

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DENGELİ FAKTÖRİYEL DENEMELERDE
TRANSFORMASYONLARIN I. TİP HATA VE TESTİN GÜCÜ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Yeliz KAŞKO ARICI

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2012**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DENGELİ FAKTÖRİYEL DENEMELERDE TRANSFORMASYONLARIN I. TİP HATA VE TESTİN GÜCÜ ÜZERİNE ETKİSİ

Yeliz KAŞKO ARICI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Muhip ÖZKAN

Bu tez çalışmasında, iki faktörlü faktöriyel denemelerden elde edilen verilerin alt grup varyansları heterojen ise varyansların homojenliği ön şartını yerine getirmek amacıyla uygulanan çeşitli transformasyon yöntemlerinin varyans analiziyle interaksyona ait hipotez kontrolü yapıldığında gerçekleşecek I. tip hata ve testin gücü değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla simülasyon programları yazılmış ve 50000 simülasyon denemesi sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Simülasyon programında interaksyona ilişkin hipotez kontrolü, tesadüf parselleri deneme tertibinde sırasıyla 2x2, 2x3, 2x5, 3x3, 3x4 ve 3x5 faktöriyel düzenlerde yapılmıştır. Çalışmada alt gruplardaki tekerrür sayısı her birinde eşit olmak üzere sırasıyla 3, 4, 5, 8, 10 ve 20 olarak dikkate alınmıştır. Alt grupların varyanslarını heterojen hale getirmek amacıyla, alt gruplardan birinin varyansı diğerlerinin varyansının sırasıyla 2, 3, 5, 9 ve 16 katı kadar artırılmıştır. Transformasyon yöntemi olarak karekök, logaritmik ve açı transformasyon yöntemleri kullanılmıştır. Transformasyon uygulandıktan sonra alt grup varyanslarının homojenlik kontrolü Hartley testi ile yapılmıştır. Hartley testi ile varyansların homojen olduğu belirlendikten sonra belirlenen tüm faktör seviye sayısı/tekerrür sayısı/varyans oranı kombinasyonlarında uygulanan varyans analizlerinde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları ve güç değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan olasılıklar değerlendirildiğinde, her durumda I. tip hata olasılığını arttırdığı görülen transformasyon yöntemlerinin testin gücü değerlerinde de ancak heterojenlik düzeyi ve tekerrür sayısı arttıkça olumlu bir etki gösterebildiği görülmüştür. Bu sebeple, heterojen varyansa sahip dengeli faktöriyel denemelerde alt grup varyanslarını homojenleştirse de özellikle heterojenlik düzeyi arttıkça varyans analizi uygulanacak verilere söz konusu transformasyon yöntemlerinin uygulanmasından kaçınılması gerektiği, özellikle tekerrür sayısı az ise varyans analizi yerine de alternatif yöntemler aranılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ekim 2012, 55 sayfa

Anahtar Kelimeler: Faktöriyel deneme, varyans analizi, varyansların heterojenliği, transformasyon, I. tip hata, testin gücü

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE EFFECT OF TRANSFORMATIONS ON TYPE I ERROR AND TEST POWER IN BALANCED FACTORIAL EXPERIMENTS

Yeliz KAŞKO ARICI

Ankara University
Graduates School of Natural and Applied Sciences
Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. M. Muhip ÖZKAN

In this thesis, the effects of transformations (square root, logarithmic and arcsine) which were applied to achieve homogeneity of the subgroup variances on type I error and test power related to hypothesis control of the interaction effects were investigated. In order to perform this, a simulation study was conducted and run 50000 times. In the simulation study, 2x2, 2x3, 2x5, 3x3, 3x4, and 3x5 factorial experiments with the replications of 3, 4, 5, 8, 10, and 20 in each subgroup in completely randomized plot design were taken into consideration. The heterogeneity of subgroup variances was obtained by increasing 2, 3, 5, 9, and 16 times one of the subgroups variances. The Hartley homogeneity test was applied to control whether the homogeneity of variances was obtained after the transformations. Once the homogeneity of subgroup variances was achieved, the simulated data was analyzed using analysis of variance (ANOVA). Realized type I error probability and test power was computed for all experimental designs. The results of this study indicate that the using of transformations lead to increase in the realized type I error rates for each case. Therefore, it cannot be recommended to transform the data and alternative approaches should be looked for in the case of the heterogeneity of the subgroups variances in balanced factorial designs.

October 2012, 55 pages

Key Words: Factorial design, analysis of variances, heterogeneity of variances, transformation, type I error, test power

TEŞEKKÜR

Her zaman olumlu bakış açısı ve değerli yönlendirmelerinden dolayı danışman hocam A. Ü. Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Biyometri ve Genetik A.D. öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. M. Muhip ÖZKAN'a, hem yetişmemde hem de tezimin şekillenmesinde emeği olan Sayın hocalarım Prof. Dr. Tahsin KESİCİ, Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ, Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ ve Prof. Dr. Ensar BAŞPINAR'a, tezimi baştan sona kadar okuyup eksiklerini tamamlayan hocam Sayın Prof. Dr. Orhan KAVUNCU'ya, değerli fikirleriyle tez izleme komitesi toplantılarında yol gösteren hocam Gazi Ü. Fen Fakültesi İstatistik Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Hülya BAYRAK'a, tezimin yazım aşamasında manevi desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarıma, her koşulda yanımda olan aileme ve değerli hayat arkadaşım Ferit ARICI' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yeliz KAŞKO ARICI

Ankara, Ekim 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATEYAL VE METOD.....	11
3.1 Materyal.....	11
3.2 Metod.....	11
3.2.1 Varyans Analizi (F-Testi)	14
3.2.2 Karekök Transformasyonu	15
3.2.3 Logaritmik Transformasyon.....	15
3.2.4 Açık Transformasyonu	15
3.2.5 Hartley Testi	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	17
4.1 I. Tip Hata Olasılıkları	17
4.2 I. Testin Gücü Değerleri	26
5. SONUÇ.....	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER DİZİNİ

α	I. tip hata olasılığı
$N(0,1)$	Standart normal dağılım
n	Alt gruptaki gözlem sayısı
μ	Populasyon ortalaması
σ^2	Populasyon varyansı
δ	Etki büyüklüğü
$S_{\max}^2$	Grup varyansları içerisinde en büyük olanı
$S_{\min}^2$	Grup varyansları içerisinde en küçük olanı

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1 Simülasyon programı akış diyagramı	13
--	----

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 İki faktörlü varyans analizi tablosu.....	14
Çizelge 4.1 2x2 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	17
Çizelge 4.2 2x3 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	19
Çizelge 4.3 2x5 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	20
Çizelge 4.4 3x3 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	21
Çizelge 4.5 3x4 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	23
Çizelge 4.6 3x5 faktöriyel düzende AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%).....	24
Çizelge 4.7 2x2 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	26
Çizelge 4.8 2x2 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	28
Çizelge 4.9 2x2 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	29
Çizelge 4.10 2x3 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	30
Çizelge 4.11 2x3 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	31
Çizelge 4.12 2x3 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	32
Çizelge 4.13 2x5 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	33
Çizelge 4.14 2x5 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	34
Çizelge 4.15 2x5 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksionuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%).....	35

Çizelge 4.16 3x3 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	36
Çizelge 4.17 3x3 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	37
Çizelge 4.18 3x3 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	38
Çizelge 4.19 3x4 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	39
Çizelge 4.20 3x4 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	40
Çizelge 4.21 3x4 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	41
Çizelge 4.22 3x5 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	42
Çizelge 4.23 3x5 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	43
Çizelge 4.24 3x5 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)	44

1. GİRİŞ

Faktöriyel denemeler, birbirleri ile etkileşim (interaksiyon) içinde olabilecek en az iki faktörün en az ikişer seviyelerinin birlikte ele alınarak denendiği deneme düzenleridir. Faktöriyel denemelerin tek faktörlü denemelere göre en büyük avantajı, faktörler arası etkileşimin yani interaksiyonun araştırılabilmesine imkan vermesidir. Bu nedenle faktöriyel denemeler, tarım, fen ve sağlık alanlarında yaygın kullanım alanı bulmuştur (Jaccard 1997, Mukerjee ve Wu 2003).

Faktöriyel denemelerde bağımsız değişkene etki ettiği düşünülen en az iki faktör alınır ve bu faktörlerin her birinin en az iki etki seviyesi dikkate alınarak denemeler kurulur. 2 faktörlü ($r=2$) ve ikişer seviyeli ($c=2$) bir denemede, belirlenen tekerrür sayısı (n) kadar homojen deney ünitesi seçilir. Bu deney üniteleri a_1b_1 , a_1b_2 , a_2b_1 , a_2b_2 şeklinde oluşturulan 4 ($r \times c = 2 \times 2 = 4$) alt gruba (muamele kombinasyonuna) rasgele dağıtılır. Her bir alt grupta en az 2 deney ünitesi bulunmalıdır. Yürütülen deneme sonucunda alt gruplardan elde edilen veriler için kurulan hipotezler “Faktöriyel Varyans Analizi” ile değerlendirilir (Özdamar 2004, Montgomery 2004).

İstatistik testlerin uygulanabilmesi için analiz edilecek verilerde söz konusu testin gerektirdiği varsayımların yerine getirilmiş olması gerekir. Bu varsayımlar uygulanacak test tekniğinin “ön şartları” olarak adlandırılır. Örneğin, değerlendirilecek olan verilerin normal dağılım göstermesi parametrik testlerin uygulanabilmesi için yerine getirilmesi gereken ön şartlardan biridir. Muamele ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla sıklıkla kullanılan ve parametrik test yöntemlerinden biri olan varyans analizi tekniğinde de yapılacak genellemelerin güvenilir olabilmesi için elde edilen verilerin aşağıda belirtilen ön şartların yerine getirmiş olması gerekmektedir. Bunlar;

- Gözlemlerin birbirinden bağımsız olması,
- Gözlemlerin normal dağılım göstermesi,
- Grup ortalama ve varyanslarının bağımsız olması,

- Grup etkilerinin eklenebilir olması,
- Grup varyanslarının homojen olmasıdır.

Uygulamada, deneme sonuçları varyans analizi ile değerlendirilmek istenildiğinde en çok karşılaşılan durum verilerin normal dağılım göstermemesi ve/veya grup varyanslarının homojen olmamasıdır. Günümüzde, her iki ön şart da neredeyse tüm istatistik paket programlar ile kolayca kontrol edilebilmektedir. Verilerin normal dağılım göstermediği belirlense bile veriler sürekli yapıda ise gözlem sayısının yeterli olması durumunda bu ön şart göz ardı edilebilir. Gözlem sayısının fazlalığı kesikli dağılım gösteren verilerde de normal dağılım şartını önemsiz hale getirebilmektedir. Ancak varyansların homojen olmadığı belirlendiğinde bu ön şartı göz ardı etmek sonuçların güvenilirliğini etkileyecektir. Yani varyansların homojenliği şartının varyans analizinde en önemli ön şart olduğu söylenebilir (Mendeş ve Başpınar 2002).

Varyans analizi tekniğinde en önemli ön şartın varyansların homojenliği olmasının sebebi, hesaplanan gruplar içi kareler ortalamasının (GIKO) toplanmış varyans olmasıdır. Gruplardaki gözlem değerlerinin alınmış oldukları populasyon varyansları eşit değilse yani grup varyansları arasında tesadüfi sayılamayacak kadar farklılık varsa toplanmış varyans yani GIKO olması gerekenden büyük hesaplanacaktır. Bu durum, paydası GIKO olan F-değeri ile hipotez kontrolü yapılması durumunda varılacak olan kararın yanıltıcı olmasına sebep olacaktır. Bu sebepten dolayı doğru olan kontrol hipotezini ret etme olasılığı olan I. tip hata olasılığı en çok grup varyanslarının homojen olmamasından etkilenmektedir. Başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığının deneme sonunda korunamaması testin gücünün de olumsuz yönde etkilenmesini beraberinde getirmektedir (Yuen 1974, Wilcox 1994, Piepho 1996, Lix vd. 1996, Wludyka ve Nelson 1997).

Uygulamada, faktöriyel denemelerden elde edilen verilerde alt grup varyanslarının heterojenliği sorunuyla oldukça sık karşılaşılmaktadır. Literatürde, tek faktörlü varyans analizinde olduğu gibi iki veya daha fazla faktöre sahip faktöriyel denemelerde de varyans analizinin ön şartlarının yerine getirilmemesi durumunda I. tip hata olasılığının

ve testin gücünün olumsuz yönde etkilendiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Akbulut 2008, Yiğit 2012). Özellikle heterojen alt grup varyanslarının toplanmış varyansta meydana getireceği değişim ile faktöriyel denemelerde de bu etkiyi yaratması kaçınılmazdır. Bu sebeple verileri varyans analizi ile güvenilir biçimde değerlendirebilmek için varyans analizinin ön şartlarının sağlanması gereklidir.

Ön şartların yerine gelmediği belirlendiğinde ya transformasyon (veri dönüşümü) yöntemleri kullanılarak veriler varyans analizine uygun hale getirilmekte ya da daha az varsayımı olan parametrik olmayan istatistik analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Düzgüneş 1963, Sokal ve Rohlf 1995, Richter ve Payton 2003). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda ise Welch-James testi, permütasyon testleri gibi değişik alternatifler yöntemler önerilmiştir (Snedecor ve Cochran 1967, Gaston ve McArdle 1994, Mansouri ve Chang 1995, Petrie ve Sabin 2000, Brunner ve Puri 2001, Akbulut 2008, Yiğit 2012). Ancak bu yaklaşımların her deneme koşulundaki performansları henüz ortaya konulmuş değildir.

Transformasyon kelime olarak dönüşüm veya şekil değiştirme anlamına gelmektedir. Veri transformasyonu ise mevcut verilerin matematiksel dönüşümlerle yeni bir yapı kazanmasıdır. Dolayısıyla verilerin bu yeni yapısının uygun istatistik metotlarla değerlendirilmesini mümkün kılacağı düşünülmektedir. Aslında transformasyon istatistik bir hile gibi düşünülse de gerçekte durum böyle değildir. Çünkü uygulanacak transformasyon bir grup veriye değil analize tabi tutulacak tüm verilere uygulanmakta ve verilerin hepsini etkilemektedir (Tekindal 1998).

Verilere varyans analizinin ön şartlarını kazandırmak amacıyla geliştirilmiş birçok transformasyon yöntemi vardır. Karekök, logaritmik, açılı, Box-Cox ve rank transformasyonları en yaygın olarak kullanılanlarıdır. Bunlar içerisinde hangi transformasyonun seçilmesi gerektiğine karar vermek için verilerin dağılım şekli ve yapısı yani elde ediliş şekilleri dikkate alınmaktadır. Örneğin, sayı olarak elde edilmiş verilerde karekök, ölçüm sonucu elde edilmiş verilerde logaritmik, sayıma dayanan oran şeklinde elde edilmiş verilerde ise açılı transformasyon yöntemleri ön şartları yerine getirmek için kullanılmaktadır. Seçilen transformasyon yöntemi verilerde istenilen

şartları yerine getirmiyorsa diğer transformasyon yöntemleri denenerek içlerinde şartları yerine getiren yöntemde seçilebilir.

Literatürde transformasyonların varyans analizinin ön şartlarını yerine getirdiği kabul edilmiş olsa da transforme edilmiş verilere uygulanacak varyans analizi sonucunda gerçekleşecek I. tip hata olasılıkları ve testin gücü tartışmalıdır. Bazı çalışmalar transformasyonu önerirken bazıları da transformasyon uygulamanın iyi bir seçenek olmadığını bildirmektedir (Chen 2001, Erceg-Hurn ve Mirosevich 2008).

Matematiksel olarak çözümü çok zor ya da mümkün olmayan problemlerin ampirik olarak çözümünde, yeni geliştirilen testlerin örnekleme dağılımlarının oluşturulmasında, parametre tahminlerinin yapılmasında, aynı amaçla kullanılabilen istatistik testlerinin I. tip hata ve testin gücü bakımından karşılaştırılmasında simülasyon yaklaşımından oldukça sık yararlanılır. Rastgele üretilen sayılardan faydalanılarak yapılan istatistik simülasyonlar en çok Monte Carlo metoduyla yapılır (Park ve Miller 1988, Mendes 2005).

Bu tez çalışmasının amacı; tesadüf parselleri deneme tertibinde iki faktörlü dengeli denemelerde, elde edilen gözlem değerleri normal dağılım gösterse bile alt grupların varyanslarının homojen olmaması halinde varyansları homojen hale getirebilmek amacıyla uygulanacak olan karakök, logaritmik ve açı transformasyon yöntemlerinin varyans analizi sonucunda interaksiyona ait hipotez kontrolünde gerçekleşecek I. tip hata olasılığını ve testin gücünü nasıl etkilediğinin incelenmesidir. Bu amaçla belirlenen faktör seviye sayısı, tekerrür sayısı ve varyans heterojenlik düzeylerinde mümkün olan en fazla deneme sayısı ile sonuca ulaşabilmek için Monte Carlo simülasyon tekniği kullanılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gruplardaki gözlem sayılarının eşit olduğu dengeli denemelerde, normallikten ve homojenlikten sapma çok az olduğunda deneme sonunda gerçekleşen 1.tip hata olasılığı bakımından varyans analizi ile grup ortalamaları arasındaki farkların incelenmesinin sakıncalı olmadığı bildirilmektedir. Ancak özellikle gruplardaki gözlem sayılarının eşit olmadığı dengesiz denemelerde sapma miktarları arttıkça varyans analizinde gerçekleşen I. tip hata olasılıklarının bundan çok etkilendiği ve bu durumlarda Brown-Forsythe, Welch testi, Genelleştirilmiş F-testi ve Scott-Smit testi gibi alternatif yöntemlerin kullanılması önerilmiştir (Brown ve Forsythe 1974, Steel vd. 1997, Gamage ve Weerahandi 1998, Yiğit ve Gamgam 2011).

Milligan vd. (1987) iki faktörlü varyans analizi modelinde yaptıkları 10000 simülasyon denemesinde alt gruplarda farklı sayıda gözlem olması durumunda, normal dağılım ve varyansların homojenliği varsayımları yerine gelmediğinde F testinin güçlü olmadığını bildirmişlerdir.

Hsiung ve Olejnik (1996) iki faktörlü sabit etkili modelde klasik varyans analizi (F-testi) ve James-Second Order testini I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından karşılaştırmışlardır. Çalışmada dengeli, hafif dengesiz ve aşırı dengesiz gözlemlere sahip alt grupların olduğu koşullar dikkate alınmıştır. Her bir koşul için yaptıkları 10000 simülasyon denemesi sonunda elde ettikleri bulgulara göre, varyanslar heterojen olduğunda, deneme dengeli olsa bile F-testinde gerçekleşen I.tip hata olasılığının kararlaştırılan seviyenin üstünde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Örnek genişliği küçük olduğunda ($n=5$) varyans oranının 3 kat olmasının varyans analizinin I. tip hatayı koruma bakımından geçersiz bir test olması için yeterli olduğu belirtilmiştir. Örnek genişlikleri ve varyans oranları eşit olmadığında varyans analizinin I. tip hata olasılığını koruyamadığı bildirilmiştir. Varyansların homojenliği ön şartı yerine gelmediğinde F-testinin testin gücü bakımından da yetersiz bir test olduğu vurgulanmıştır.

Başpınar ve Gürbüz (2000) yaptıkları bir çalışmada, varyans analizinin istenen güce ulaşmasında, dağılım şekline göre, populasyon ortalamaları arasındaki farkın

büyükluğüne bağlı olarak, bu populasyonlardan rasgele alınan örneklerdeki gözlem sayısının etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, varyans analizi tekniğinin ön şartlarından biri olan "normal dağılım" ön şartının sağlanmadığı durumlarda, verilerin parametrik olarak analiz edilmelerinin önemli bir sakınca oluşturmadığını da bildirmişlerdir.

Bao ve Ananda (2001) yaptıkları çalışmada iki faktörlü varyans analizi modelinde varyanslar heterojen olduğunda, farklı örnek genişliklerinde interaksyonu test etmek amacıyla varyans analizi ile Genelleştirilmiş-F testini, gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından karşılaştırmışlardır. Yaptıkları simülasyon çalışması sonucunda, Genelleştirilmiş-F testinde gerçekleşen I. tip hata olasılığının kararlaştırılan seviyeden düşük çıktığını; klasik varyans analizinde ise bu olasılığın kararlaştırılan seviyeden büyük gerçekleştiğini; gerçekleşen testin gücü bakımından ise tüm deneme koşullarında Genelleştirilmiş-F testinin daha yüksek güç değerlerine ulaştığını bildirmişlerdir.

Polatkan (2002) yaptığı bir simülasyon çalışmasında, tek yönlü varyans analizi modelinde varyansların heterojenliği durumunda varyans analizine alternatif olan yöntemlerden Tek Aşamalı Yöntem, İki Aşamalı Yöntem ve Kruskal-Wallis testini farklı heterojenlik ve örnek genişliği durumlarında gerçekleşen I. Tip hata olasılığı bakımından karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, Tek Aşamalı Test yönteminin varyansların heterojenliğinden önemli ölçüde etkilendiğini, örnek genişliğinin artmasının da sonuçlarda olumlu bir değişikliğe neden olmadığını, İki Aşamalı Test yönteminin varyansların heterojen olmasından etkilenmediğini, Kruskal-Wallis testinde I. Tip hata olasılığının genelde %5 civarında gerçekleştiğini ve bu nedenle Kruskal-Wallis testinin diğer iki testten de iyi sonuçlar verdiğini, varyansların heterojen olması halinde parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testinin tercih edilebileceğini bildirmiştir.

Mendeş (2002) çalışmasında, varyans analizinin en önemli iki ön şartı olan normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarının yerine gelmediğinde F testi ile alternatiflerini gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından karşılaştırmıştır. Simülasyon çalışmasında normal ve muhtelif eğrilikte dağılımlar 3, 4 ve 5 grupta dengeli ve dengesiz değişik örnek genişlikleri kullanılmıştır. 100000

simülasyon denemesi sonunda, F testi bakımından gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve testin gücü değerlerinin, örneklerin alınmış olduğu populasyonların dağılım şekline göre, populasyonların varyanslarına, örnek genişliklerine, gözlemlerin dengeli olup olmamasına ve standart sapma cinsinden oluşturulan farklara bağlı olarak değiştiğini bildirilmiştir.

Mendeş ve Başpınar (2002) bir çalışmalarında, çeşitli varyanslara sahip β (4,14) ve $\chi^2(5)$ dağılımı gösteren populasyonlardan alınan 3 veya 4 gruplu örneklerden yararlanarak varyans analizi, Marascuilo, Welch, Brown-Forsythe ve Alexander-Govern test istatistiklerinin 100000 simülasyon denemesi sonunda gerçekleşen I. tip hata olasılıklarını karşılaştırmışlardır. Varyanslar homojen olduğunda; varyans analizinin deneme başında kararlaştırılan %5'lik I.Tip hata olasılığını deneme sonunda da koruduğunu, grupların varyans oranı 1:2:3 olduğunda varyans analizinin gruplarda eşit sayıda gözlemin olması halinde heterojenlikten etkilenmediğini ancak gözlem sayılarının farklılaşması halinde oldukça olumsuz etkilendiğini, örnek genişlikleri eşit olmadığında genel olarak en iyi sonuçları Marascuilo ve Welch testlerinin verdiğini, varyanslar 1:5:9 olacak şekilde heterojenleştirildiğinde bütün gözlem kombinasyonlarında Welch testinin en güvenilir test olduğunu bildirmişlerdir.

Richter ve Payton (2003) çalışmalarında iki faktörlü faktöriyel düzende Brunner yöntemini ve varyans analizini, çeşitli etki büyüklüğü, örnek genişliği ve varyansların heterojenlik düzeyi kombinasyonlarında 5000 simülasyon denemesi ile karşılaştırmışlardır. Buldukları sonuçlardan hareketle gerçekleşen I. tip hata ve gerçekleşen testin gücü bakımından varyans analizini sadece ön şartlar sağlandığında önermişlerdir.

Trumbo vd. (2004) yaptıkları 20000 simülasyon denemesinde binomial, poisson ve üstel dağılım gösteren populasyonlardan her defasında 3 grup ve gruplarda 5 veya 10 gözlem bulunan örnekler almış ve transformasyon uygulamadan önce ve transformasyon uyguladıktan sonra varyans analizinde gerçekleşen I. tip hata ve testin gücü değerlerini hesaplamışlardır. Sonuç olarak, poisson verileri için karekök transformasyonunun, binomial verileri için de açılı transformasyonunun etkisiz olduğu ve

sonuçları değiştirmediğini belirtmişlerdir. Üstel dağılımlı veriler için ise hem logaritmik hem rank transformasyonlarının bazı durumlarda küçük örnek genişliklerinde kısmen yararlı olduğunu bildirmişlerdir.

Payton vd. (2006) yaptıkları simülasyon çalışmasında poisson dağılımından ürettikleri verileri logaritmik, karekök ve rank transformasyonlarına tabi tutarak faktöriyel ve bölünmüş parseller deneme tertiplerinde bu transformasyonların I. tip hata ve testin gücüne etkilerini incelemişlerdir. Varyans analizinin ön şartları yerine gelmediğinde bu transformasyonların kullanılabileceklerini bildirmişlerdir.

Koşkan ve Gürbüz (2008) yaptığı bir çalışmada, varyanslar heterojen olan 3 gruplu denemelerde F testi ve yeniden örnekleme yaklaşımını, I. tip hata ve testin gücü bakımından simülasyon yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada her grupta eşit olacak şekilde 5, 15 ve 30 tekrür ve grup varyansları arasında 1, 5, 10 ve 30 kat fark dikkate alınmıştır. Ayrıca testin gücünü belirlemek amacıyla son gruptaki gözlem değerlerine standart sapma cinsinden 0.5, 1.0 ve 1.5 eklenmiştir. 10000 simülasyon denemesi sonucunda, gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve güç değerleri hesaplanmıştır. Denemede yeniden örnekleme sayısı da 100000 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, küçük örnek genişliklerinde ve varyanslar heterojen iken yeniden örnekleme yönteminin F testinden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Akbulut (2008) çalışmasında, F testini, Welch-James testi, Tek Aşamalı Yöntem ve düzeltilmiş sıra sayısı dönüşüm testi gibi bazı alternatifleri ile interaksiyon etkisini test etmek için 2x2 faktöriyel deneme düzeninde normal dağılım ve varyansların homojenliği varsayımları yerine gelmediğinde karşılaştırılmıştır. Çalışmada örnekler, gözlem sayıları eşit ve farklı olacak şekilde $Z(0,1)$, Student $t(3)$, Student $t(6)$, $\chi^2(3)$, $\chi^2(6)$, $\beta(4,0.75)$ ve $\beta(4,1.5)$ dağılımı gösteren populasyonlardan alınmıştır. Her kombinasyon için 100000 simülasyon denemesi sonucunda elde edilen sonuçların varsayımlar yerine geldiğinde I. Tip hatayı kontrol etme bakımından F testi ve düzeltilmiş sıra sayısı dönüşüm testinin Welch-James testine ve Tek Aşamalı yöntemine göre daha geçerli ve testin gücü bakımından daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Diğer yandan Welch-James testi ile Tek Aşamalı yöntemi, varyanslar homojen

olmadığında özellikle alt grupların dengesizliğinde I. Tip hatayı kontrol etme bakımından F testine alternatif olarak önermiştir.

Vallejo vd. (2010) 2x5 faktöriyel düzende Brunner Dette-Munk ve Welch-James testlerini Box-Cox transformasyonu uygulanmış karşılıklarıyla ve varyans analiziyle I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından karşılaştırmışlardır. Varyansları heterojen eğriliği yüksek dağılımlardan alınan örnekler karşılaştırıldığında hiçbir testin I. tip hata olasılığını koruyamadığını, testin gücü bakımından ise en iyi sonuçları Welch-James testinin verdiğini bildirmişlerdir.

Ozkan vd. (2010), grup varyanslarının homojen olduğu dengeli denemelerde karekök ve logaritmik transformasyon yöntemlerinin tek faktörlü varyans analizinde gerçekleşen I. tip hata olasılıklarını ve testin gücünü nasıl etkilediklerini araştırmışlardır. 25000 simülasyon demesi ile hem karekök hem de logaritmik transformasyon yöntemlerinin başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığını koruyamadığını ve başlangıçta kararlaştırılardan daha büyük bir I. tip hata değerinin çıkmasına neden olduğunu, bu durumun grup sayısından çok fazla etkilenmezken gruptaki gözlem sayılarının artışından ve grupların varyansları arasındaki oranlardan fazlaca etkilendiği sonucuna varmışlardır. Bu transformasyon yöntemlerinin varyansların homojenliği ön şartının yerine getirilmesi amacıyla kullanılmasını önermemişlerdir.

Kaşko Arıcı vd. (2011) yaptıkları bir çalışmada karekök, logaritmik ve açılı transformasyonları ile varyansları homojen hale gelmiş gruplara varyans analizi uygulandığında ve transformasyon uygulanmadan Kruskal-Wallis testi kullanıldığında gerçekleşecek I. tip hata olasılıklarını karşılaştırmışlardır. 3, 4, 5 ve 10'ar gözlem bulunan 3, 4, 5 ve 8 grubun dikkate alındığı çalışmada grup varyanslarının homojenliği değişen oranlarda bozulmuştur. 25.000 simülasyon denemesi sonucunda hesaplanan I. tip hata olasılıklarının hem Kruskal-Wallis testinde hem de transformasyon sonrası varyans analizinde gruptaki gözlem sayılarının artışından bağımsız olarak heterojenlik arttıkça belirgin bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yiğit ve Gamgam (2011) bir çalışmalarında, normal dağılıma sahip ancak varyansları değişen derecelerde heterojen olduğu varsayılan 3, 5 ve 7 grubun karşılaştırılmasında varyans analizi ve alternatifleri olan Brown-Forsythe, Genelleştirilmiş F-Testi, Scott-Smith Testi, Welch Testi ve Xu-Wang Testlerini karşılaştırmışlardır. Söz konusu testleri karşılaştırmak için, belirledikleri örnek genişliklerinde (dengeli ve dengesiz) 5000 simülasyon denemesi ile gerçekleşen I.tip hata olasılıklarını ve güç değerlerini hesaplamışlardır. Sonuç olarak, örnek genişlikleri arttığında varyans analizinin deneysel I.tip hata olasılıklarının %5 değerine yakın sonuçlar vermesine rağmen, diğer testlere göre güç değerlerinin daha düşük olduğunu, genellikle Scott-Smith Testi ve varyans analizinin deneysel I.tip hata olasılıklarının %5 değerinden oldukça uzak olduğunu, Welch testi ve özellikle Genelleştirilmiş F-testlerinin genel olarak diğer testlere göre daha yüksek güç değerlerine sahip olduğunu, Xu-Wang testinin örnek genişlikleri ile grup varyanslarının ters ilişkili olduğu durumda özellikle örnek genişliği arttığında oldukça yüksek güç değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Yiğit (2012) yaptığı çalışmada, faktöriyel denemelerde normallik ve varyansların homojenliği varsayımlarının yerine gelmediği durumlarda faktöriyel varyans analizi ve alternatifleri olarak önerilen Welch-James testi, logaritmik transformasyon, rank transformasyonu ve permütasyon testlerine dayalı bazı test ve yaklaşımları dikkate alınmıştır. Yapılan simülasyon denemeleri sonucunda varyanslar homojen olduğu sürece genel olarak bütün testlerin I.tip hata ve testin gücü bakımından benzer sonuçlar verdiklerini gerçekleştiren I. tip hata olasılıklarının varyanslar homojenken örnek hacmi ne olursa olsun dağılımın şeklinden etkilenmediğini bildirmiştir. Yapılan simülasyon denemeleri sonucunda başta rank ve logaritmik transformasyon olmak üzere bütün testlerin güç değerlerinin varyansların homojen olmamasından oldukça olumsuz yönde etkilenmelerine karşın genel olarak varyans analizi ve permütasyon testlerinin, diğer testlere göre daha güçlü testler olduğunu söylemiştir. Logaritmik transformasyonun genel olarak varyanslar homojenken I. tip hata olasılığını %5 seviyesinde koruduğunu ancak varyansların heterojenleştiği durumlarda hiç güvenilir olmayan sonuçlar verdiğini hatta varyanslar homojenken bile bazı durumlarda güvenilir olmayan sonuçlar verdiğini vurgulamıştır.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmanın materyalini; normal dağılım gösteren popülasyonlardan farklı sayıda alt grup ve alt gruplarda farklı sayıda gözlem olacak şekilde Microsoft Power Station Developer Studio ve IMSL Library desteği ile FORTRAN programlama dilinde yazılmış simülasyon programı ile üretilmiş tesadüf sayıları oluşturmaktadır. Üretilen tesadüf sayıları faktör seviye sayıları doğrultusunda oluşturulan muamele kombinasyonlarına belirlenen tekerrür sayıları (n) kadar dağıtılmıştır.

Bu çalışmada, kullanılan transformasyon yöntemlerinin iki faktörlü varyans analizinde nasıl sonuçlar verdiği incelenmiştir. Bu amaçla, tesadüf parselleri deneme tertibinde 2x2, 2x3, 2x5, 3x3, 3x4 ve 3x5 düzenlerde oluşturulan faktöriyel denemelerde her alt grup için standart normal dağılımdan $N(0,1)$ çekilen n tane tesadüf sayısı üretilmiştir. Alt gruplardaki gözlem sayısı her grupta eşit olmak üzere 3, 4, 5, 8, 10 ve 20 olarak belirlenmiştir. Alt grupların varyanslarını heterojen hale getirmek amacıyla ise alt gruplardan birinin varyansı diğerlerinin varyansının 2, 3, 5, 9 ve 16 katı kadar artırılmıştır.

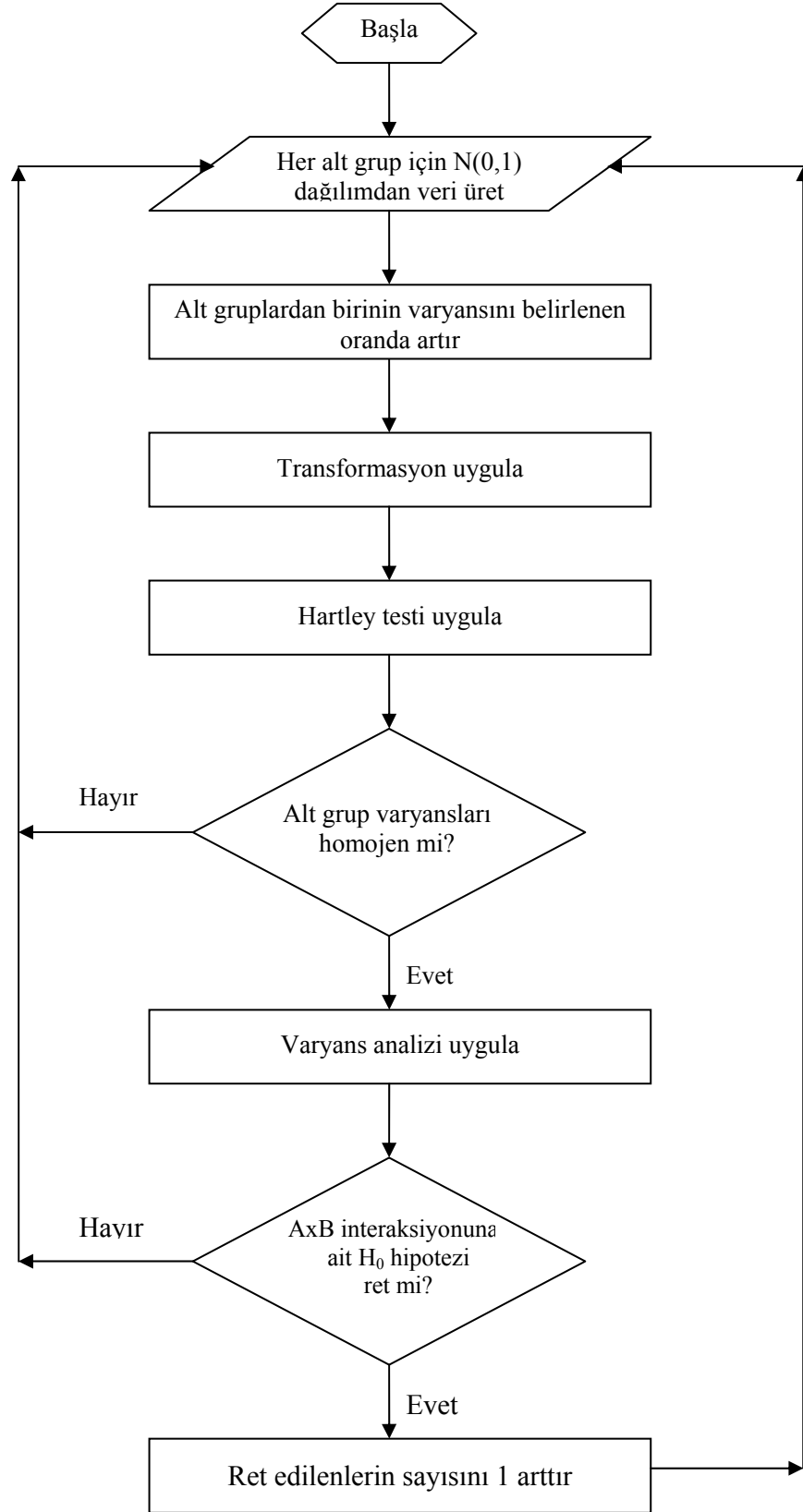
3.2 Metod

Materyal bölümünde anlatıldığı şekilde oluşturulan denemelerde verilere karekök transformasyonu, logaritmik transformasyon ve açı transformasyonu uygulanmıştır. Transformasyonlar sonrası Hartley testi ile alt gruplarda homojenlik kontrolü yapılmış ve alt grupların varyansları uygulanan transformasyon yöntemi ile homojen hale gelmiş ise varyans analizine geçilmiştir. Eğer transformasyon ile homojenlik sağlanamamış ise başa dönülerek yeni veri seti üretilmiştir. Transforme edilmiş verilerle yapılan iki faktörlü varyans analizlerinde “AxB interaksyonu”na ilişkin hipotez kontrolü yapılmış ve I. tip hata olasılıkları ile testin gücü değerleri 50000 simülasyon denemesi sonucunda hesaplanmıştır.

I. tip hata olasılıkları hesaplanırken ret edilen kontrol hipotezi sayısı toplam deneme sayısına bölünmüş ve % olarak ifade edilmiştir. Bilindiği üzere özellikle biyolojik olaylarda genellikle kabul görmüş 1.tip hata olasılığı $\alpha=0.01$ ya da $\alpha=0.05$ 'dir. Çalışmada incelenen transformasyon yöntemlerinin I. tip hata olasılıkları bakımından karşılaştırılmasında α başlangıçta %5 olarak kararlaştırılmış ve belirlenen α 'nın deneme sonunda ne kadar korunabildiği dikkate alınmıştır. Çünkü deneme sonunda gerçekleşen hata, başlangıçta belirlenen hataya ne kadar yakın ise o kadar sonuçların güvenilirliğinden söz edilebilir.

Ampirik olarak gerçekleşen testin gücü değerleri hesaplanırken ise son alt grubun ortalamasına standart sapma cinsinden 0.5, 1.0, 1.5 sabit sayıları (etki büyüklüğü, δ) eklenmiştir. Daha sonra yanlış olan kontrol hipotezinin ret edilme sayısı toplam deneme sayısına bölünmüş ve % olarak ifade edilmiştir. Bir testin güçlü bir test olduğunun söylenebilmesi için testin güç değerleri için kritik değerin ne olması gerektiği konusunda pek çok görüş bildirilmiştir. Bunlar arasında en kabul göreni Cohen (1988) tarafından ileri sürülen testin gücünün $(1-\beta) \geq 0.80$ olması gerektiğidir. Çünkü I. tip hata olasılığı (α) artarken II. Tip hata olasılığı (β) azalmaktadır. Yani aralarında negatif bir ilişki söz konusudur. Her iki hatanın da aynı anda kontrol altına alınabilmesi için $\beta=4\alpha$ olması gerektiği bildirilmiştir. Uygulamada α 'nın genellikle %5 olarak kullanılmasından dolayı testin gücü için kritik değer 0.80 olarak önerilmiştir (Murphy ve Myers 1998, Mendeş 2002). Bu sebeple çalışmada elde edilen güç değerleri yorumlanırken %80'den küçük/büyük olmaları dikkate alınmıştır.

Bu tez çalışması için gerekli olan tüm hesaplamalar FORTRAN programlama dilinde yazılmış programlar yardımıyla Monte Carlo simülasyon yöntemi ile yapılmıştır. Simülasyon programının algoritmasını özetleyen akış diyagramı şekil 3.1' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1 Simülasyon programı akış diyagramı

3.2.1 Varyans Analizi (F-Testi)

Tesadüf parselleri deneme tertibinde iki faktörlü faktöriyel düzenler için varyans analizinde kullanılan model;

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad \begin{cases} i = 1, \dots, n_A \\ j = 1, \dots, n_B \\ k = 1, \dots, n \end{cases}$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

Y_{ijk} : Gözlem değerlerini,

μ : Populasyonun genel ortalamasını,

α_i : A faktörünün i. seviyesinin esas etkisini,

β_j : B faktörünün j. seviyesinin esas etkisini,

$(\alpha\beta)_{ij}$: A faktörünün i. seviyesi ile B faktörünün j. seviyesinin interaksiyon etkisini,

e_{ijk} : Hata terimini göstermektedir.

Çizelge 3.1 Tesadüf parselleri deneme tertibinde iki faktörlü varyans analizi tablosu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Genel	$n n_A n_B - 1$	$\sum_i \sum_j \sum_k (Y_{ijk} - \bar{Y}_{...})^2$	-	-
Alt Gruplar	$n_A n_B - 1$	$n \left(\sum_i \sum_j (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{...})^2 \right)$	-	-
A Faktörü	$n_A - 1$	$n n_B \left(\sum_i (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})^2 \right)$	KT_A / SD_A	KO_A / KO_{HATA}
B Faktörü	$n_B - 1$	$n n_A \left(\sum_j (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...})^2 \right)$	KT_B / SD_B	KO_B / KO_{HATA}
AxB İnteraksiyonu	$(n_A - 1)(n_B - 1)$	$KT_{ALTG} - (KT_A + KT_B)$	KT_{AxB} / SD_{AxB}	KO_{AxB} / KO_{HATA}
Hata	$n_A n_B (n - 1)$	$KT_{GENEL} - KT_{ALTG}$	KT_{HATA} / SD_{HATA}	-

n_A : A faktörünün seviye sayısı, n_B : B faktörünün seviye sayısı, n : Alt gruplardaki tekerrür sayısı

İki faktörlü varyans analizinde “AxB interaksyonu yoktur” şeklindeki kontrol hipotezinin test edilmesi için hesaplanacak F istatistiği için çizelge 3.1’deki hesaplamalar yapılmaktadır.

3.2.2 Karekök Transformasyonu

Genellikle sayılarak elde edilmiş verilere varyans analizi için gerekli şartları kazandırmak amacıyla uygulanır. Deney ünitelerinde 10’dan aşağı sayım yapılmamışsa bunların doğrudan karekökleri ($\sqrt{X}$) alınır. 10’dan küçük değerlerin varlığında ise verilere 0.5 veya 1 eklenerek kareköklerini almak tavsiye edilmektedir ($\sqrt{X+1}$ veya $\sqrt{X+0.5}$) (Sokal ve Rohlf 1995).

3.2.3 Logaritmik Transformasyon

Gruplarının varyansları ile ortalamaları arasında pozitif bir korelasyon varlığında verilere varyans analizi öncesi logaritmik transformasyon uygulanır. Grup ortalamaları ile varyansları arasındaki ilişkinin ortadan kalkmasına, sağa eğik bir dağılımın normalleşmesine ve eklenebilirlik şartının yerine gelmesine olanak veren logaritmik transformasyonda ölçülerek elde edilmiş verilerin 10 tabanına göre logaritmaları alınır. Logaritmaları alınacak veriler arasında 0 veya negatif değerler bulunduğunda verilere sabit bir sayı eklendikten sonra logaritmalarını almak gerekir (Freund ve Wilson 2003).

3.2.4 Açı Transformasyonu

Açı transformasyonu toplam örneğin oranı veya yüzdesi ile ifade edilen verilerde uygulanır. Yüzde değerler geniş aralık içerisinde dağıldığı zaman özellikle tavsiye edilir. Bu tip verilerde varyans ile ortalama arasında; $\sigma^2 = \mu(1-\mu)$ şeklinde bir ilişki vardır. Yani gözlemler, binom dağılımı gösterirler. Binom Dağılımında, gözlemler %0 ve %100’e yaklaştıkça, yani uçlarda küçük varyans, %50 civarında ise, yani ortalarda büyük varyans görülür. Bu transformasyona, Arcsin transformasyonu da denir. P orijinal oran ise transformasyon $\text{Arcsin}\sqrt{p}$ şeklinde yapılır (Bek ve Efe 1988).

3.2.5 Hartley Testi

$F_{\max}$ testi olarak da bilinen Hartley testi;

$$F_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2}$$

şeklinde hesaplanır. Hesaplanan test istatistiği, grup sayısı (k) ve serbestlik derecesine (n-1) göre düzenlenmiş Hartley tablo değerine eşit veya büyük ise varyansların homojen olduğunu ileri süren kontrol hipotezi (H_0) ret edilir. Gruplardaki gözlem sayıları eşit olduğunda kullanılması önerilen ve gözlem sayıları eşit olduğunda başlangıçta kararlaştırılan I. tip hatayı en iyi koruduğu bildirilen Hartley testinde hipotezler,

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

H_1 : “En az iki grubun alınmış oldukları populasyonların varyansları birbirinden farklıdır”

şeklinde kurulur (Kanji 1999, Kaşko vd. 2009).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 I. Tip Hata Olasılıkları

Tesadüf parselleri deneme tertibinde 2x2, 2x3, 2x5, 3x3, 3x4 ve 3x5 faktöriyel düzenlerde $\alpha=5\%$ için 50000 simülasyon denemesi sonucunda AxB interaksyonuna ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları % olarak çizelge 4.1-4.6'da verilmiştir. Çizelgelerde karekök, logaritmik ve açı transformasyonları sonucunda elde edilen sonuçların yanı sıra transformasyon uygulanmadan elde edilen sonuçlar da yer almaktadır.

Çizelge 4.1 2x2 faktöriyel düzende AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	4.88	4.96	5.15	4.81	4.93	5.05	4.88	4.89	4.98	5.06	5.08	4.98
1:1:....:2	5.16	5.30	5.30	5.33	5.32	5.15	5.02	5.26	5.42	5.31	5.13	4.94
1:1:....:3	5.74	5.86	5.80	5.50	5.41	5.78	5.58	5.61	5.36	5.82	5.80	5.68
1:1:....:5	6.39	6.90	6.57	6.65	6.13	6.68	6.64	6.83	6.30	6.93	7.00	6.82
1:1:....:9	7.82	8.78	8.65	8.59	7.29	9.34	8.80	8.92	6.90	9.38	9.36	10.14
1:1:....:16	9.59	11.07	11.33	11.06	8.49	11.98	12.72	12.59	7.50	13.93	14.26	13.90
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	5.06	4.90	5.15	5.01	5.11	4.82	4.97	4.82	5.02	4.85	5.16	4.83
1:1:....:2	4.98	5.26	5.43	4.96	5.30	4.87	5.28	5.25	5.00	5.32	5.44	5.21
1:1:....:3	5.32	5.42	5.82	5.62	5.26	5.98	5.67	5.84	5.06	6.30	6.30	5.88
1:1:....:5	5.76	6.84	7.25	7.26	5.40	7.47	7.30	7.63	5.50	8.86	8.67	8.83
1:1:....:9	5.89	11.30	11.25	10.75	5.86	11.90	11.60	11.76	5.40	14.32	14.33	14.21
1:1:....:16	6.88	17.92	18.08	17.27	5.98	19.62	19.49	19.30	5.72	22.40	25.60	24.60

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A ve B faktörünün 2'şer seviyesinin birlikte dikkate alındığı iki faktörlü varyans analizinden elde edilen sonuçların yer aldığı çizelge 4.1 incelendiğinde, I. tip hata olasılıklarının alt grup varyansları homojen iken tekerrür sayısına bağlı olarak karekök transformasyonu için %4.82-%5.06 arasında, logaritmik transformasyon için %4.88-%5.16, açı transformasyonu için %4.81-%5.01 arasında gerçekleştiği görülmektedir. Transformasyon uygulanmadığında ise %4.88-5.11 arasındadır. Alt gruplardaki tekerrür sayısı ne olursa olsun veriler transforme edilsin edilmesin varyanslar homojen olduğunda başlangıçta kararlaştırılan %5 hata olasılığının beklenildiği gibi korunduğu görülmektedir. Bu durumun nispeten alt grupların varyans oranı 1:1:1:2 olduğunda da söz konusu olduğu söylenebilir. Ancak alt grup varyanslarının heterojenliğinin artışına paralel olarak hesaplanan I. tip hata olasılıklarının her durumda artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış transformasyon uygulanan alt gruplarda özellikle de tekerrür sayısındaki artış ile birlikte çok daha belirginleşmektedir. Örneğin n=3 için alt grup varyans oranları 1:1:1:9 iken karekök transformasyonu sonucunda hesaplanan I. tip hata olasılığı %8,78 iken aynı varyans oranında n=20 olduğunda %14,32'e çıkmaktadır. Bu durum logaritmik ve açı transformasyonlarında da benzerdir. n=20 ve varyanslar arasındaki oran 1:1:1:16 olduğunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, transforme edilen verilerle varyans analizi yapılmasının interaksiyona ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşecek I. tip hata olasılığının %20'nin üzerinde olacağını göstermektedir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, alt grupların varyansları arasındaki heterojenliğin derecesi artsa bile alt gruplardaki tekerrür sayısı arttıkça transformasyon uygulanmadan varyans analizi yapıldığında interaksiyona ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıklarının %5'e daha yakın olduğu görülmektedir. Örneğin n=3 için hesaplanan olasılıklar 1:1:1:1 için %4.88, 1:1:1:16 için %9.59 bulunurken n=20 olduğunda 1:1:1:1 için %5.02, 1:1:1:16 için %5.72 olmuştur. Ancak n=20 olduğunda da heterojenlik düzeyi arttıkça %5'den giderek uzaklaştığı ve daha büyük çıkma eğiliminde olduğu görülmektedir.

2x2 faktöriyel düzende yürütülmüş bir denemeden elde veriler iki faktörlü varyans analizi ile değerlendirilmek istenildiğinde eğer alt grup varyansları homojen değilse özellikle de varyanslar arasında 3 katın üzerinde bir heterojenlik söz konusu ise verileri

transforme etmenin I. tip hatanın kararlaştırılardan daha büyük gerçekleşmesine sebep olduğuna dikkat edilmelidir. Bu durumda verilerin doğrudan varyans analizi ile değerlendirilmesinin I. tip hata bakımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş olsa da, %5’den büyük bir hatanın göze alınması gerektiğine de dikkat edilmelidir. Çünkü başlangıçta kararlaştırılardan büyük çıkan I. tip hata olasılığı gerçekte doğru olan kontrol hipotezinin daha fazla oranda ret edildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.2 2x3 faktöriyel düzende AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	√	Log	Açı	Yok	√	Log	Açı	Yok	√	Log	Açı
1:1:....:1	4.93	5.02	5.03	5.01	4.82	5.27	4.91	5.02	5.04	4.94	4.88	5.05
1:1:....:2	5.18	5.03	5.41	5.51	5.22	5.44	5.27	5.16	5.17	5.21	5.38	5.20
1:1:....:3	5.38	6.02	5.62	5.84	5.88	5.70	5.65	5.63	5.42	5.79	5.80	5.74
1:1:....:5	6.83	7.25	7.12	6.87	6.62	7.22	7.18	7.04	6.39	7.34	7.55	7.39
1:1:....:9	9.01	9.56	8.49	9.41	8.46	9.78	9.80	9.97	7.63	10.30	10.24	10.42
1:1:....:16	10.97	13.30	12.76	12.94	9.93	14.24	14.30	14.27	9.29	16.17	15.85	15.70
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	√	Log	Açı	Yok	√	Log	Açı	Yok	√	Log	Açı
1:1:....:1	4.94	5.00	5.04	4.96	4.76	5.13	5.09	5.05	5.26	5.04	5.01	4.97
1:1:....:2	5.35	5.14	5.20	5.31	5.29	5.47	5.38	5.19	5.16	5.52	5.34	5.34
1:1:....:3	5.61	6.07	5.86	5.82	5.46	6.14	6.18	5.88	5.47	6.46	6.20	6.25
1:1:....:5	6.14	7.60	7.63	7.98	5.95	7.92	8.02	8.10	5.82	8.89	9.02	8.90
1:1:....:9	7.16	12.35	12.96	12.47	6.91	13.36	12.94	13.27	6.48	15.99	16.05	14.78
1:1:....:16	8.43	19.93	20.05	20.10	8.44	21.70	22.05	21.21	7.45	25.20	27.00	27.30

Yok: Transformasyon yok, √: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 2 seviyesinin B faktörünün 3 seviyesi ile birlikte denendiği 2x3 faktöriyel düzende AxB interaksyonu için elde edilen I. tip hata olasılıkları çizelge 4.2’de görüldüğü gibidir. Çizelge 4.2’de yer alan olasılıklar incelendiğinde, 2x3 faktöriyel düzende elde edilen sonuçların çizelge 4.1’deki 2x2 faktöriyel düzende elde edilen sonuçlarla hemen hemen benzer olduğu görülmektedir. Ancak 2x3 deneme düzeninde

elde edilen I. tip hata olasılıklarının bazı durumlarda çok az da olsa 2x2 deneme düzeninde elde edilen değerlerden büyük olduğu söylenebilir. Örneğin, n=8 ve alt grup varyansları arasındaki fark 9 kat olduğunda, 4 yöntem için 2x2 deneme düzeninde sırasıyla %5.89, %11.30, %11.25, %10.75 olarak gerçekleşen I. tip hata olasılıkları 2x3 deneme düzeninde sırasıyla %7.16, %12.35, %12.96, %12.47 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3 2x5 faktöriyel düzende AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	4.87	4.89	4.82	5.05	5.09	4.83	5.35	4.64	4.90	5.11	5.00	5.11
1:1:....:2	5.27	5.47	5.56	5.57	5.44	5.18	5.31	5.21	5.32	5.47	5.41	5.39
1:1:....:3	5.74	5.89	5.76	5.70	5.64	5.86	5.89	5.72	5.66	5.87	5.88	5.91
1:1:....:5	6.80	7.32	7.44	6.99	7.05	7.44	7.23	7.25	6.97	7.38	7.39	7.24
1:1:....:9	9.63	9.96	9.91	10.01	9.12	10.27	10.35	10.38	8.64	11.37	11.48	11.44
1:1:....:16	12.35	13.81	13.41	13.73	11.97	15.32	14.99	14.94	11.10	17.09	17.09	17.22
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	5.09	5.12	5.45	5.18	4.95	4.84	5.07	4.96	5.21	5.03	4.93	5.10
1:1:....:2	5.29	5.40	5.06	4.95	5.33	5.10	5.23	5.34	4.95	5.32	5.53	5.13
1:1:....:3	5.55	5.67	5.97	5.82	5.43	5.95	5.93	6.03	5.74	6.27	5.81	6.06
1:1:....:5	6.51	8.16	7.96	8.10	6.35	8.09	8.26	8.22	6.34	9.39	9.17	9.36
1:1:....:9	8.29	13.23	13.03	13.12	8.09	14.16	13.94	13.52	8.19	15.40	16.28	16.48
1:1:....:16	9.98	21.32	21.25	20.86	9.95	21.93	22.67	22.74	9.61	38.00	38.23	38.25

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Simülasyon programı ile hesaplanan 2x5 faktöriyel düzende $\alpha=5\%$ için AxB interaksiyonuna ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları % olarak çizelge 4.3’de görülmektedir. A faktörünün 2 B faktörünün ise 5 seviyesinin bulunduğu 2x5 deneme düzeninden elde edilen sonuçlar 2x2 ve 2x3 deneme düzenleri ile uyum içerisindedir. Benzer şekilde alt grupların varyansları arasındaki heterojenlik düzeyi arttıkça I. tip hata olasılıklarında büyüme görülmüştür. Homojenliğin sağlandığı

durumda %5 değerini korumuş olsa da B faktörünün seviye sayısındaki artışın bir miktar hesaplanan olasılıkları arttırdığı görülmektedir.

n=8 ve alt grup varyansları arasındaki fark 2 kat olduğunda transformasyon yokken %5.29 karekök transformasyonu uygulanmışken %5.40 olan I. tip hata olasılığının logaritmik ve açı transformasyonunda sırasıyla %5.06 ve %4.95 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3). Bu durumda logaritmik ve açı transformasyonlarının uygulanmasının başlangıçta kararlaştırılan %5 değerine nispeten daha yakın olduğu söylenebilir. Diğer tekerrür sayılarında ve varyans oranlarında transformasyon yöntemlerinin hemen hemen aynı sonuçlara sahip oldukları ve uygulanmaları halinde AxB interaksyonu için yapılacak kontrolde daha fazla sayıda doğru olan kontrol hipotezinin ret edileceğine dikkat edilmelidir.

Çizelge 4.4 3x3 faktöriyel düzende AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	5.10	5.03	5.05	5.00	5.01	5.15	5.09	5.07	4.84	5.02	5.00	4.99
1:1:....:2	5.03	5.43	5.22	5.11	5.18	5.23	5.11	5.15	5.20	5.21	5.19	5.17
1:1:....:3	5.86	5.84	5.64	5.51	5.70	5.73	5.41	5.51	5.63	5.68	5.78	5.66
1:1:....:5	7.06	7.26	7.06	7.02	7.05	7.75	7.25	7.18	7.16	7.74	7.71	7.67
1:1:....:9	9.63	10.37	9.99	10.01	9.41	10.80	10.12	10.00	9.21	11.03	11.00	10.87
1:1:....:16	12.77	14.33	14.00	13.98	11.77	15.60	15.20	14.99	11.32	17.46	17.36	16.99
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	4.95	5.01	5.13	5.04	5.08	4.83	4.93	4.91	4.96	4.85	5.11	4.99
1:1:....:2	5.26	5.22	5.42	5.08	5.29	5.06	5.15	5.25	4.78	5.69	5.71	5.58
1:1:....:3	5.36	5.44	5.86	5.66	5.57	5.98	5.87	5.89	5.64	6.42	6.42	6.00
1:1:....:5	6.76	6.79	7.11	7.27	6.55	8.42	8.32	8.62	6.27	9.86	9.77	9.82
1:1:....:9	8.07	11.51	11.25	11.01	8.08	14.29	14.00	14.12	7.44	19.11	19.12	19.00
1:1:....:16	10.40	17.92	18.01	17.99	10.49	23.43	23.23	23.02	9.85	28.00	30.35	29.35

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

3x3 faktöriyel düzende AxB interaksiyonuna ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları % olarak çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde 3x3 faktöriyel düzende de transformasyon yöntemlerinin hemen hemen birbiriyle aynı sonuçlara sahip oldukları ve uygulanmaları halinde interaksiyona ait hipotez kontrolünde verilecek kararların veriler transforme edilmeden yapılacak varyans analizinden daha fazla güvenilirliğinin sorgulanması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Transformasyon yokken; n=3 için %5.10-%12.77, n=4 için %5.01-%11.77, n=5 için %4.84-%11.32, n=8 için %4.95-%10.40, n=10 için %5.08-%10.49 ve n=20 için %4.96-%9.85 aralığında değişim gösteren I. tip hatalar karekök transformasyonu uygulandığında; n=3 için %5.03-%14.33, n=4 için %5.15-%15.60, n=5 için %5.02-%17.46, n=8 için %5.01-%17.92, n=10 için %4.83-%23.43 ve n=20 için %4.85-%28.00 aralığında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, 3x3 deneme düzeninden elde edilen sonuçların 2x2, 2x3 ve 2x5 deneme düzenleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. A ve B faktörünün 3’er seviyesinin bulunduğu faktöriyel düzende hesaplanan I. tip hata olasılıkları diğer iki faktörlü deneme düzenlerine göre bir miktar fazla bulunmuştur. Örneğin, n=10 ve alt grupların varyans oranları arasında 9 kat fark olduğunda karekök transformasyonu için; 2x2 faktöriyel düzende %11.90, 2x3 faktöriyel düzende %13.36, 2x5 faktöriyel düzende %14.16 olarak hesaplanan I. tip hata olasılığı 3x3 faktöriyel düzende %14.29 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu artış 2x2 ve 2x3 deneme düzenlerine nazaran nispeten daha belirgin iken 2x5 deneme düzenine göre daha düşük seyretmiştir. Hatta bazı durumlarda 2x5 deneme düzenine göre daha yüksek I. tip hata değerleri hesaplanmıştır. Örneğin, n=8 ve varyanslar 9 kat heterojen olduğunda 2x5 faktöriyel düzende sırasıyla %8.29, %13.23, %13.03 ve %13.12 olarak hesaplanan I. tip hata olasılıkları 3x3 faktöriyel düzende sırasıyla %8.07, %11.51, %11.25 ve %11.01 şeklinde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5 3x4 faktöriyel düzende AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	5.09	4.99	5.02	4.96	4.77	5.10	4.92	5.07	4.90	4.84	4.88	4.78
1:1:....:2	5.38	5.22	5.32	5.43	5.23	5.11	5.14	5.18	5.18	5.17	5.23	5.18
1:1:....:3	6.05	5.93	5.74	5.93	5.61	5.93	5.46	6.02	5.62	6.32	5.96	6.16
1:1:....:5	7.20	7.13	7.63	7.47	7.59	7.55	7.49	7.77	7.37	7.74	7.64	7.69
1:1:....:9	9.84	10.64	10.22	10.57	9.74	10.97	11.36	10.77	9.60	11.38	11.76	11.60
1:1:....:16	13.66	14.73	14.96	15.69	12.54	16.94	15.95	16.68	12.06	18.52	18.50	17.94
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	5.14	4.63	5.22	4.93	5.18	5.05	4.98	4.80	5.01	4.86	4.93	4.99
1:1:....:2	5.38	5.14	5.25	5.29	5.44	5.38	5.31	5.11	5.35	5.41	5.40	5.53
1:1:....:3	5.86	6.09	5.89	6.11	5.80	5.99	6.18	6.01	5.82	6.43	6.59	6.41
1:1:....:5	7.14	8.27	8.35	8.52	7.02	8.36	8.63	8.85	6.82	9.84	9.73	9.53
1:1:....:9	9.08	13.64	13.26	13.56	8.77	14.40	15.28	14.85	8.14	17.02	17.44	17.14
1:1:....:16	11.45	22.88	22.77	22.53	11.16	24.08	24.37	24.64	10.74	30.11	31.35	31.19

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Çizelge 4.5’de yer alan 3x4 faktöriyel düzende varyans analizleri sonucunda gerçekleşen I. tip hata olasılıkları incelendiğinde, alt grupların varyansları arasında 3 kat heterojenlik söz konusu olduğunda I. tip hata olasılıklarının transformasyon yokken %5.61-%6.05 arasında, karekök transformasyonunda %5.93-%6.43 arasında, logaritmik transformasyonda %5.46-%6.59 arasında, açı transformasyonunda ise %5.93-%6.41 arasında gerçekleştiği görülmektedir. Alt grup varyansları 16 kat heterojen olduğunda ise transformasyon yokken %10.74-%13.66 arasında, karekök transformasyonunda %14.73-%30.11 arasında, logaritmik transformasyonda %14.96-%31.35 arasında, açı transformasyonunda %15.69-%31.19 arasında gerçekleştiği görülmektedir. Yani tekerrür sayısındaki artış varyanslar arasındaki heterojenlik düzeyi arttıkça I. tip hata olasılıklarını daha fazla etkilemektedir.

A faktörünün 3 seviyesinin B faktörünün 4 seviyesi ile birlikte dikkate alındığı 3x4 deneme düzeninde elde edilen sonuçlar 3x3 deneme düzeninde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında, interaksiyona ilişkin I. tip hata olasılıklarında bir miktar artış gözlenmiş olsa da bu artış yok sayılabilecek kadar azdır. A faktörünün 2 seviyesinin bulunduğu deneme düzenleri ile karşılaştırıldığında ise bu artış daha belirgindir. Örneğin n=4 olduğunda, 2x2 faktöriyel düzende; transformasyon yokken %4.93-8.49 aralığında, karekök transformasyonunda %5.05-11.98 aralığında, logaritmik transformasyonda %4.88-12.72 aralığında, aç transformasyonunda %4.89-12.59 aralığında değişim gösteren I. tip hata değerleri 3x4 faktöriyel düzende; transformasyon yokken %4.77-12.54 aralığında, karekök transformasyonunda %4.92-15.95 aralığında, logaritmik transformasyonda %4.88-12.72 aralığında, aç transformasyonunda ise %5.07-16.68 aralığında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.6 3x5 faktöriyel düzende AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı
1:1:....:1	4.86	5.05	4.84	4.99	4.84	5.16	5.01	5.02	4.85	4.81	4.88	4.91
1:1:....:2	5.18	5.10	5.28	5.17	5.13	5.41	5.20	5.29	5.39	5.25	5.34	5.30
1:1:....:3	5.89	5.77	6.06	5.99	5.43	6.04	5.86	5.99	5.59	5.88	5.99	5.91
1:1:....:5	7.19	7.36	7.31	7.25	7.09	7.41	7.52	7.47	7.51	7.38	7.91	7.67
1:1:....:9	10.38	10.67	10.53	10.50	9.48	11.06	11.16	11.09	9.62	11.70	11.56	11.63
1:1:....:16	13.80	15.40	15.12	15.09	12.81	16.83	16.74	16.76	12.55	18.77	18.03	18.24
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{\quad}$	Log	Açı
1:1:....:1	4.99	5.20	4.82	4.92	5.28	5.14	4.89	4.92	4.82	4.95	4.95	4.99
1:1:....:2	5.03	5.33	5.27	5.30	4.96	5.48	5.16	5.32	5.32	5.18	5.22	5.23
1:1:....:3	5.86	6.07	5.88	5.94	5.70	5.87	5.98	5.85	5.41	6.57	6.24	6.51
1:1:....:5	6.84	8.13	7.79	7.97	6.78	8.65	8.40	8.39	6.61	9.52	9.69	9.70
1:1:....:9	9.37	13.88	13.52	13.68	8.99	14.82	14.99	14.77	9.23	16.76	16.85	16.98
1:1:....:16	11.70	22.68	23.10	23.00	11.94	24.15	24.78	24.52	10.91	25.00	25.89	26.33

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{\quad}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 3 seviyesinin B faktörünün 5 seviyesi ile birlikte dikkate alındığı 3x5 faktöriyel düzende AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen I. tip hata olasılıkları çizelge 4.6’ da ki gibidir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ele alınan diğer faktöriyel düzenlerde olduğu gibi alt gruplardaki tekerrür sayısının artışından bağımsız olarak varyanslar arasındaki heterojenlik arttıkça I. tip hata olasılıkları olumsuz yönde etkilenmiş ve giderek artış göstermiştir. Yine diğer faktöriyel düzenlerde olduğu gibi transformasyon yokken elde edilen I. tip hata olasılıkları üç transformasyon uygulandığında da elde edilen I. tip hata olasılıklarından daha düşük gerçekleşmiştir. Ancak varyanslar arasında 16 kat fark olduğunda, varyans analizi ile interaksiyona ait hipotez kontrolü yapacak bir araştırmacının n=3 için %13.80, n=4 için %12.81, n=5 için %12.55, n=8 için %11.70, n=10 için %11.94 ve n=20 için %10.91’lik hatayı göze alması gerekmektedir. Yani varılacak olan kararların güvenilirlik düzeyi %90’nın altında kalacaktır.

4.2 Testin Gücü

Tesadüf parselleri deneme tertibinde 2x2, 2x3, 2x5, 3x3, 3x4 ve 3x5 faktöriyel düzenlerde transformasyon uygulamadan yapılan ve transformasyonlar sonrası yapılan varyans analizlerinde AxB interaksiyonuna ilişkin hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri % olarak çizelge 4.7-4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 2x2 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.45	6.41	6.86	6.51	7.64	7.53	7.69	7.56	8.20	8.24	8.35	8.25
1:1:....:2	6.53	6.34	6.74	6.88	7.29	7.52	7.37	7.48	7.82	7.95	7.95	8.00
1:1:....:3	6.98	7.07	6.85	6.76	7.28	7.45	7.44	7.42	7.34	7.86	8.08	7.81
1:1:....:5	7.55	7.99	7.40	7.75	7.55	8.10	8.27	8.24	7.33	8.84	9.24	8.49
1:1:....:9	8.42	10.24	9.08	9.53	8.18	9.97	9.92	10.17	7.92	10.80	11.19	11.09
1:1:....:16	9.86	13.48	12.09	11.89	9.11	13.17	13.49	13.00	8.39	15.33	15.35	15.22
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.48	10.38	10.58	10.28	11.65	12.05	11.84	11.75	19.71	19.46	19.42	19.82
1:1:....:2	9.63	9.55	9.46	9.83	11.08	10.44	10.87	10.81	16.59	17.00	16.99	17.31
1:1:....:3	8.92	9.68	9.44	9.50	9.52	10.93	10.61	10.94	14.70	16.83	17.04	16.67
1:1:....:5	8.46	10.85	10.66	10.64	9.15	11.72	12.05	11.54	12.24	18.85	19.24	18.16
1:1:....:9	8.08	14.37	14.45	13.97	8.30	16.05	16.22	15.93	10.25	23.91	24.94	22.38
1:1:....:16	7.96	20.44	20.78	19.49	7.84	23.46	24.22	21.66	8.80	31.30	34.40	29.90

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

2x2 faktöriyel düzende populasyon ortalamaları arasındaki fark $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri çizelge 4.7’de görüldüğü gibidir. A ve B faktörünün 2’şer seviyesinin dikkate alındığı deneme düzeninde 50000 simülasyon denemesi sonucunda hem normallik hem de varyansların

homojenliği şartı yerine geldiğinde alt grup ortalamaları arasında 0.5 standart sapma fark varken hesaplanan testin güç değerlerinin transformasyon yokken %6.45-%19.71 arasında, karekök transformasyonu sonrası %6.41-%19.46 arasında logaritmik transformasyon sonrası %6.86-%19.42 arasında, açđ transformasyonu sonucunda ise %6.51-%19.82 arasında değiştiği görölmektedir. Örnek genişliğinin artmasıyla yükseliş gösteren testin güç değerleri $\delta=0.5$ olması sebebiyle olması istenilenden (%80) düşük gerçekleşmiştir.

Alt grupların varyansları arasındaki fark arttıkça testin gücünün azalış gösterdiği görölmektedir. Varyanslar arasındaki fark yaklaşık olarak 5 kat olana kadar azalış gösteren testin gücü değerleri 5 kat ve üzerindeki heterojenlikle tekrar artış göstermeye başlamıştır. Populasyon ortalamaları arasındaki farkın 0.5 standart sapma kadar küçük olması, güç değerlerinin örnek genişliğinin yanı sıra varyansların aşırı heterojenleşmesiyle de artışa geçmesine neden olmuştur. Yani test gücünü populasyon ortalamaları arasındaki farkın yanı sıra varyansların heterojenliğinde de almaya başlamıştır. Bu durum özellikle $n \geq 5$ olduğuunda transformasyonlar sonrası hesaplanan güç değerlerinde daha belirgindir.

2x2 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğuunda hesaplanan tüm güç değerleri incelendiğinde transformasyon yöntemleri arasında belirgin bir fark olmadđı söylenebilir. Aynı durum alt grup varyansları arasındaki fark 3 katın üzerine çıkana kadar üç transformasyon yönteminin sonuçları ile transformasyon yokken elde edilen sonuçlar arasında da geçerlidir. Alt grup varyansları arasındaki farkın yaklaşık olarak 3 katın üzerine çıkmasıyla her üç transformasyon yönteminden elde edilen güç değerleri transformasyon yokken elde edilen güç değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir.

2x2 faktöriyel düzende $\delta=1$ için hazırlanan çizelge 4.8 incelendiğinde, en iyi güç değerlerinin beklenildiği gibi $n=20$ olduğuunda elde edildiği görölmektedir. Ancak $n=20$ olduğuunda diğer tekerrür sayılarına göre daha belirgin olarak alt grupların varyansları arasındaki fark arttıkça testin güç değerlerinde azalma görölmektedir. Örneğin homojen varyanslar söz konusu olduğuunda %59.7 olan açđ transformasyonunun gücü varyans oranı 16 kat olduğuunda %43.4'e düşmüştür.

Çizelge 4.8 2x2 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	12.00	12.21	11.64	11.52	15.55	15.23	15.02	15.58	18.76	18.10	18.17	18.75
1:1:....:2	10.84	11.05	10.83	11.14	13.31	13.39	13.38	13.75	15.52	15.72	16.08	16.08
1:1:....:3	10.66	10.32	10.42	10.50	12.53	12.48	12.76	12.80	14.07	15.20	14.39	14.73
1:1:....:5	10.15	10.89	10.63	10.31	11.78	12.67	12.51	12.34	12.89	14.27	14.08	14.26
1:1:....:9	10.50	11.35	11.31	11.55	10.73	13.03	13.12	13.15	11.61	15.14	15.56	15.55
1:1:....:16	11.33	13.68	13.56	13.28	10.57	15.71	16.04	15.65	10.84	18.92	18.91	18.50
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	27.24	27.79	27.22	21.26	34.13	33.39	33.60	34.09	59.58	59.63	58.86	59.70
1:1:....:2	23.30	23.36	22.97	24.04	28.14	28.72	27.86	29.06	50.44	51.17	50.74	52.30
1:1:....:3	20.37	21.34	21.84	21.26	24.50	26.58	25.90	26.36	43.98	47.81	47.18	47.13
1:1:....:5	17.12	20.37	20.87	20.26	20.22	24.65	24.95	24.69	34.71	44.51	45.59	44.48
1:1:....:9	14.22	22.11	22.54	21.82	15.42	26.61	27.76	25.82	25.10	45.04	47.40	43.03
1:1:....:16	12.16	26.46	28.58	26.01	12.54	31.90	32.85	29.58	18.42	46.70	52.00	43.40

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Populasyon ortalamaları arasındaki fark 0.5'den 1 standart sapmaya çıktığında testin gücü değerleri artış göstermiş olsa da istenilen güç değerleri elde edilememiştir. Özellikle küçük örnek genişliklerinde ister transformasyon uygulansın ister uygulanmasın testin gücü değerleri %20'nin altında gerçekleşmiştir. Örnek genişliğine bağlı olarak, alt grup varyansları homojen olduğunda; karekök transformasyonu için %12.21-%59.63 arasında, logaritmik transformasyon için %11.64-%58.86, açı transformasyonu için %11.52-59.70 arasında gerçekleşen güç değerleri varyans oranı 1:1:1:16 olduğunda; karekök transformasyonu için %13.68-%46.70 arasında, logaritmik transformasyon için %13.56-%52.00, açı transformasyonu için %13.28-43.40 arasında gerçekleşmiştir. Aynı durumlarda transformasyon yokken hesaplanan testin gücü değerleri ise sırasıyla %12.00-%59.58 ve %10.57-18.42 arasındadır. Buna göre, verilere

transformasyon uygulanmadığında varyansların heterojenliğinin varyans analizinin güç değerlerini özellikle de örnek genişliği arttıkça daha fazla etkilediği söylenebilir.

Çizelge 4.9 2x2 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	20.98	20.78	20.72	21.35	28.03	27.90	27.85	27.98	35.60	35.15	34.74	35.42
1:1:....:2	18.12	17.98	17.59	17.99	24.34	23.85	23.81	24.58	29.18	29.53	28.96	29.77
1:1:....:3	16.55	17.13	16.62	16.62	21.28	22.27	22.07	21.47	26.00	26.78	26.56	26.14
1:1:....:5	15.00	15.26	15.04	15.96	18.21	19.24	19.40	19.81	21.37	23.34	23.79	23.73
1:1:....:9	13.73	15.13	15.19	15.31	15.54	18.69	18.15	18.24	17.70	23.34	22.53	22.38
1:1:....:16	13.36	15.80	16.17	15.76	13.94	19.54	20.07	19.79	14.57	24.54	24.43	23.91
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	53.12	53.71	53.06	53.53	63.16	63.11	62.70	64.09	90.90	90.79	90.84	91.33
1:1:....:2	45.05	45.94	45.20	45.32	54.61	54.98	54.36	54.34	84.06	84.36	83.77	84.38
1:1:....:3	39.12	40.79	40.12	40.83	47.17	48.83	48.20	48.85	76.76	79.81	79.99	79.59
1:1:....:5	30.62	35.71	36.30	36.51	37.62	44.14	44.42	44.35	64.86	73.94	74.30	73.22
1:1:....:9	23.73	34.72	34.79	36.51	28.50	42.36	43.04	41.13	48.15	69.90	71.36	67.78
1:1:....:16	17.82	36.93	37.78	35.28	20.16	43.35	45.26	41.28	33.87	66.80	71.90	63.90

Yok: Tranformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Çizelge 4.9'daki 2x2 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri transformasyon yokken %20.98-%90.90 arasında, karekök transformasyonu sonrası %20,78-%90,79 arasında logaritmik transformasyon sonrası %20.72-%90.84 arasında, açı transformasyonu sonucunda ise %21.35-%91.33 arasında değiştiği görülmektedir. %80 üzerinde testin gücü değerlerine ancak n=20 olduğunda ulaşılmış olması n<20 olduğunda varyanslar homojen olsa bile varyans analizinin istenilen güç değerlerine ulaşamadığını göstermektedir.

$\delta=1.5$ olduğunda hesaplanan güç değerleri her tekerrür sayısında alt grup varyansları arasındaki fark arttıkça azalma eğilimi göstermiştir. $n=20$ için 1:1:1:2 ve 1:1:1:3 varyans oranlarında testin gücü bir miktar azalsa da transformasyonlar sonrası yapılan varyans analizlerinde güç değerlerinin %80 civarında olduğu söylenebilir. 2x2 için tüm deneme koşulları dikkate alındığında $\delta=1.5$ olsa da varyansların heterojenlik derecesine bağlı olarak testin gücündeki azalma dikkati çekmektedir. Ayrıca I. tip hata olasılıklarında transformasyon yokken nispeten daha iyi sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen testin gücü değerleri karşılaştırıldığında aynı durumun söz konusu olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.10 2x3 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.57	6.56	6.40	6.57	7.28	7.06	7.02	7.11	7.82	7.77	8.58	7.64
1:1:....:2	6.53	6.67	6.85	6.63	6.99	7.29	7.28	7.06	7.78	7.67	7.93	7.67
1:1:....:3	6.74	7.05	7.05	7.05	7.36	7.56	7.61	7.63	7.87	8.09	8.19	8.07
1:1:....:5	8.31	8.41	8.34	8.49	8.00	8.93	8.90	8.61	8.22	9.33	9.23	9.31
1:1:....:9	9.54	10.61	10.43	10.76	9.44	10.93	10.94	11.19	9.52	12.50	12.19	12.63
1:1:....:16	11.09	13.51	13.60	13.40	10.55	14.96	14.86	14.94	10.18	17.21	17.67	17.25
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.1	9.79	9.86	9.77	11.42	11.36	11.27	11.36	18.93	18.99	18.34	18.91
1:1:....:2	9.68	9.55	9.28	9.65	10.84	11.29	10.67	11.25	17.05	17.24	16.93	17.14
1:1:....:3	9.47	10.31	9.84	10.34	10.30	11.27	10.84	11.37	15.63	17.79	17.26	17.80
1:1:....:5	9.50	11.24	11.19	11.54	10.02	12.41	13.02	12.43	14.36	19.77	20.73	19.78
1:1:....:9	9.88	15.23	15.84	15.15	10.05	17.41	18.39	17.41	12.62	28.77	28.73	28.78
1:1:....:16	9.87	22.04	23.33	21.94	9.98	25.03	27.07	25.01	11.16	33.07	31.43	32.71

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 2, B faktörünün ise 3 seviyesinin bulunduğu faktöriyel deneme düzeninde $\delta=0.5$ için 50000 simülasyon denemesi sonucunda hesaplanan testin güç değerleri çizelge 4.10’da verilmiştir. Söz konusu deneme koşullarında interaksiyona ilişkin kontrol hipotezi test edilirken hesaplanan testin gücü değerleri 2x2 deneme düzeninde $\delta=0.5$ için hesaplanan değerlerle uyum içerisindedir. Yani $\delta=0.5$ için B faktörünün seviye sayısındaki artışın testin gücüne bir etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.11 2x3 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	11.62	11.50	11.56	11.47	14.67	14.40	14.40	14.02	17.73	17.33	17.31	17.66
1:1:....:2	10.84	11.01	10.60	11.02	13.50	13.55	13.59	13.53	15.98	16.33	16.33	15.80
1:1:....:3	10.73	10.99	11.04	10.91	13.34	13.55	13.54	13.19	15.39	15.11	15.10	15.60
1:1:....:5	11.21	11.53	11.36	11.52	12.47	13.20	13.15	13.79	14.43	15.43	15.31	15.38
1:1:....:9	12.11	12.72	12.71	12.82	13.07	14.33	14.35	14.87	13.35	17.33	17.34	17.69
1:1:....:16	12.86	15.55	15.64	15.45	13.11	18.09	18.19	17.81	13.08	21.07	21.42	20.75
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	27.16	26.63	26.62	26.60	34.09	32.77	32.76	33.37	61.93	61.77	61.56	62.06
1:1:....:2	23.93	23.35	23.55	24.25	29.75	29.33	29.32	29.38	53.76	53.70	53.72	54.20
1:1:....:3	21.46	22.11	22.05	23.11	26.79	27.26	27.23	28.20	47.41	50.61	50.60	50.25
1:1:....:5	19.26	22.43	22.34	22.31	22.43	26.99	26.98	26.39	38.71	48.62	48.60	47.26
1:1:....:9	16.29	25.22	25.27	24.11	18.27	30.03	30.03	28.52	29.80	50.09	50.79	49.90
1:1:....:16	14.34	31.00	31.00	29.39	15.99	33.08	34.95	32.74	22.68	51.07	51.79	49.99

Yok: Tranformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

2x3 faktöriyel düzende uygulanan varyans analizleri sonucunda $\delta=1$ için hesaplanan güç değerleri çizelge 4.11’deki gibidir. Gerçekleşen güç değerleri incelendiğinde $\delta=0.5$ deki gibi $\delta=1$ ’de de testin güç değerlerinin 2x2 faktöriyel düzenden pek farklı olmadığı görülmektedir. En iyi güç değerlerine ulaşılan $\delta=1.5$ içinde durum farklı değildir.

Çizelge 4.12’de yer alan 2x3 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ için gerçekleşen testin gücü değerleri 2x2 deneme düzeninde $\delta=1.5$ için hesaplanan değerlerle hemen hemen aynıdır. Tekerrür sayısından etkilenen testin gücü değerleri varyansların heterojenliği ile ters ilişkili olarak giderek azalma eğilimindedir.

Çizelge 4.12 2x3 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	19.77	19.74	19.94	19.75	27.38	27.79	27.89	28.01	34.98	34.88	34.60	34.11
1:1:....:2	18.59	18.34	18.25	18.36	24.31	24.34	24.54	24.34	30.71	29.81	29.82	29.99
1:1:....:3	17.66	16.79	16.99	16.77	22.42	22.78	22.86	22.78	27.76	28.42	28.32	27.89
1:1:....:5	16.64	16.86	16.85	16.87	19.82	21.01	21.19	21.01	24.20	25.13	25.45	25.44
1:1:....:9	15.65	17.03	17.04	17.01	18.70	20.38	20.59	20.39	20.36	25.21	25.44	24.98
1:1:....:16	15.56	18.29	18.18	18.22	16.44	22.11	22.80	22.33	17.68	26.99	27.48	26.00
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	55.45	54.76	54.69	54.99	66.44	65.55	65.54	65.49	93.88	93.55	93.51	93.49
1:1:....:2	47.27	46.99	46.94	46.95	57.12	57.42	57.43	57.43	87.80	87.76	87.70	86.98
1:1:....:3	42.12	42.56	42.88	43.00	51.32	52.18	52.17	52.19	81.67	82.81	82.80	82.60
1:1:....:5	34.64	38.66	38.97	38.01	42.00	48.11	48.01	47.98	70.66	78.32	78.30	78.32
1:1:....:9	27.27	38.60	38.60	38.60	32.58	46.25	46.24	46.13	54.16	74.55	74.57	74.58
1:1:....:16	21.94	41.01	41.42	39.93	25.03	47.99	48.90	47.87	40.73	76.10	76.10	75.88

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 2 seviyesinin B faktörünün 5 seviyesi ile birlikte denendiği tesadüf parselleri deneme tertibinde yürütülen simülasyon denemelerinden $\delta=0.5$, $\delta=1$ ve $\delta=1.5$ için elde edilen sonuçlar sırasıyla çizelge 4.13, çizelge 4.14 ve çizelge 4.15’de görüldüğü gibidir. Elde edilen bulgular incelendiğinde 2x5 faktöriyel düzende elde edilen sonuçların da A faktörünün 2 seviyesinin bulunduğu diğer 2 faktörlü düzenlerle benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13 2x5 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.25	6.10	6.36	6.27	6.58	6.62	6.47	6.52	7.58	6.80	7.36	7.27
1:1:....:2	6.36	6.21	6.32	6.30	7.08	6.90	7.22	7.18	7.51	7.47	7.45	7.55
1:1:....:3	6.87	7.12	6.99	7.02	8.14	7.45	7.51	7.48	7.75	8.06	7.90	7.97
1:1:....:5	7.95	8.39	8.41	8.40	8.82	9.09	8.84	8.92	8.58	9.43	9.34	9.40
1:1:....:9	10.31	11.08	10.99	10.98	10.28	11.76	11.63	11.59	10.22	12.39	13.29	13.15
1:1:....:16	12.57	14.53	14.76	14.68	12.21	16.22	16.19	16.18	12.12	18.39	18.67	18.52
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	9.06	9.07	9.06	9.05	10.55	10.49	9.90	10.27	17.01	17.09	16.96	17.00
1:1:....:2	9.64	9.20	8.93	8.90	10.17	10.45	10.55	10.47	17.01	16.47	17.05	16.78
1:1:....:3	9.64	9.91	9.76	9.77	10.89	10.91	10.34	10.89	15.78	17.57	17.13	17.11
1:1:....:5	9.63	11.65	11.53	11.50	10.51	13.18	12.74	13.07	15.76	19.67	20.55	20.32
1:1:....:9	10.89	16.06	16.82	16.22	11.66	17.60	18.90	17.99	14.54	28.00	28.56	28.33
1:1:....:16	12.28	24.18	24.51	24.42	11.94	25.81	27.81	26.02	13.92	33.09	34.02	33.91

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Populasyon ortalamaları arasındaki fark 0.5 ve 1 standart sapma olduğunda hesaplanan tüm güç değerleri istenilen seviyenin altında gerçekleşmiştir. $\delta=0.5$ ve $\delta=1$ olduğunda en büyük güç değerleri seçilen transformasyon yönteminden bağımsız olarak beklenildiği gibi $n=20$ 'de elde edilmiştir. $\delta=0.5$ olduğunda, transformasyon ister uygulansın ister uygulanmasın seçilen transformasyon yönteminden bağımsız olarak $n=4$, $n=5$, $n=8$ ve $n=10$ 'da alt grup varyanslarının heterojenliği arttıkça testin gücü değerlerinde artış meydana gelmiştir. Tekerrür sayısının 20'ye çıkmasıyla transformasyon yokken hesaplanan testin gücü değerleri heterojenlik artışı ile azalış göstermeye başlamıştır. $\delta=1$ olduğunda, $n=3$ ve $n=4$ 'de elde edilen sonuçlar $\delta=0.5$ ile benzer durumdadır. Ancak $\delta=0.5$ 'de $n=20$ 'de gözlenen durum $\delta=1$ 'de $n \geq 5$ olduğunda elde edilmiştir. Yani $\delta=1$ ve tekerrür sayısı ≥ 5 olduğunda transformasyon yokken

hesaplanan testin gücü değerleri alt grup varyansları arasındaki heterojenlik düzeyi arttıkça azalış gösterirken her üç transformasyon yönteminde de alt grup varyansları arasındaki heterojenlik düzeyinin artışıyla testin gücü değerleri artış göstermiştir. Örneğin; $n=20$ için alt grup varyansları homojen olduğunda sırasıyla %58.78, %58.79, %58.77, %58.75 olarak hesaplanan testin gücü değerleri varyans oranı 1:1:....:16 olduğunda sırasıyla %26.38, %51.80, %51.69, %51.08 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.14 2x5 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.08	10.14	10.44	10.25	13.24	12.88	13.11	13.01	16.00	15.75	14.83	15.85
1:1:....:2	10.76	10.55	10.03	10.59	12.96	12.76	12.81	12.86	15.25	15.05	15.30	15.66
1:1:....:3	10.71	10.90	10.69	10.84	13.07	13.49	12.58	13.44	15.78	15.43	14.73	15.59
1:1:....:5	11.50	12.21	11.31	11.44	13.40	13.92	13.26	13.80	14.32	16.51	15.84	16.17
1:1:....:9	12.70	13.79	13.84	13.53	13.91	16.19	15.91	15.88	14.45	17.89	17.98	17.83
1:1:....:16	15.02	16.54	17.27	16.78	14.50	18.78	19.48	19.48	14.91	22.50	22.71	22.66
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	24.84	24.34	24.21	23.99	30.56	30.66	30.09	30.64	58.78	58.79	58.77	58.75
1:1:....:2	23.29	22.55	22.24	23.06	28.49	28.75	27.81	28.33	53.00	53.71	52.17	53.49
1:1:....:3	21.83	21.95	22.42	22.09	25.75	26.84	27.14	27.18	48.44	50.88	50.29	50.69
1:1:....:5	19.94	22.79	22.73	23.35	23.56	27.70	27.72	27.36	40.48	47.77	49.17	47.98
1:1:....:9	18.16	26.01	26.01	25.32	20.81	29.65	30.88	28.96	32.40	45.40	51.85	50.99
1:1:....:16	17.23	31.09	32.97	30.09	18.25	33.89	37.24	34.50	26.38	51.80	51.69	51.08

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

$\delta=1.5$ ve alt grup varyansları homojen olduğunda; $n=5$ için tüm yöntemlerde sırasıyla %32.05, %31.88, %32.05 ve %31.81 olarak hesaplanan güç değerleri $n=20$ için sırasıyla %93.92, %94.22, %93.14 ve %93.78 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.15). Aynı koşullarda 2x2 faktöriyel düzende hesaplanan testin gücü değerleri ise $n=5$ için sırasıyla

%35.60, %35.15, %34.74 ve %35.42, n=20 için sırasıyla %90.90, %90.79, %90.84 ve %91.33'dür. Buna göre, B faktörünün seviye sayısının 2 yerine 5 olması durumunda n=5 için bir miktar düşüş gösteren testin gücü değerlerinin n=20 için bir miktar artış gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4.15 2x5 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	18.46	18.33	18.09	18.47	24.78	25.43	23.48	24.59	32.05	31.88	31.51	31.81
1:1:....:2	17.61	17.54	17.44	17.67	23.02	22.99	23.05	23.70	29.26	30.33	28.52	29.31
1:1:....:3	16.80	17.27	16.64	17.64	22.35	22.42	22.20	22.72	27.21	28.12	27.74	28.14
1:1:....:5	16.82	17.37	17.18	17.60	20.91	21.71	21.30	21.99	24.91	26.52	26.25	26.06
1:1:....:9	17.07	18.29	17.82	18.85	20.57	22.42	21.68	22.28	22.57	26.31	26.61	26.77
1:1:....:16	17.89	19.81	19.79	19.99	18.87	24.25	23.82	24.17	20.70	29.05	29.20	28.81
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	51.73	52.19	51.10	51.79	62.78	64.45	63.03	64.23	93.92	94.22	93.14	93.78
1:1:....:2	47.73	46.86	45.90	46.69	56.13	57.66	56.42	57.26	88.07	88.24	87.76	88.15
1:1:....:3	41.84	42.77	42.46	43.03	51.06	54.18	52.10	53.17	82.49	84.68	83.87	84.29
1:1:....:5	36.21	40.56	40.19	41.47	44.28	48.54	48.30	48.92	72.85	78.64	79.29	78.90
1:1:....:9	30.34	38.67	39.92	39.13	36.16	46.81	48.54	46.64	58.79	72.40	72.91	71.73
1:1:....:16	25.13	40.35	42.99	40.90	28.46	47.61	50.52	46.75	44.91	75.00	75.82	75.32

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

3x3 faktöriyel deneme düzeninde $\delta=0.5$, $\delta=1$ ve $\delta=1.5$ için elde edilen sonuçlar sırasıyla çizelge 4.16, çizelge 4.17 ve çizelge 4.18'de görüldüğü gibidir. Çizelgeler incelendiğinde, A faktörünün seviye sayısının 2'den 3'e çıkarılmasının sonuçlar üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Yine $\delta=0.5$ ve $\delta=1$ 'de istenilen güç değerlerine ulaşılamamış ancak $\delta=1.5$ ve n=20 olduğunda yaklaşık 5 katın altında bir heterojenlik durumunda tüm yöntemlerde %80'nin üzerinde güç değerlerine

ulaşılmıştır. Ayrıca, A faktörünün 2 seviyesinin bulunduğu faktöriyel düzenlerden farklı olarak alt grupların varyansları 1:1:....:5 olduğunda da her üç transformasyon yönteminin de %80 civarında güç değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Aynı varyans oranında n=3 olduğunda 2x2 faktöriyel düzende %15 civarında, 2x3 ve 2x5 faktöriyel düzenlerde %17 civarında gerçekleşen testin gücü değerleri A faktörünün seviye sayısının 2’den 3’e çıkarıldığı 3x3 faktöriyel düzende %18 civarında hesaplanmıştır. A faktörünün seviye sayısındaki artışın yaklaşık olarak %1’lik bir artışa sebep olduğu görülmektedir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.16 3x3 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.48	6.20	5.98	6.01	6.76	6.49	6.32	6.41	7.40	7.55	7.64	7.63
1:1:....:2	6.78	6.42	6.22	6.12	6.85	7.26	7.15	7.22	7.59	8.07	8.17	8.22
1:1:....:3	6.88	7.21	7.02	6.99	7.96	7.47	7.33	7.39	7.97	8.11	8.13	8.11
1:1:....:5	8.42	8.63	8.53	8.43	8.48	8.66	8.54	8.53	8.79	9.88	9.89	9.77
1:1:....:9	10.37	11.09	10.99	10.98	10.44	11.81	11.32	11.31	10.59	12.96	12.99	13.01
1:1:....:16	13.47	15.29	14.98	14.51	12.64	17.03	16.99	17.00	12.60	19.80	19.97	20.01
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	9.15	9.37	9.35	9.36	10.64	10.62	10.54	10.64	18.25	18.13	18.11	17.99
1:1:....:2	9.41	9.34	9.24	9.34	10.89	10.86	10.56	10.66	17.88	17.60	17.23	17.11
1:1:....:3	9.48	10.33	10.19	10.22	11.44	11.85	11.65	11.65	16.56	17.93	17.54	17.45
1:1:....:5	10.38	12.43	12.40	12.44	11.03	13.78	13.68	13.81	16.07	21.90	21.65	21.13
1:1:....:9	11.57	17.09	17.00	17.45	12.13	18.58	18.38	18.43	14.25	25.89	25.65	25.25
1:1:....:16	11.79	25.04	24.99	25.99	11.98	28.01	27.78	27.99	14.09	31.05	31.00	31.00

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Çizelge 4.17 3x3 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.35	10.38	10.49	11.01	13.66	13.79	13.44	13.56	17.21	16.34	16.99	16.87
1:1:....:2	11.04	10.83	10.81	11.05	13.59	13.45	13.56	13.67	16.31	15.73	15.72	15.71
1:1:....:3	11.70	11.19	11.20	11.34	13.38	13.91	13.92	14.01	15.76	16.51	16.44	16.37
1:1:....:5	12.27	12.04	12.05	12.15	13.82	14.13	14.45	14.66	15.47	16.77	16.79	16.61
1:1:....:9	13.30	14.36	14.44	14.98	14.01	16.35	16.36	16.87	15.95	19.04	18.89	19.02
1:1:....:16	15.39	17.34	17.71	17.81	15.01	20.20	20.23	20.54	16.18	23.97	23.97	23.97
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	26.54	26.49	28.54	27.54	33.77	33.09	32.99	33.11	63.85	64.66	65.05	64.99
1:1:....:2	24.90	25.01	25.05	25.00	30.09	30.51	30.22	30.45	56.77	57.21	57.78	56.78
1:1:....:3	22.93	23.72	23.62	23.88	28.55	28.75	28.41	28.67	50.63	52.85	52.99	52.99
1:1:....:5	21.21	24.10	24.00	24.06	25.05	28.60	28.30	28.39	43.30	51.91	52.01	51.97
1:1:....:9	18.39	26.36	26.16	26.43	20.93	31.85	31.64	31.86	33.65	52.90	53.11	52.78
1:1:....:16	17.78	33.41	33.40	33.44	18.26	37.52	37.23	38.01	27.03	56.00	56.56	55.99

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 3 seviyesinin B faktörünün 3 seviyesi ile birlikte denendiği 3x3 faktöriyel deneme düzeninde de tüm etki büyüklüklerinde geçerli olmak üzere uygulanan transformasyon yöntemleri arasında yok denecek kadar az bir farklılık olduğu görülmektedir. Etki büyüklüğü arttıkça transformasyon yöntemleri ile elde edilen sonuçların transformasyon yokken elde edilen sonuçlarla benzemeye başladığı dikkati çekmektedir. 3x3 faktöriyel düzende de populasyon ortalamaları arasındaki fark ancak 1.5 standart sapma olduğunda gözlem sayısından bağımsız olarak alt grup varyansları arasındaki heterojenlik düzeyi arttıkça tüm yöntemlerde testin gücü değerleri azalış göstermiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 3x3 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	20.06	19.41	19.39	19.27	26.90	26.95	26.65	26.49	36.15	33.99	33.55	33.56
1:1:....:2	18.36	18.86	18.34	18.22	26.15	25.18	25.09	25.01	31.19	31.82	31.67	31.69
1:1:....:3	18.30	18.37	18.21	18.09	24.51	24.09	24.00	23.89	28.99	29.72	29.69	30.09
1:1:....:5	17.71	18.29	18.19	18.01	22.23	23.18	23.01	22.98	26.76	27.99	27.81	28.01
1:1:....:9	17.68	18.23	18.20	17.67	20.45	23.43	23.17	23.07	22.92	27.74	27.66	27.86
1:1:....:16	18.16	20.12	19.99	19.22	19.02	25.23	25.01	24.99	21.03	30.08	30.00	29.97
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	56.59	56.90	56.77	56.54	69.51	68.53	67.83	67.81	95.92	95.48	95.42	95.33
1:1:....:2	50.43	51.80	51.79	51.51	60.77	62.04	61.96	61.99	90.64	90.56	90.51	90.67
1:1:....:3	45.39	46.20	46.12	46.02	54.90	56.11	56.01	56.12	84.13	86.36	86.39	86.29
1:1:....:5	38.77	42.94	42.93	42.68	46.64	51.93	51.92	51.91	75.94	81.01	80.89	79.99
1:1:....:9	31.66	42.30	42.22	42.01	37.44	48.78	48.55	48.58	60.06	74.20	74.11	74.00
1:1:....:16	26.50	43.34	43.11	42.88	28.75	49.70	49.34	49.39	46.23	72.60	72.51	71.98

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Çizelge 4.19, çizelge 4.20 ve çizelge 4.21’de A faktörünün 3 seviyesinin B faktörünün ise 4 seviyesinin bulunduğu simülasyon programının çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Çizelgeler incelendiğinde, yine diğer tüm faktör seviye sayılarından elde edilen sonuçlar paralelinde olduğu ve transformasyon yöntemleri arasında testin gücüne etki bakımından bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, alt grup varyansları homojen olduğunda; alt grupların varyanslarını homojen hele getirmek için verilerin transforme edilmesi ile edilmemesi arasında AxB interaksiyonu için yapılacak hipotez kontrolünde varyans analizinin hesaplanan güç değerlerinde de bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.19 3x4 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.36	6.30	6.50	6.40	6.88	6.85	6.45	6.45	7.20	7.32	7.26	7.10
1:1:....:2	6.55	6.32	6.39	6.34	7.09	7.16	7.05	6.80	7.58	7.62	7.63	7.44
1:1:....:3	6.75	7.26	6.84	7.24	7.93	7.82	7.65	7.59	8.09	8.24	8.16	8.24
1:1:....:5	8.48	8.86	8.71	8.34	8.86	9.19	9.10	9.56	9.04	9.65	9.43	10.10
1:1:....:9	11.00	12.19	11.56	11.74	10.39	12.55	12.21	12.70	10.90	13.32	13.31	14.36
1:1:....:16	14.06	15.66	15.52	16.24	12.77	17.32	17.13	18.55	13.26	19.90	19.87	20.48
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	8.76	8.86	9.13	8.67	10.22	10.27	10.11	9.90	17.49	17.06	17.33	16.11
1:1:....:2	9.50	8.98	9.72	9.18	10.44	10.96	10.80	10.01	16.61	17.01	16.55	16.88
1:1:....:3	9.83	10.30	9.99	10.27	11.12	11.48	11.74	11.27	16.35	18.28	17.49	18.01
1:1:....:5	10.50	12.13	12.07	12.45	11.40	13.82	13.88	13.77	16.26	21.35	21.58	20.57
1:1:....:9	11.91	17.80	17.83	17.77	12.10	19.56	19.88	19.63	15.52	27.69	29.89	26.19
1:1:....:16	13.19	25.24	26.09	26.24	13.40	28.53	29.08	27.53	15.35	40.61	41.40	40.32

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Alt grup varyansları homojen olduğunda; populasyon ortalamaları arasında 0.5 standart sapma fark varken tüm yöntemler için sırasıyla %6.36-%17.49 arasında, %6.30-%17.06 arasında, %6.45-%17.33 arasında, %6.40-%16.11 arasında gerçekleşen güç değerleri fark 1 standart sapmaya çıkarıldığında sırasıyla %10.17-%62.80 arasında, %10.41-%62.72 arasında, %10.25-%62.15 arasında, %9.58-%60.44 arasında ve fark 1.5 standart sapma olduğunda %18.09-%96.03 arasında, %18.39-%95.71 arasında, %17.93-%95.21 arasında, %18.28-%95.75 arasında gerçekleşmiştir. Etki büyüklüğündeki artış ile güç değerlerinde artış gözlenmiş olsa da diğer deneme düzenlerinde olduğu gibi 3x4 faktöriyel düzende de istenilen güç değerlerine tekerrür sayısı 20'nin altında olduğunda ulaşılamamış bu durum heterojenlik düzeyi arttıkça da kötüleşmiştir.

Çizelge 4.20 3x4 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.17	10.41	10.25	9.58	12.92	13.03	13.07	12.60	15.86	15.21	15.20	14.34
1:1:....:2	10.77	10.47	10.47	10.24	13.17	12.84	13.16	12.81	15.77	16.35	15.93	15.36
1:1:....:3	10.75	11.13	11.15	11.04	13.42	13.59	13.19	13.51	15.58	15.81	15.64	15.99
1:1:....:5	11.91	12.15	12.34	12.20	14.23	14.34	14.72	14.69	15.66	16.48	16.23	17.11
1:1:....:9	13.58	14.64	14.41	14.43	14.84	16.67	16.63	16.90	16.54	19.55	18.50	20.29
1:1:....:16	16.04	17.59	17.37	18.68	15.82	20.19	20.67	22.06	16.80	24.30	24.62	25.70
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	24.70	24.51	24.57	23.22	31.74	31.02	31.54	29.72	62.80	62.72	62.15	60.44
1:1:....:2	23.80	23.72	23.50	23.82	29.60	29.48	29.71	28.48	56.20	56.10	55.43	55.63
1:1:....:3	23.10	23.81	23.59	23.33	27.64	28.81	28.46	28.82	50.83	52.86	53.25	52.58
1:1:....:5	21.20	24.06	24.09	24.47	25.88	29.26	29.08	29.63	44.60	50.85	52.19	50.11
1:1:....:9	19.84	27.49	27.85	27.09	22.66	32.28	32.85	31.27	35.87	51.97	54.25	49.90
1:1:....:16	18.54	33.35	34.21	33.13	20.84	38.53	39.85	36.02	28.81	56.80	56.41	52.02

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Populasyon ortalamaları arasındaki fark 1 standart sapma olduğunda hiçbir tekerrür sayısında %80'nin üzerine çıkamayan güç değerleri populasyon ortalamaları arasındaki fark 1.5 standart sapma, n=20 ve alt grup varyansları arasındaki fark ≤ 3 olduğunda tüm yöntemler için %80'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Alt grup varyans oranının 1:1:....:5 olmasıyla transformasyonsuz varyans analizinin gücü %76.26'ya inerken ister karekök ister logaritmik ister de açı transformasyonları uygulanmış olsun AxB interaksiyonuna ilişkin hipotez kontrolü için yapılan varyans analizlerinde güç %80 civarında kalmıştır. Heterojenliğin 5 katın üzerine çıkmasıyla transformasyon yöntemleri uygulansa da testin gücü değerlerinin istenilen seviyenin altında gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 3x4 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	18.09	18.39	17.93	18.28	25.82	25.66	25.33	25.73	33.39	32.69	31.67	33.67
1:1:....:2	18.51	17.98	18.08	18.12	24.45	24.20	24.05	24.68	31.02	30.89	30.67	31.02
1:1:....:3	18.42	17.59	17.78	18.48	23.80	23.67	24.05	23.68	29.12	29.70	28.80	29.41
1:1:....:5	17.92	18.46	17.86	18.44	22.46	23.05	22.95	23.03	26.81	27.82	28.23	27.98
1:1:....:9	18.50	19.72	18.80	19.21	21.38	23.58	23.25	23.33	24.24	28.00	27.75	28.31
1:1:....:16	18.94	21.32	21.29	20.94	20.70	25.77	25.98	25.74	22.12	31.53	31.07	30.67
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	55.03	54.34	31.07	55.56	67.50	66.94	66.76	67.87	96.03	95.71	95.21	95.75
1:1:....:2	48.69	49.54	48.83	49.58	60.09	60.20	59.12	60.53	90.96	91.10	90.39	91.21
1:1:....:3	45.42	45.85	44.88	46.20	54.76	56.03	54.74	56.27	85.60	86.82	86.33	87.11
1:1:....:5	39.85	42.83	42.49	42.66	47.81	51.49	51.38	51.58	76.26	81.71	81.63	80.93
1:1:....:9	32.88	42.09	42.38	41.84	38.38	50.05	50.83	49.22	63.24	76.46	75.09	74.95
1:1:....:16	27.90	44.40	46.10	43.38	31.45	51.19	53.40	48.97	49.27	61.92	63.10	62.91

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

3x5 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri incelendiğinde, hem A faktörünün 2 seviyesinin bulunduğu deneme düzenleriyle hem de A faktörünün 3 seviyesinin bulunduğu diğer deneme düzenleriyle belirgin bir farkının olmadığı görülmektedir. Alt grupların varyansları homojenken tekerrür sayısına bağlı olarak karekök transformasyonu ile %6.04-%16.05 arasında, logaritmik transformasyon ile %6.16-%16.17 arasında, açı transformasyonu ile %6.14-%16.24 arasında hesaplanan güç değerleri orijinal gözlem değerleri ile yapılan varyans analizinde %6.11-%15.85 arasında gerçekleşmiştir. Yani varyanslar homojenken güç değerlerine etki bakımından hiçbir yöntem arasında fark yoktur. Bu durum alt grup varyansları heterojenleştikçe testin gücünün artışında da böyledir.

Çizelge 4.22 3x5 faktöriyel düzende $\delta=0.5$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	6.11	6.04	6.18	6.14	6.31	6.47	6.16	6.60	7.06	6.92	6.64	6.91
1:1:....:2	6.40	6.49	6.53	6.40	6.96	6.71	7.14	6.79	7.60	7.26	7.43	7.57
1:1:....:3	6.74	6.72	6.89	7.09	7.66	7.69	7.57	7.49	7.92	8.16	7.95	8.22
1:1:....:5	8.44	8.35	8.35	8.33	9.01	9.09	9.05	9.52	8.57	9.90	9.84	9.56
1:1:....:9	10.88	11.24	11.56	11.94	10.88	12.65	11.59	12.26	11.27	13.95	13.30	13.70
1:1:....:16	14.31	16.40	15.91	15.94	13.67	17.75	17.40	17.54	13.92	19.83	19.88	20.19
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	8.40	8.53	8.58	8.60	9.85	9.72	9.69	9.91	15.85	16.05	16.17	16.24
1:1:....:2	9.18	9.11	8.77	9.33	10.34	10.36	9.99	10.40	16.50	16.44	15.98	16.79
1:1:....:3	9.53	9.46	9.88	10.07	11.01	10.97	11.23	11.35	16.06	17.55	17.50	17.95
1:1:....:5	10.49	12.35	12.12	11.83	11.61	13.73	13.15	13.07	16.09	21.03	21.48	20.51
1:1:....:9	11.69	17.31	17.15	17.06	12.35	19.31	20.12	18.92	15.86	27.95	29.36	25.49
1:1:....:16	13.68	26.17	26.44	25.15	14.23	27.98	29.48	26.69	16.10	37.67	38.77	36.41

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

3x5 faktöriyel düzende populasyon ortalamaları arasındaki fark 1 standart sapma olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri incelendiğinde, istenilen güç değerlerine hiçbir durumda ulaşamadığı görülmektedir (Çizelge 4.23). Tüm yöntemler için en büyük güç değerlerine varyanslar homojen ve n=20 olduğunda ulaşılmıştır (%60.42, %60.37, %59.13, %60.53). 3x5 deneme düzeninde diğer deneme düzenlerinde olduğu gibi istenilen güç değerlerine $\delta=1.5$ olduğunda ulaşılabilmiştir. Çizelge 4.24’de yer alan değerler incelendiğinde, üç transformasyon yöntemi için de ancak n=20’de istenilen düzeye ulaşan güç değerleri heterojenlik düzeyinin 5 katın üzerine çıkmasıyla %75’ler düzeyine gerilemiştir. Transformasyonun olmadığı durumda ise AxB interaksiyonuna ilişkin hipotez

kontrolünde varyans analizinin gücünün %80'nin üzerinde çıkması için alt grupların varyansları arasındaki heterojenlik düzeyinin 3 kat ve altında olması gerekmektedir.

Çizelge 4.23 3x5 faktöriyel düzende $\delta=1$ olduğunda AxB interaksiyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	10.10	9.65	9.62	9.85	12.56	12.42	11.81	12.40	15.39	14.49	14.20	15.14
1:1:....:2	10.40	10.09	10.10	10.27	12.65	11.96	12.31	13.48	15.01	15.31	14.84	15.49
1:1:....:3	10.45	10.41	10.56	10.67	13.13	13.12	12.88	13.56	15.86	15.72	15.19	15.33
1:1:....:5	12.10	11.99	11.91	12.35	13.68	13.98	13.84	14.47	15.83	16.41	15.94	16.75
1:1:....:9	14.22	14.47	14.15	14.18	15.25	16.72	15.97	16.57	16.33	18.92	19.33	19.26
1:1:....:16	16.32	18.17	18.23	18.21	16.92	20.68	20.58	20.68	17.53	24.89	24.57	24.01
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	23.74	23.32	23.11	23.05	29.71	29.41	29.47	29.92	60.42	60.37	59.13	60.53
1:1:....:2	22.66	22.62	22.95	22.75	28.33	28.55	27.80	28.40	54.50	55.24	54.58	54.67
1:1:....:3	22.48	23.28	22.49	22.81	27.40	28.13	27.75	28.78	49.87	51.45	51.81	52.22
1:1:....:5	21.22	23.68	23.26	24.07	25.86	29.15	28.33	28.64	44.53	50.25	51.58	49.94
1:1:....:9	20.09	27.30	27.23	27.12	23.31	31.60	32.31	31.21	36.50	52.34	53.83	52.83
1:1:....:16	20.24	33.34	34.75	32.42	21.35	38.77	39.62	36.01	30.06	57.00	55.75	56.52

Yok: Tranformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

A faktörünün 3 seviyesinin ve B faktörünün 5 seviyesinin birlikte denendiği 3x5 faktöriyel deneme düzeninden elde edilen tüm güç değerleri değerlendirildiğinde, ne A faktörünün seviye sayısı 2 olan deneme düzenlerinden ne de diğer A faktörünün 3 seviyesi olan deneme düzenlerinden bir farkı olmadığı söylenebilir. Benzer şekilde transformasyon yöntemleri arasında ve özellikle $\delta=1$ ve $\delta=1.5$ olduğunda transformasyon yöntemleri ile transformasyon olmayan varyans analizi arasındaki farkın yok denecek kadar az olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.24 3x5 faktöriyel düzende $\delta=1.5$ olduğunda AxB interaksyonuna ait hipotez kontrolünde gerçekleşen testin gücü değerleri (%)

Varyans oranı	n=3				n=4				n=5			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	17.25	16.85	16.48	17.81	24.17	23.78	24.00	24.39	32.00	31.10	30.50	31.52
1:1:....:2	17.35	17.24	17.38	17.49	23.33	23.21	22.67	23.69	29.84	29.59	29.00	30.39
1:1:....:3	17.99	17.26	17.07	17.80	23.11	23.38	23.02	23.84	28.68	28.36	27.62	29.28
1:1:....:5	18.12	18.38	17.81	18.28	22.78	22.74	22.57	22.97	26.51	28.58	27.52	27.94
1:1:....:9	18.90	19.67	18.86	19.61	21.96	23.58	23.52	23.94	24.25	27.69	27.42	28.78
1:1:....:16	19.61	21.76	21.01	21.45	21.30	25.79	25.97	26.01	23.14	31.20	31.06	30.69
Varyans oranı	n=8				n=10				n=20			
	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı	Yok	$\sqrt{}$	Log	Açı
1:1:....:1	52.74	52.47	52.41	52.55	65.87	64.91	64.26	65.67	95.32	95.43	95.44	95.49
1:1:....:2	48.92	47.87	46.79	48.27	59.44	58.63	58.04	59.46	90.40	90.15	90.10	90.68
1:1:....:3	44.54	44.89	44.47	45.74	53.91	54.96	54.40	55.63	85.22	86.05	86.23	86.29
1:1:....:5	39.50	42.63	42.27	43.68	47.28	51.46	50.79	51.60	76.30	80.95	81.50	80.99
1:1:....:9	33.60	42.03	42.07	42.91	39.45	49.64	50.37	49.24	63.31	76.35	77.38	76.89
1:1:....:16	27.97	44.64	45.59	44.39	31.98	50.39	53.31	48.65	50.01	75.33	76.00	75.97

Yok: Transformasyon yok, $\sqrt{}$: Karekök transformasyonu, Log: Logaritmik transformasyon, Açı: Açı transformasyonu

Elde edilen bulguların tamamı değerlendirildiğinde, çalışmada dikkate alınan transformasyon yöntemi/faktör seviye sayısı/tekrür sayısı/varyans oranı kombinasyonlarına tam anlamıyla benzeyen literatür çalışması bulunamamış olsa da içerik olarak benzer çalışmalarda bulunan sonuçlar ile uyum içerisinde olduğu söylenebilir.

Trumbo vd. (2004), poisson verileri için karekök transformasyonunun, binomial veriler için de açı transformasyonunun etkisiz olduğunu ve sonuçları değiştirmedığını belirtmişlerdir. Üstel dağılımlı veriler için ise hem logaritmik hem rank transformasyonlarının bazı durumlarda küçük örnek genişliklerinde kısmen yararlı olduğunu bildirmişlerdir. Moder (2007) yaptığı bir çalışmada, varyansların homojenliği

hakkında şüphe olduğunda varyans analizi yerine alternatif bir yöntemin tercih edilmesinin daha doğru olduğunu bildirmiştir.

Akbulut (2008) 2x2 faktöriyel deneme düzeninde normal dağılım ve varyansların homojenliği varsayımları yerine gelmediğinde interaksiyon etkisini test etmiş ve her koşulda varsayımlar yerine geldiğinde I. Tip hatayı kontrol etme bakımından varyans analizinin Welch-James testine ve Tek Aşamalı yönteme göre daha geçerli ve testin gücü bakımından daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Çalışmada varyans analizi için elde edilen bulgular bu tez çalışmasında transforme edilmemiş verilerle yapılan varyans analizinden elde edilen sonuçlarla uyumludur. Söz konusu çalışma, varyanslar homojen olmadığına özellikle alt grupların dengesizliğinde I. Tip hatayı kontrol etme bakımından varyans analizine alternatif olarak denemede dikkate alınan diğer testleri önermiştir. Tezden elde edilen I. tip hata olasılıklarına göre de varyansların aşırı heterojenliğinde varyans analizi yerine başka alternatiflerini aramak önerilebilir.

Ozkan vd. (2010) dengeli denemelerde tek faktörlü varyans analizinde hem karekök hem de logaritmik transformasyon yöntemlerinin başlangıçta karşılaştırılan I. tip hata olasılığını koruyamadığını başlangıçta karşılaştırılan daha büyük bir I. tip hata değerinin çıkmasına neden olduğunu, bu durumun grup sayısından çok fazla etkilenmezken gruplardaki gözlem sayılarının artışından ve grupların varyansları arasındaki oranlardan fazlaca etkilendiğini bildirmişlerdir. Bu transformasyon yöntemlerinin varyansların homojenliği ön şartının yerine getirilmesi amacıyla kullanılmasından kaçınılmasını öneren bu çalışma ile bu tez çalışmasında söz konusu transformasyon yöntemleri için elde edilen sonuçlar uyum içerisindedir.

Vallejo vd. (2010) 2x5 deneme düzeninde varyansları heterojen eğriliği yüksek dağılımlardan alınan örnekler ile yapılan varyans analizinin I. tip hata olasılığını koruyamadığını, testin gücü bakımından da çalışmada kullanılan alternatif testlerin daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları ile elde edilen I. tip hata olasılıkları ve testin gücü değerleri yorumlandığında aynı paralelde oldukları söylenebilir.

Kaşko Arıcı vd. (2011)'nin karekök, logaritmik ve aç ı transformasyonları ile varyansları homojen hale gelmiş gruplara varyans analizi uygulayarak 25000 simülasyon denemesi ile hesapladıkları I. tip hata olasılıkları gruplardaki gözlem sayılarının artışından bağımsız olarak heterojenlik arttıkça belirgin bir artış göstermiştir. Aynı örnek genişliklerinde ve aynı varyans oranlarında bu tez çalışması ile elde edilen I. tip hata olasılıkları söz konusu çalışmadan elde edilen I. tip hata olasılıkları ile uyum içerisinde dir. Yani tek faktörlü varyans analizinde gruplardaki gözlem sayılarının artışından bağımsız olarak heterojenlik arttıkça belirgin bir artış gösteren I. tip hata olasılıkları iki faktörlü varyans analizinde de benzer sonuçları vermiştir.

Yiğit (2012), logaritmik transformasyon uygulanan faktöriyel varyans analizinde güç değerlerinin varyansların homojen olmamasından oldukça olumsuz yönde etkilendiğini ancak genel olarak varyans analizinin çalışmada dikkate aldıkları diğer testlere göre daha güçlü bir test olduğunu söylemiştir. Logaritmik transformasyonun genel olarak varyanslar homojenken I. tip hata olasılığını başlangıçta kararlaştırılan %5 seviyesinde koruduğu ancak varyansların heterojenleştiği durumlarda hiç güvenilir olmayan sonuçlar verdiği vurgulanan bu çalışma ile tezden logaritmik transformasyon ile elde edilmiş sonuçlar birbirlerini desteklemektedir.

5. SONUÇ

Faktörlerin birlikte denenmelerine ve faktörler arasındaki interaksiyon bilgisine ulaşılmasına olanak sağlayan faktöriyel deneme düzenleri pratikte oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Varyans analizi ile değerlendirilen faktöriyel deneme sonuçlarının güvenilirliği bu testin ön şartlarının sağlanmış olmasına özellikle de alt grup varyanslarının homojen olmasına bağlıdır. Heterojen olan alt grup varyanslarını homojen hale getirmek amacıyla kullanılabilen karekök, logaritmik ve açı transformasyon yöntemlerinin belirlenen faktör seviye sayısı, tekerrür sayısı ve varyans oranı kombinasyonlarında performanslarını karşılaştırmayı amaçlayan bu tez çalışmasından elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

1. İki faktörlü deneme düzenlerinde yapılacak olan varyans analizlerinde transformasyon uygulanıp uygulanmamasından ve seçilen transformasyon yönteminden bağımsız olarak varyansların heterojenlik düzeyi arttıkça başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığının korunamadığı ve artış gösterdiği görülmüştür.
2. Ele alınan faktör seviye sayıları karşılaştırıldığında, transformasyon yönteminden bağımsız olarak faktör seviye sayılarındaki artışın az da olsa I. tip hata olasılıklarında bir artışa sebep olduğu görülmüştür.
3. Testin gücü değerlerinin populasyon ortalamaları arasındaki fark 0.5 standart sapma olduğunda populasyon ortalamaları arasındaki fark çok az olduğu için beklenilenin aksine varyansların heterojenliğinden tüm deneme düzenlerinde olumlu yönde etkilendiği ve heterojenlik düzeyi arttıkça yükseliş gösterdiği görülmüştür. Populasyon ortalamaları arasındaki fark 1.0 ve 1.5 standart sapma olduğunda ise beklenildiği gibi testin güç değerlerinin varyansların heterojenliğinden tüm durumlarda olumsuz yönde etkilendiği ve heterojenlik düzeyi arttıkça düşüş gösterdiği görülmüştür.

4. Tüm deneme düzenlerinde ve tekerrür sayılarında, uygulanan transformasyon yöntemleri arasında ister I. tip hata olasılıkları bakımından isterse testin güç değerleri bakımından olsun farklılığın yok denecek kadar az olduğu saptanmıştır.
5. Tüm faktör seviye sayısı, tekerrür sayısı ve varyans heterojenlik oranı kombinasyonlarında varyansları homojen hale getirmek amacıyla verileri transforme etmek testin güvenilirliği bakımından istenilen sonuçları vermemiş hatta birçok durumda gerek I. tip hata olasılığı gerekse testin gücü bakımından daha az güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir.
6. Alt grup varyansları arasındaki heterojenlik özellikle 3 katın üzerine çıktığında ve tekerrür sayısı 10'dan az olduğunda transformasyon yöntemlerinden daha iyi sonuçlar vermiş olan varyans analizinin de güvenilirliğinin azaldığı görülmüştür.
7. Varyans analizinin ancak varyanslar homojen ve tekerrür sayısı yeterli olduğunda güçlü ve güvenilir bir test olduğu ve transformasyonların varyansları homojen hale getirirken varyans analizi ile AxB interaksyonuna ilişkin hipotez kontrolünde verilecek olan kararların güvenilirliğini ciddi bir biçimde azalttığı görüldüğü için, alt grup varyanslarının heterojen olduğu belirlenen 2 faktörlü faktöriyel denemelerde başka alternatif yöntemler aranılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, M.C. 2008. Faktöriyel düzende varyans analizi tekniğinde varyansların homojenliği ve normal dağılım ön şartları yerine gelmediğinde interaksyona ilişkin I. tip hata ve testin gücü. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s., Ankara.
- Başpınar, E. ve Gürbüz, F. 2000. Normal, Beta, Gamma (χ^2) ve Weibull Dağılımlarının İkili Kombinasyonlarından Alınan Değişik Örnek Genişliğindeki Örneklerin Karşılaştırılmasında Testin. Tarım Bilimleri Dergisi, 2000, 6 (1), 116-127.
- Bao, P. and Ananda M.M. 2001. Performance of Two-Way ANOVA Procedure When Cell Frequencies and Variances are Unequal. Communications in Statistics-Simulation and Computation, 30(4); 805-829.
- Bek, Y. ve Efe, E. 1988. Araştırma ve Deneme Metotları I. Ç.Ü.Z.F. Yayınları: Ders Kitabı No: 71. 368 s.
- Brown, M.B., and Forsythe, A.B. 1974. The small sample behavior of some statistics which test the equality of several means. Technometrics, 16: 129-132.
- Brunner E. and Puri, M.L. 2001. Nonparametric Methods in Factorial Designs. Statistical Papers, 42(1): 1-52.
- Chen, S. 2001. One stage and two stage statistical inference under heteroscedasticity. Communications in Statistics Simulations, 30(4): 991-1009.
- Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edition). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Düzgüneş, O. 1963. İstatistik Prensipleri ve Metotları. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Erceg-Hurn, D. M. and Miroseovich, V. M. 2008. Modern robust statistical methods: An easy way to improve the accuracy and power of your research. American Psychologist, 63, 591-601
- Freund, R.J. and Wilson, W. J. 2003. Statistical Methods (Second Edition). Academic Pres, An imprint of Elsevier Science, California 92101-4495, USA, 673 pages.
- Gamage, J. and Weerahandi, S. 1998. Size performance of some tests in one-way ANOVA. Communications in Statistics Simulations, 27(3):625-640 (1998).

- Gaston K. J. and McArdle, B. H. 1994. The Temporal Variability of Animal Abundances: Measures, Methods and Patterns. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345(1314): 335-358.
- Hsiung T. H. and Olejnik, S. 1996. Type 1 Error Rates and Statistical Power for The James Second-Order Test and The Univariate F Test in Two Way Fixed Effects ANOVA Models Under Heteroscedasticity and/or Nonnormality. *Journal of Experimental Education*, 65(1); 57 p.
- Jaccard, J.J. 1997. Interaction Effects in Factorial Analysis of Variance. *Quantitative Applications in The Social Sciences*, Sage Publications Inc., 116 p.
- Kanji, G.K. 1999. 100 Statistical tests. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Kaşko, Y., Özkan, M.M., Gürbüz, F. ve Kocabaş, Z. 2009. Gruplardaki Gözlem Sayıları Arasında Büyük Farklılıkların Varyansların Homojenlik Testleri Üzerine Etkisi. 6. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi (24-26 Haziran), Erzurum, Türkiye.
- Kaşko Arıcı, Y., Özkan, M.M. ve Kocabaş, Z. 2011. Heterojen Varyanslı Gruplarda Kruskal-Wallis Testi ile Transformasyon Sonrası Varyans Analizinin Karşılaştırılması. 7. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi (14-16 Eylül), Adana, Türkiye.
- Koşkan, Ö., ve Gürbüz, F. 2008. Yeniden Örnekleme ve F Testinin I. Tip Hata ve Testin Gücü Bakımından Simülasyon Yöntemi ile Karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2009, 15(1) 105-111.
- Lix, L. M, Keselman, J. C. and Keselman, H. J. 1996. Consequences of assumption violations revised: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research*, 66 (4) 579-619.
- Mansouri, H. and Chang, G. H. 1995. A Comparative Study Of Some Rank Tests for Interaction. *Computational Statistics & Data Analysis*, 19(1): 85–96.
- Mendeş, M. 2002. Normal Dağılım ve Varyansların Homojenliği Ön Şartlarının Gerçekleşmediği Durumlarda Varyans Analizi Tekniğinin Yerine Kullanılabilecek Bazı Parametrik Testlerin I. Tip Hata ve Testin Gücü Bakımından İrdelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 278s., Ankara.
- Mendeş, M. ve Başpınar, E. 2002. Normal Olmayan Dağılımlı Populasyonlardan Alınan Örneklerde Hesaplanan Çeşitli Test İstatistiklerinin I. Tip Hata Olasılıkları Bakımından Karşılaştırılması. *A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1), 23–28.
- Mendeş, M. 2005. Uygun Simülasyon Sayısının Belirlenmesi: Monte Carlo Simülasyon Çalışması. *Tarım Bilimleri Dergisi* 2005, 11 (1) 12-15.

- Milligan, G.W., Wong, D.S. and Thompson, P.A. 1987. Robustness Properties of Nonorthogonal Analysis of Variance. *Psychological Bulletin*, 101(3); 464-470.
- Moder, K. 2007. How to keep the Type I Error Rate in ANOVA if Variances are Heteroscedastic. *Austrian Journal of Statistics*, 36(3), 179-188.
- Moder, K. 2010. Alternatives to F-Test in One-Way ANOVA in case of Heterogeneity of Variances (A Simulation Study). *Psychological Test and Assessment Modeling*, Volume 52, 2010 (4), 343-353.
- Montgomery, D. C. 2004. *Design and Analysis of Experiments*, Wiley, NY
- Mukerjee, R. and Wu, C. F. J. 2003. *A Modern Theory of Factorial Design*. Springer Series in Statistics, 248p.
- Murphy, K.R. and Myers, B. 1998. *Statistical Power Analysis. A simple and General Model for Traditional and Modern Hypothesis Tests*. Lawrence Erlbaum Assoc., Publishers, s.120, London, UK.
- Oshima, T. C. and Algina, J. 1992. Type I Error for James's Second-Order Test and Wilcox' Hm Test under Heteroscedasticity and Non-Normality. *British J. of Mathematical and Statistical Psychology*, 45, 255-263.
- Ott, L., and Longnecker, M. 2008. *An introduction to statistical methods and data analysis (5th ed.)*. Pacific Grove, CA: Duxbury Press.
- Özdamar, K. 2004. *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi I*, Kaan Kitabevi.
- Ozkan, M.M., Kocabas, Z., Kasko, Y. and Albayrak, R. 2010. The Effect of Square Root and Logarithmic Transformations on Type I Error of ANOVA in Balanced Experiments. 9th International Turkish-German Agriculture Symposium, 22-27 March, Mustafa Kemal University, Antakya, Hatay, Türkiye.
- Park, S. K. and Miller, K. W. 1988. Random number generators: Good ones are hard to find. *Communications of the ACM*, 31: 1192-1201.
- Payton, M. E., Richter, S. J., Giles, K. L. and Royer, T. A. 2006. Transformations of count data for tests of interaction in factorial and split-plot experiments. *Journal of Economic Entomology* 99(3):1002-1006.
- Petrie, A. and Sabin, C. 2000. *Medical Statistics at a Glance. . I Ed.*, London: Blackwell Science; pp 71-74.
- Piepho., H.P. 1996. A Monte Carlo Test for Variance Homogeneity in Linear Models. *Biometrical Journal*, 38, s.461-473.

- Polatkan, T. 2002. Varyansların Eşit Olmadığı Durumda Ortalamaların Testi İçin Alternatif bir Test. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Gazi Ün., 39s, Ankara.
- Richter, S.J. and Payton, M.E. 2003. Performing Two-Way Analysis of Variance Under Variance Heterogeneity. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 2(1);152-160.
- Snedecor G. W. and Cochran W. G. 1967. *Statistical Methods*, (6th ed.) University of Iowa Press, Ames, Iowa, 593 p.
- Sokal R. R. and Rohlf F. J. 1995. *Biometry* (Third Edition). W. H. Freeman and Company, New York, USA.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. and Dickey, D. A. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Tekindal, B., 1998. Varyans Analizinin Önşartları ve Transformasyonlar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s., Ankara.
- Trumbo, B. E., Eric, A. Suess and Brafman, R. E. 2004. Classroom Simulation: Are Variance-Stabilizing Transformations Really Useful? Department of Statistics California State University, Presentation, JSM 2004, Toronto.
- Vallejo, G., Fernandez, P. and Livacic-Rojas P. 2010. Robust tests for two-way ANOVA models under heteroscedasticity. *Psicologica*, Vol 31, No:1.
- Wilcox, R.R. 1994. A One-Way Random Effects Model for Trimmed Means. *Psychometrika*. 3, s.289-306.
- Winer, D.J., Brown D.R. and Kenneth, M. 1991. *Statistic principles in experimental design*. New York:McGraw-Hill.
- Wludyka, P.S. and Nelson, P.R. 1997. An Analysis of Means Type Test For Variances From Normal Populations. *Technometrics*, 39, s. 274-286.
- Yiğit, E. ve Gamgam, H. 2011. Homojen Olmayan Varyans Varsayımı Altında Ortalamaların Eşitliği İçin Bazı Test İstatistikleri ve Karşılaştırmaları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-B*, 1(1)(57-71).
- Yiğit, S. 2012. Faktöriyel denemelerde normallik ve varyansların homojenliği ön şartlarının yerine gelmediği durumlarda farklı yaklaşımlar için I. tip hata ve testin gücü. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Yuen, K.K. 1974. The two-sample trimmed t for unequal population variances.*Biometrika*. 61, s.165-170

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
662pp., plus appendices.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yeliz KAŞKO ARICI

Doğum Yeri : İstanbul

Doğum Tarihi : 15 / 09 / 1979

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bahçelievler Lisesi (1995)

Lisans : Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü (2001)

Yüksek Lisans : Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni A.D. (2003)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni A.D. (2007)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi Ordu Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı, (2002–2003)

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı, (2003–Devam ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer)

Çiçek, N., Kütük, C., **Kaşko Arıcı, Y.** ve Bilgili, B.C., 2012. Krizantem (*Chrysanthemum morifolium*)’in Gelişim Parametreleri Üzerine Farklı Atık Mantar Kompostu ile Hazırlanan Değişik Yetiştirme Ortamlarının Etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5 (2):68-75.

Kaşko Arıcı, Y., Kocabaş, Z. ve Koşkan, Ö., 2012. Bağımsız İki Grup için t-testi ve Alternatiflerinin I. Tip Hata ve Testin Gücü Bakımından Karşılaştırılması. 13. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Konferansı (24-26 Mayıs), Gazimağusa, KKTC.

Kaşko Arıcı, Y., Özkan, M.M. ve Kocabaş, Z., 2012. İkili (Binary) Lojistik Regresyon Modelinde Çoklu Bağlantı Durumunun I. Tip Hata Üzerine Etkileri: Bir Simülasyon Çalışması. 13. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Konferansı (24-26 Mayıs), Gazimağusa, KKTC.

Boynuegri, D., Karakoca Nemli, S. and **Kasko Arıcı, Y.**, 2012. Significance of keratinized mucosa around dental implants: a prospective comparative study. Clinical Oral Implants Research. Wiley.

- Kilicarslan, M.A., Akaltan, F., **Kasko Arici, Y.** and Kocabas, Z., 2012. Clinical evaluation of maxillary edentulous patients to determine the prevalence and risk factors of combination syndrome. *Journal of Dental Sciences*. Elsevier.
- Kaşko Arici, Y.**, Özkan, M.M. ve Kocabaş, Z., 2011. Heterojen Varyanslı Gruplarda Kruskal-Wallis Testi ile Transformasyon Sonrası Varyans Analizinin Karşılaştırılması. 7. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi (14-16 Eylül), Adana, Türkiye.
- Koç E, Sülün Üstün A, İşlek C and **Kaşko Arici, Y.**, 2011. Defence responses in leaves of resistant and susceptible pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars infected with different inoculum concentrations of *Phytophthora capsici* Leon. *Scientia Horticulturae* 128(2011):434–442.
- Karakoca Nemli, S., Aydın, C., Yılmaz, H., Turhan Bal, B. and **Kasko Arici, Y.**, 2011. İmplant destekli burun protezlerinde implant başarısının ve yumuşak doku sağlığının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, Cilt:28, Sayı:2, Ankara.
- NajiKhoei, A., Firatli, C., Alijani, S., **Kasko Arici, Y.** and Khodaie, S., 2011. Behavioral Defenses of Iranian Honey Bees (*Apis mellifera* meda) Against *Varroa destructor*. *Annals of Biological Research*, 2(6):510-516.
- Karakoca Nemli, S., Aydın, C., Yılmaz, H., Sarisoy, S. and **Kasko, Y.**, 2010. Retrospective Study of Implant-Retained Orbital Prostheses: Implant Survival and Patient Satisfaction. *The Journal of Craniofacial Surgery*, Vol:21, No:4.
- Ozkan, M.M., Kocabas, Z., **Kasko, Y.** and Albayrak, R., 2010. The Effect of Square Root and Logarithmic Transformations on Type I Error of ANOVA in Balanced Experiments. 9th International Turkish-German Agriculture Symposium, 22-27 March, Mustafa Kemal University, Hatay, Türkiye.
- Kocabas, Z., **Kasko, Y.**, Ozkan, M.M., Kesici, T. and Albayrak, R. 2010. Different Approaches to Degrees of Freedom for Hartley and Cochran Tests for Unequal Sample Sizes. 9th International Turkish-German Agriculture Symposium, 22-27 March, Mustafa Kemal University, Hatay, Türkiye.
- Mollaoglu, N., Schlegel, A.K., Toyoshima, T., Nkenke, E., Neukam, F.W., **Kasko, Y.**, and Ries, J., 2010. Expression of phospho-p44/42MAPK in oral squamous cell carcinoma. *Hellenic Archives of Oral&Maxillofacial Surgery* (2010) 3, 121-128.
- Kaşko, Y.**, Özkan, M.M., Gürbüz, F. ve Kocabaş, Z., 2009. Gruplardaki Gözlem Sayıları Arasında Büyük Farklılıkların Varyansların Homojenlik Testleri Üzerine Etkisi. 6. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi (24-26 Haziran), Erzurum, Türkiye.
- Pulatsu, S., Kocabas, Z., Topcu A. and **Kasko, Y.**, 2009. Relationships Between Littoral Sediment and Water Characteristics in Eutrophic Macrophyte-Dominated Lake. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (12): 2750-2755.