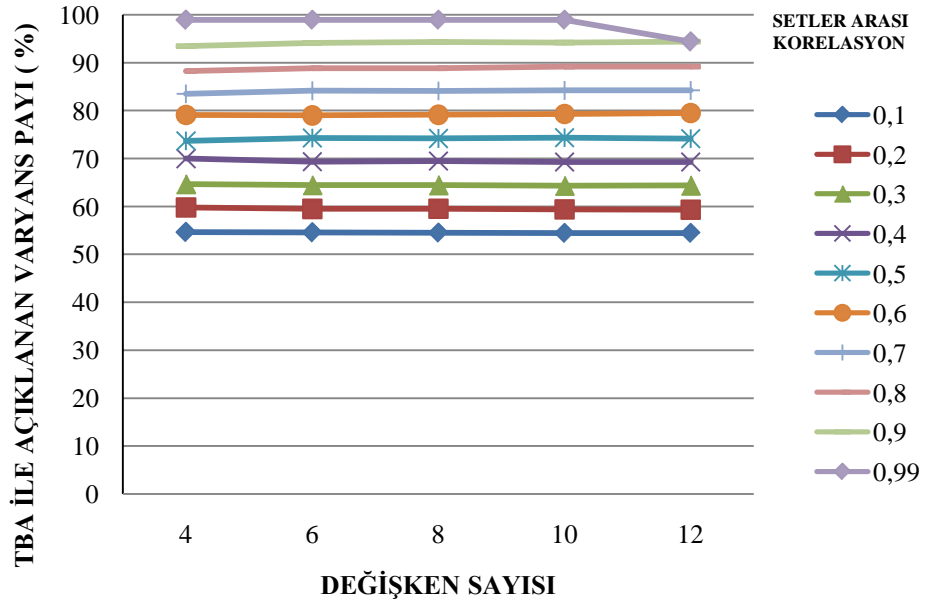
Şekil 4.2.22. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için kanonik korelasyon katsayılarına ait gücün değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği

SETLER İÇİ SABİT KORELASYONU R=0.99 OLAN GRUP

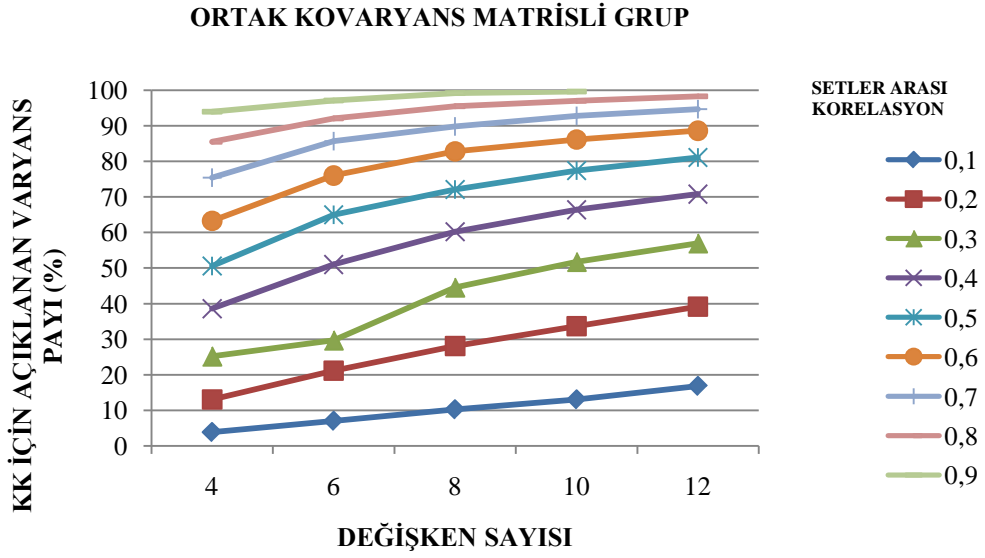


Şekil 4.2.23. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için kanonik korelasyon analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği

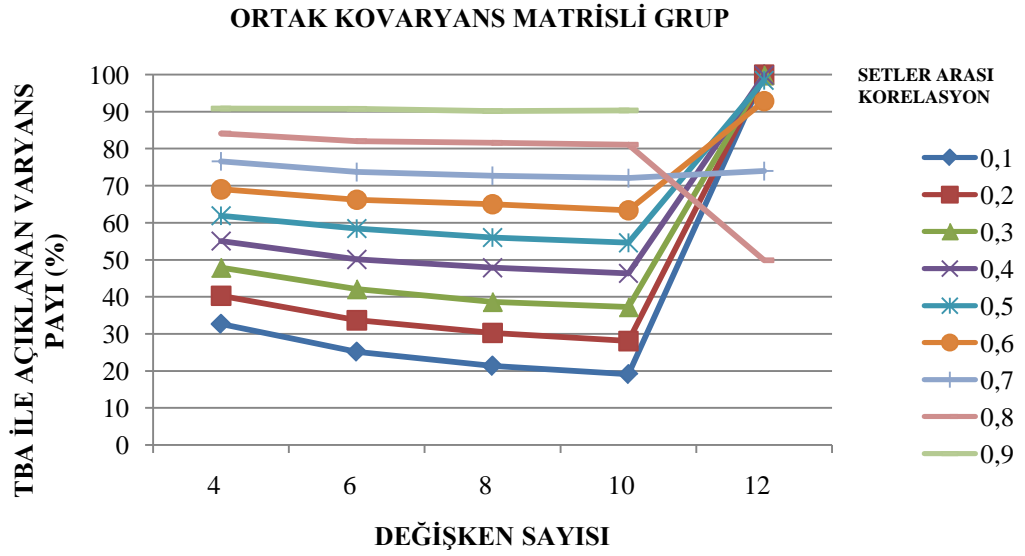
SETLER İÇİ SABİT KORELASYONU R=0.99 OLAN GRUP



Şekil 4.2.24. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği



Şekil 4.2.25. Ortak kovaryans matrisli grup için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği



Şekil 4.2.26. Ortak kovaryans matrisli grup için temel bileşen analizi ile hesaplanan açıklanan varyans payının değişken sayılarına ve setler arası korelasyona göre değişim grafiği

5.TARTIŞMA

Tüm deneme düzenlerinde, setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta KKA ile elde edilen açıklanan varyans oranları çoklu bağlantının etkisiyle düşmüştür. Bu grupta KKA ile elde edilen açıklanan varyans oranları kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur ancak TBA sonucunda elde edilen açıklanan varyans paylarının ortak kovaryanslı gruptaki KKA VE TBA ile hesaplananlardan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Değişken sayısının her iki kümede de iki olduğu durumdayani toplam dört değişken olduğunda ortak kovaryanslı grupta, setler arasındaki korelasyonların artmasıyla ($r= 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90$) KKA sonucunda hesaplanan açıklanan varyans payı korelasyon miktarlarına yakın olacak şekilde artış göstermiştir. Ancak setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan gruptasetler arası korelasyonların artmasıyla ortak kovaryanslı grubuna göre açıklanan toplam varyans payında düşüş gözlemlenmiştir. Değişken sayısının arttığı durumda iseortak kovaryanslı gruplarda açıklanan varyans oranı setler arası korelasyonlardan yüksek bulunmuştur.Yapılan literatür çalışmalarında kümelerde gereğinden fazla ve araştırma problemiyle ilgisi olmayan değişkenlerin yer almaması gerektiği vurgulanmıştır (46).

Tüm deneme düzenleri için ortak kovaryanslı grupta $r= 0.80$ ve üzeri olduğunda çoklu bağlantı sorunu ortaya çıkabileceği için, bağımsız değişkenler arasındaki ve setler arasındaki korelasyonların (ortak varyans- kovaryans matrisi ile üretilen verilerde) aynı olduğu durumda KKA ile elde edilen açıklama payları, $r=0.99$ alınarak aralarında güçlü çoklu bağlantı oluşturulan verilerin sonuçlarından (korelasyon matrisiyle elde edilen) daha yüksek çıkmıştır.

Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta, setler arası korelasyonların eşit olduğunda değişken sayısının arttırılmasıyla KKA ile elde edilen açıklanan varyans oranlarında çok büyük değişiklikler gözlemlenmemiştir. Birbirine oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. $r=0.10$ için KKA ile hesaplanan açıklama oranı değişken sayısı sırasıyla; 2 olan setler için 1.60, 3 için 1.67, 4 için 1.61, 5 için 1.56, 6 olan için ise 1.50 olarak hesaplanmıştır. Benzer durum $r= 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90$ ve 0.99 için de geçerlidir. Çoklu bağlantı durumunda setler arası korelasyonların değişmediği durumda değişken sayısının arttırılması açıklanan varyans oranlarını önemli düzeyde etkilemediği gözlemlenmiştir.

Yapılan literatür taramalarında çoklu bağlantı durumunda KKK'nın gücünü araştıran çalışmalara rastlanmamış buna karşılık KKA sonucunda elde edilen kanonik ağırlıklara ait (canonical loading) işaretlerinin çoklu bağlantının etkisiyle beklenenin tersine sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu durumda çoklu bağlantı probleminin üstesinden gelmek için kanonik ridge regresyon yönteminin kullanılması önerilmektedir (47).

Ortak kovaryanslı grupta ve setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta her iki analiz sonucunda elde edilen açıklanan varyanslar ile bunlara ait standart sapmalar arasındaki ilişkinin saçılım grafikleri incelendiğinde ortak kovaryanslı grupta KKA ile hesaplanan açıklanan varyans oranlarının standart sapmalarında 0.50-0.60 düzeyindeki korelasyonlardan sonra düşüşler gözlemlenmiştir. Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta ise 0.70 düzeyindeki korelasyonlardan sonra düşüşler gözlemlenmiştir.

Her deneme düzeni için kanonik korelasyon katsayılarına ait gücün, çoklu bağlantı durumuna göre değerlendirilmesi için setler arası korelasyonun $r= 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70$ olduğu durumda her iki grupta da 0.05'den küçük olan Tip I hata oranları kaydedilerek istatistiksel olarak önemli bulunan KKK'nın sayısı tespit edilmiştir. Ortak kovaryanslı grupta $r =0.80$ ve 0.90 düzeyinde korelasyonların çoklu bağlantıya neden olacağından bu korelasyonlar için güç karşılaştırılması yapılmamıştır.

Buna göre; her deneme düzeni için ortak kovaryanslı grupta setler arası korelasyonlar artarken gücün de arttığı ancak buna paralel olarak setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta ise setler arası korelasyonlar artıkça gücün azaldığı tespit edilmiştir.

Ortak kovaryanslı grupta setler arası korelasyon ile birlikte değişken sayısı artıkça her bir korelasyona karşılık gelen güç artmıştır aynı durum setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta da gözlemlenmiştir. Ancak setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grupta güç yine kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur.

Setler içi sabit korelasyonu $r=0.99$ olan grup kendi içinde değerlendirildiğinde çoklu bağlantının olması durumunda değişken sayısının artırılması KKK ait gücün artmasına sebep olmuştur.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Empedans kardiyografi ve ekokardiyografi ölçümleri arasındaki ilişkinin kanonik korelasyon analizi ile incelenmesi neticesinde sağlıklı bireylerde empedans kardiyografi yöntemi kullanılarak yapılan ölçümlerde meydana gelen varyasyonun %20.49 u ekokardiyografi yöntemiyle açıklanabilirken ekokardiyografi yöntemi kullanılarak yapılan ölçümlerdeki varyasyonun %11.08 i empedans kardiyografi ile açıklanabilmektedir. Sporcu grubunda ise empedans kardiyografi yöntemi kullanılarak yapılan ölçümlerde meydana gelen varyasyonun %20.90 ı ekokardiyografi yöntemiyle açıklanabilirken ekokardiyografi yöntemi kullanılarak yapılan ölçümlerdeki varyasyonun %16.60 ı empedans kardiyografi ile açıklanabilmektedir. Her iki grupta da ekokardiyografi ile açıklanan varyans oranlarının yüksek olması sebebiyle empedans kardiyografi yöntemi yerine ekokardiyografi yönteminin kullanılması önerilir.

İki değişken seti arasındaki ilişkinin incelenmesinde kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden biri olan KKA'nin uygulanabilmesi için veri setlerinin ve bu veri setlerinde yer alan değişkenlerin KKA için gerekli olan varsayımları sağlaması gerekmektedir. Varsayımların sağlanmadığı durumda KKA güvenilir ve durağan olan sonuçlar vermemektedir.

Genellikle istatistiksel analizlerde değişkenler arasında önemli düzeyde yüksek korelasyonların bulunması arzu edilmez. Ortaya çıkan bu korelasyonların arındırılarak analize devam edilmesi gerekmektedir. Bir veri setinde yer alan değişkenler arasında önemli ve yüksek derecede korelasyonlar bulunuyorsa bu veri setini analizlerde doğrudan kullanmak yerine, bu setin doğrusal bileşenlerinden oluşan bir seti kullanmak daha yararlı olacaktır (26).

KKA'nin önemli varsayımlarından biri olan çoklu bağlantı probleminin ortaya çıktığı durumlarda, güvenilir kanonik değişkenler ve kanonik katsayılar elde edebilmek için TBA uygulayıp, orijinal değişkenler yerine varyansın önemli bir kısmını taşıyan ve birbirinden bağımsız olan bileşenler kullanarak çoklu bağlantı sorununun olmadığı bir veri seti üzerine KKA'ni uygulama imkanı söz konusu olabilmektedir. (48)

Yapılan simülasyon çalışmasının sonuçlarına göre; $p+q$ tane değişken içeren veri matrislerinden elde edilen kovaryans ya da korelasyon matrisleri parçalanabilir ve tersinin alınabilir olması yani tekil olmayan (non-singular) matris olması gerektiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle birden fazla değişken arasındaki korelasyon 1'e yakın ya da 1 ve 0'a yakın ya da 0 olmamalıdır. Aksi durumda KKA uygulanamamaktadır. Simülasyon aşamasında $r=0,01$ ve $0,99$ için ortak kovaryanslı veri bu sebepten üretilmemiştir.

Çoklu bağlantının oluşması için sadece bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyonların olması tek başına yetersiz kalmıştır. Bununla birlikte kümeler arasında da anlamlı yüksek korelasyonların olması gerektiğisonucuna ulaşılmıştır.

KKA sonuçlarının güvenilir olması için kümelerdeki örnek genişliğinin, matrislerde bulunan toplam değişken sayısının yaklaşık 20 katı kadar olması Stevens (1986) tarafından önerilmiştir (48) ve Barcikowski ve Stevens (1975) yaptıkları simülasyon çalışmasında (49,50) örnek genişliğinin değişken sayısının 40 ile 60 katı kadar olması durumunda tahminlerin tutarlılığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Ancak yaptığımız simülasyon çalışmasında, kümeler arasındaki korelasyonların istatistiksel anlamlı olabilmesi için yeterli örnek genişlikleri Bartlett test istatistiği ile hesaplandığı için bulunan KKA sonuçlarında örnek genişliği kısıtlaması arındırılmıştır. Yaptığımız simülasyon çalışmasının sonuçlarına göre ancak çok küçük korelasyon değerlerinin istatistiksel olarak önemli çıkabilmesi için değişken sayısının 20 katı gözlem sayısı ile çalışılması gerekmektedir.

Kümelerde gereğinden fazla ve araştırma problemiyle ilgisi olmayan değişkenlerin yer almaması gerekmektedir. Bir veri matrisinde değişkenlerin iki kez yer alması, değişkenin küpünün, karesinin ya da veri setinde yer alan diğer değişkenler ile bir formülasyon sonucunda elde edilmiş olması çoklu bağlantıya sebep olacağı için bu değişkenlerin veri setinden çıkarılması gerekmektedir. Çalışmamızda kümelerdeki değişken sayıları her küme için minimum 2 maksimum 6 olacak şekilde alınmıştır. Değişken sayısının arttırılmasıyla düşük KKK da bile yüksek güç elde edilmiştir. Değişken sayısının fazla olduğu araştırma problemleri sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden değişken sayısının her kümede 15, 30 ve 50 olduğu durumlar için de simülasyon çalışması yapılacaktır.

Çoklu bağlantı durumunda KKA analizi ile elde edilen açıklanan varyans oranları ile KKK'nın gücünün düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Veri seti içerisindeki bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorununun olduğu durumda KKA ile elde edilen açıklanan varyans oranlarının ve KKK larını gücünün düşük çıkmasını beklediğimiz bu çalışmada gerçekten de çoklu bağlantının etkisiyle bahsi geçen sonuçlarda düşüşler gözlemlenmiştir. Buna karşılık alternatif yöntem olarak kullanılan TBA analizinin ise değişken sayısına ve setler arası korelasyonlara bağlı olarak KKA ya göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Ancak yine de böylesi bir durumda TBA yerine literatürde belirtildiği gibi kanonik ridge regresyon yönteminin kullanılması ya da değişken sayısının daha fazla olduğu durumlarda TBA kullanılması önerilmektedir.

7.KAYNAKLAR

- 1) **Tatlıdıl H.** *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, 1. Baskı, Ankara: Ziraat Matbaacılık, **2002**.
- 2) Spearman's Correlation. Erişim: <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearmans.pdf>. Erişim tarihi: 15.02.2015.
- 3) **Vittinghoff E, Glidden DV, Shiboski SC, McCulloch CE.** *Statistics for Biology and Health, Regression Methods in Biostatistics. Linear, Logistic, Survival, and Repeated Measures Models.* 54th Ed. New York: Springer Science+Business Media, **2005**.
- 4) **Härdle W, Simar L.** *Applied Multivariate Statistical Analysis.* 2nd Ed., Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, **2007**.
- 5) **Borga M.** Canonical Correlation a Tutorial. Erişim: https://www.cs.cmu.edu/~tom/10701_sp11/slides/CCA_tutorial.pdf. Erişim Tarihi 12.12.2014.
- 6) **Özçomak MS, Gündüz M, Demirci A, Yakut E.** Çeşitli iklim ve ürün verileri arasındaki ilişkinin kanonik korelasyon analizi ve veri zarflama analizi yöntemleri ile incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **2012**; 26 (1): 111-131.
- 7) **Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC.** *Multivariate Data Analysis.* 5th. Ed., New Jersey: Prentice Hall, **1998**.
- 8) **Bartlett. MS.** The statistical significance of canonical correlations. *Biometrika*, **1941**; 32(1): 29-37.
- 9) **Fujikoshi Y, Veitch LG.** Estimation of Dimensionality in Canonical Correlation Analysis. *Biometrika*, **1979**; 66(2): 345-351.
- 10) **Wang SG, Chow SC.** Some results on canonical correlations and measures of multivariate association. *Commun. Statist.-Theory Meth*, **1987**; 16(2): 339-351.
- 11) **Çankaya S.** Kanonik Korelasyon Analizi ve Hayvancılıkta Kullanımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2005**.
- 12) **Kaya L.** Birden Fazla Değişken İçeren Setler Arasındaki İlişkinin Kanonik Korelasyon Analizi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, **2008**.

- 13) **Sarıkaya M.** İllerin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Hastane İşletmeciliği Bilim Dalı, Ankara, **2010**.
- 14) **Gökoğlan İ.** İnsani Gelişme Düzeyi – Suç İlişkisi: Türkiye Örneğinde 2000-2008 arası Boylamsal Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Güvenlik Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, **2011**.
- 15) **Demir O.** Çok Değişkenli Analizler ile Tokat İli Hava Kirliliğinin Tahmininde Erken Uyarı Sistemi'nin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tokat, **2012**.
- 16) **Karahan F.** Hatay'da Yayılış Gösteren Glycyrrhiza Türleri (G.glabra L., G.echinata L. ve G.flavescens Boiss.) Üzerine Moleküler ve Ekolojik Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, **2013**.
- 17) **Toker KG.** Kanonik Korelasyon Analizi ile Sistem Tanıma. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2013**.
- 18) **Çatalbaş MC.** Temel Bileşenler Analizi ve Kanonik Korelasyon Analizi ile İmge Tanıma ve Sınıflandırma. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2014**.
- 19) **Li Y, Adalı T, Wang W, Calhoun VD.** Joint blind source separation by multiset canonical correlation analysis. *IEEE Transactions on Signal Processing*, **2009**; 57(10): 3918-3929.
- 20) **Lai, P, Fyfe C.** Kernel and non-linear canonical correlation analysis, *Computing and Information Systems, University of Paisley*.**2000**; 7 (2): 43-49.
- 21) **Pugh RC, Hu Y.**Use and interpretation of canonical correlation analysis in journal of educational research articles: 1978-1989, *Journal of Educational Research*, **1991**; 84 (3): 147-152.
- 22) **Sun L, Ji S, Ye J.** Canonical correlation analysis for multilabel classification: a least-squares formulation, extensions, and analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **2011**; 33(1):194-200
- 23) **Sherry A, Henson RK.** Conducting and interpreting canonical correlation analysis in personality research:a user-friendly primer. *Journal of Personality Assessment*, **2004**; 84(1): 37-48.
- 24) **Stevens J.***Applied Multivariate Statistics for The Social Science*. 4th Ed., Lawrence Erlbaum Associates, Inc, New Jersey, **2002**:699.
- 25) **Alpar R.** *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*. 4.Baskı, Detay Yayıncılık, **2013**.
- 26) **Özdamar K..** *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler)*-2. 5.Baskı, Kaan Kitapevi, **2004**.

- 27) **Gao DD, Huang RB.** Some results on canonical correlation and their applications to a linear model. *Linear Algebra and Its Applications*, **2000**; 321(1): 47-59.
- 28) **Giray S.** Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi ve yaşam memnuniyeti üzerine bir uygulama, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, **2011**.
- 29) **Rencher AC, Christensen WF.** *Methods of Multivariate Analysis*. 3rd Ed., New York: John Willey & Sons, Inc; **2012**.
- 30) **Keskin S, Özsoy A.** Kanonik Korelasyon Analizi ve Bir Uygulaması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, **2004**; 10(1): 67-71
- 31) **Lambert ZV, Durand RM.** Some precautions in using canonical analysis. *American Marketing Association*. **1975**; 12(4): 498-475.
- 32) **Chatterjee S, Hadi AS.** Influential observations, high leverage points and outliers in linear regressions, *Statistical Science*, **1986**; 1(3): 379-416.
- 33) **Mitra A.** Multicollinearity. In: Salkind NJ, Rasmussen K. Eds. *Encyclopedia of measurements and statistics*, 1st Ed, Volume1., USA: SAGE Publications, **2007**:638.
- 34) **Alp A.** Panel Veri Analizi ve Panel Ridge Regresyon Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2011**.
- 35) **Polat E.** Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2009**.
- 36) **Pimentel ECG, Queiroz SA, Carvalheiro R, Fries LA.** Use of ridge regression for the prediction of early growth performance in crossbred calves. *Genetics and Molecular Biology*, **2007**; 30(3): 536-544.
- 37) **El-Dereny M, Rashwan NI.** Solving multicollinearity problem using ridge regression models. *International Journal Contemp Math Sciences*, **2011**; 12(6):585-600.
- 38) **O'Brien RM.** A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality & Quantity*, **2007**; 41(5): 673-690.
- 39) **Belsley DA.** Demeaning conditioning diagnostics through centering.. *The American Statistician*, **1984**;38(2): 73-82.
- 40) **Mertler C A Vannatta RA.** *Advanced and Multivariate Statistical Methods: Practical Application and Interpretation*. 3rd Ed., Glendale, CA: Pyrczak Publishing, **2005**.

- 41) **Lin FJ.** Solving multicollinearity in the process of fitting regression model using the nested estimate procedure. *Quality & Quantity*, **2008**; 42(3): 417-426.
- 42) **KHURI AI.** Exact tests for the comparison of correlated response models with an unknown dispersion matrix, *Technometrics*, **1986**; 28(4): 347-357.
- 43) **Pagel MD, Lunneborg CE.** Empirical evaluation of ridge regression. *Psychological Bulletin*, **1985**; 97(2): 342-355.
- 44) **Farrar DE, Glauber RR.** Multicollinearity in regression analysis: The problem revisited. *The Review of Economics and Statistics*, **1967**; 49(1): 92-107.
- 45) **Lipovetsky S, Conklin WM.** Multiobjective regression modifications for collinearity. *Computers & Operations Research*. **2001**; 28(13): 1333-1345.
- 46) **Wang SG, Chow SC.** Some results on canonical correlations and measures of multivariate association. *Commun. Statist.-Theory Meth*, **1987**; 16(2): 339-351.
- 47) **Sharma S.** *Applied Multivariate Techniques*. Canada: John Wiley & Sons. Inc. **1996**: 493.
- 48) **Albayrak AS.** Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikler.1.Baskı, Ankara: Asil Yayın Dağıtım **2006**.
- 49) **Gou Z, Fyfe C.** A Canonical correlation neural network for multicollinearity and functional data. *Neural Networks*, **2004**; 17(2): 285-293.
- 50) **Stevens J.** *Applied Multivariate statistics for the Social Sciences*, Lawrence Erlbaum Ass.Pub. London **1986**.

ÖZGEÇMİŞ

3 Mart 1988 tarihinde Adana'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Adana'da tamamladıktan sonra lisans eğitimini Samsun On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü'nde 2011 yılında tamamladı. 2012 yılında Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Ana Bilim Dalında lisansüstü eğitime başladı. Ocak 2014'den beri aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.