ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAĞIMSIZ İKİ GRUP KARŞILAŞTIRILMASINDA GRUP ORTALAMALARI ARASINDAKİ MUAMELE ÖNCESİ FARKIN İRDELENMESİ

Rabia ALBAYRAK

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2009

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Rabia ALBAYRAK tarafından hazırlanan "**Bağımsız İki Grup Karşılaştırılmasında Grup Ortalamaları Arasındaki Muamele Öncesi Farkın İrdelenmesi**" adlı tez çalışması 28.12.2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ
Ankara Üniversitesi Zootekni Anabilim Dalı

Üye **:** Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ
Ankara Üniversitesi Zootekni Anabilim Dalı

Üye **:** Prof. Dr. Hülya BAYRAK
Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan ATAKOL
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAĞIMSIZ İKİ GRUP KARŞILAŞTIRILMASINDA GRUP ORTALAMALARI ARASINDAKİ MUAMELE ÖNCESİ FARKIN İRDELENMESİ

Rabia ALBAYRAK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ

Bu tez çalışmasında denemenin başında grup ortalamalarının denk olmayışının, bağımsız iki grup ortalaması arasındaki farkın irdelenmesinde kullanılan t-testinin gücüne etkisi simülasyon yaklaşımı ile irdelenmiştir. Z(0,1) ve $\chi^2(3)$ dağılımlarından çeşitli örnek genişlikleri ve varyans oranlarında alınan örneklerde, ilk olarak bu iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı (P) hesaplanmıştır. Sonra her defasında muamele etkisi (0.5, 1.0, 1.5) tesadüfen ikinci gruba, başlangıçta ortalaması büyük olan gruba ve başlangıçta ortalaması küçük olan gruba uygulanmıştır. Ardından başlangıçta hesaplanan P değerlerinin çeşitli durumları için gerçekleşen güç değerleri bulunmuştur. Simülasyon çalışması sonunda, gerçekleşen güç değerlerinin denemenin başında grup ortalamaları arasında gözlenen farktan etkilendiği ancak dağılımın şeklinden etkilenmediği gözlenmiştir. Sonuç olarak araştırıcı denemenin başında deney ünitelerini gruplara tamamen tesadüfen dağıtmalı, bu arada grup ortalamalarının denkliğine dikkat etmeli ve denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın tesadüften ileri geldiğine ilişkin H_0 hipotezini kontrol edip gerçekleşen I. tip hata olasılığını (P) belirlemelidir. Böylelikle ileride, gruplardan birine muamele uygulandıktan sonra elde edilecek testin gücünü, denemenin başında bulunan gerçekleşen I. tip hata olasılığı ile ilişkilendirme imkanı elde edebilir. Bu yaklaşımla araştırıcı, denemenin sonunda elde edilecek güç değerlerinin, başlangıçta gerçekleşen I. tip hata olasılığı doğrultusunda, kabaca hangi aralıkta olması gerektiğini irdeleme olanağı bulabilir. Testin gücünü hesaplamada yaygın olarak kullanılan istatistik paket programlarının, muamele uygulanmadan önce grupların ortalamaları arasındaki farkın 0 (sıfır) olduğu varsayımından hareket ettikleri ve testin gücüne ilişkin hesaplamaları bu varsayıma dayanarak yaptıkları akılda tutulmalıdır.

Aralık 2009, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: Testin gücü, t-testi, simülasyon, muamele öncesi fark, etki büyüklüğü

ABSTRACT

Master Thesis

PRETREATMENT ANALYSIS OF DIFFERENCE BETWEEN TWO GROUP MEANS WHEN TWO INDEPENDENT GROUPS ARE BEING COMPARED

Rabia ALBAYRAK

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

Supervisor: Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ

In this study, the effect of preexisting difference between group means on the power of two sample t test was investigated by simulation study. First, the type I error rates (P values) were calculated for difference between two sample means that were taken from Z(0,1) and $\chi^2(3)$ distributions with various sample sizes and variance ratios. After that, the treatment effect (0.5, 1.0, 1.5) was added to the second group, to the group with greater mean, and to the group with smaller mean. Then, power of t test was calculated for the various situations of P values. According the simulation results, the power of t test was not affected by the shape of distribution. Whereas the power of t test was affected by the preexisting differences between group means. In conclusion, experimental units should be randomly assigned to the treatments and P values should be calculated after randomization, which enables researchers to investigate the interval of test power. In practice, statistical packages calculating test power do not take possible preexisting difference between group means into consideration in the calculations.

December 2009, 62 pages

Key Words: Power of test, t-test, simulation, pretreatment difference, effect size

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlamamda bana araştırma olanağı sağlayan, çalışmalarım sırasında yakın ilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen ve hiçbir zaman benim sorularımdan bıkmayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ'e (Ankara Üniversitesi) sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim. Benim yetişmemde ve bu güne gelmemde çok büyük emekleri olan sayın hocalarım Prof. Dr. Tahsin KESİCİ (TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi), Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ (Ankara Üniversitesi) ve Doç. Dr. M. Muhip ÖZKAN'a (Ankara Üniversitesi) teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yapıcı eleştirileri ve önerileri ile beni yönlendiren Sayın Prof. Dr. Hülya BAYRAK (Gazi Üniversitesi) hocama çok teşekkür ederim. Bana her zaman çalışmayı aşılayan Sayın Yrd. Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a (Süleyman Demirel Üniversitesi), çalışma ortamını paylaştığım Araş. Gör. Yeliz KAŞKO'ya teşekkür ederim.

Son olarak en başından beri her zaman bana destek olan, bana uygun çalışma ortamı hazırlayan, sorunlarımdan hiçbir zaman bıkmayan sevgili Annem, Babam ve Kardeşlerim'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar, en derin duygularımla teşekkür ederim.

Rabia ALBAYRAK

Ankara, Aralık 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **v**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Kaynak Özetleri **2**
2. KURAMSAL TEMELLER **6**
2.1 Bağımsız İki Grup Ortalaması Arasındaki Farka İlişkin Hipotez Kontrolü **6**
2.2 Hipotez Kontrolü Sonucunda Yapılan Hatalar ve Testin Gücü **7**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **13**
3.1 Materyal **13**
3.2 Yöntem **14**
4. BULGULAR **16**
4.1 Her Defasında İkinci Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum **17**
4.1.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum **17**
4.1.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum **23**
4.2 Her Defasında Ortalaması Büyük Olan Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum **29**
4.2.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum **29**
4.2.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum **34**
4.3 Her Defasında Ortalaması Küçük Olan Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum **41**
4.3.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum **41**
4.3.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum **47**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **53**
KAYNAKLAR **60**
ÖZGEÇMİŞ **62**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Z dağılımı 14
Şekil 3.2 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımı 14
Şekil 4.1 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 21
Şekil 4.2 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 22
Şekil 4.3 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 27
Şekil 4.4 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 28
Şekil 4.5 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 33
Şekil 4.6 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 34
Şekil 4.7 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 39
Şekil 4.8 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 40

Şekil 4.9 Her defasında ortalaması küçük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik..... 45
Şekil 4.10 Her defasında ortalaması küçük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik..... 46
Şekil 4.11 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 51
Şekil 4.12 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik 52
Şekil 5.1 $n_A=n_B=15$ ve Δ=0.5 ve grup varyansları homojen olduğunda başlangıçta hesaplanan P değerlerine göre ikinci gruba, ortalaması büyük gruba ve ortalaması küçük gruba Δ eklendiğinde gerçekleşen güç değerleri 57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Hipotez kontrolünde yapılan hatalar ve ihtimalleri 7

Çizelge3.1 Tezde kullanılan dağılımlar, varyans oranları, grup ortalamaları arasındaki farklar ve örnek genişlikleri 13

Çizelge 4.1 Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alınan çeşitli örnek genişlikleri ve varyans oranlarında gerçekleşen I. tip hata olasılıkları 16

Çizelge 4.2 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri 20

Çizelge 4.3 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri..... 26

Çizelge 4.4 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri..... 32

Çizelge 4.5 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri..... 38

Çizelge 4.6 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması küçük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri..... 44

Çizelge 4.7 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması küçük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri..... 50

1. GİRİŞ

Uygulama alanında en sık karşılaşılan deneme düzeni iki grup ortalaması arasındaki farkın irdelenmesine yönelik düzendir. İki grup karşılaştırılmasına yönelik çalışmaların başlangıcında aynı populasyondan tesadüfen alınmış bireylerin yine tesadüfen iki gruba ayrılması gelir. Bu yaklaşımda beklenen, bu iki grup ortalamasının birbirine denk olmasıdır. Gruplardan herhangi biri kontrol grubu olarak alınır, diğerine bir muamele uygulanır ve denemenin sonunda muamele uygulanan grup ortalaması ile kontrol grubu ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olup olmadığı yani bu farkın sadece tesadüften ileri gelen bir fark mı olduğu yoksa uygulanan muameleden mi ileri geldiği irdelenir. Gruplardan biri kontrol grubu olarak bırakılabileceği gibi iki gruba farklı muameleler de uygulanabilir ve deneme sonunda yine iki grubun ortalaması arasında gözlenen farkın tesadüften mi yoksa uygulanan farklı muamelelerin etkisinden mi ileri geldiği uygun istatistik yöntemlerle kontrol edilir.

Denemedeki iki grup ne şekilde adlandırılırsa adlandırılsın esas olan, denemenin başında, herhangi bir muamele veya muameleler uygulanmadan önce, grupların ortalamalarının denk olmasıdır. Bu denkliği, aynı populasyondan tesadüfen alınmış bireylerin (deney ünitelerinin) yine tesadüfen yani kura ile iki gruba ayrılması sağlar. Denemeye başlamadan önce grup ortalamaları denk değilse, uygulanan muamelenin etkisi ile grup ortalamaları arasında denemenin başında var olan fark birbirine karışır. Muamele denemenin başında ortalaması küçük olan gruba uygulandı ise muamele etkisi gerçekte olandan daha az, ortalaması büyük olan gruba uygulandı ise muamele etkisi gerçekte olandan daha fazla görünecektir. Böyle bir durumda araştırıcı iki grup ortalaması arasında gerçekte var olan farklılığı ortaya koyamayacak veya iki grup ortalaması arasında gerçekte var olmayan bir farkı uygulanan muamele veya muamelelerin etkisine bağlamak durumunda kalacaktır ki bu iki seçeneğin de sadece grup ortalamalarının denemenin başında denk olmayışından kaynaklanan bir yanılgı sürecini başlattığı açıktır.

Bu tez çalışmasının amacı iki grup ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olup olmadığının irdelenmesinde denemenin başında, yani gruplara herhangi bir

muamele uygulanmadan önce, iki grup ortalamasının denk olmayışının, uygulanan muamele veya muamelelerin grup ortalamaları arasında yaratabileceği farka etkisinin incelenmesidir. Bu amaçla uygulanan muamelenin gerçek etkisini ortaya koymak için belirli bir populasyondan tesadüfen alınmış ve ortalamaları tamamen denk olan iki gruba uygulanacak muamelelerin etkisi irdelenmiştir. Denemenin başında grup ortalamaları birbirine denk olmadığında bu denk olmayışın farklı α (I. tip hata) düzeylerinde istatistik olarak önemli olmama durumlarında, gruplardan önce sadece ikincisine, sonra sayısal olarak hangi grup ortalaması büyükse ona ve daha sonra da sayısal olarak hangi grup ortalaması küçükse ona uygulanmasından sonra iki grup ortalaması arasında oluşturulan adı geçen farkların istatistik olarak önemli olup olmama durumları ve bu yaklaşımların testin gücüne etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Böylelikle denemenin başında herhangi bir muamele uygulanmadan önce, grup ortalamalarının istatistik olarak önemli olmasa bile denk olmayışının testin gücüne etkisi irdelenmiştir.

1.1 Kaynak Özetleri

Başpınar vd. (1999a) tarafından yapılan bir çalışmada, iki ve üç grup ortalaması arasındaki farkların karşılaştırılmasında kullanılan Student t-testi ve Varyans Analizi Tekniğinde, istenilen güce ulaşmak için gerekli örnek genişliğinin tespit edilmesi amacıyla 10000 denemelik bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Çalışmanın sonunda t testi için ön şartlar sağlandığında ve gruplarda eşit sayıda gözlem bulunduğunda, istenilen güce ulaşmada gerekli olan toplam gözlem adedinin daha az olacağı bildirilmiştir. Üç grup karşılaştırılmasında ise, söz konusu üç ortalama büyüklüklerine göre sıralandığında ortada yer alan grupta diğer iki gruba nazaran daha az sayıda gözlem bulunması halinde, F-testinin en az toplam gözlem adedi ile istenilen güce ulaştığı görülmüştür.

Başpınar vd. (1999b) diğer bir çalışmalarında, Normal dağılım ön şartının sağlanmadığı durumlarda iki grup ortalaması arasındaki farkın irdelenmesinde kullanılan t-testi sonunda gerçekleşen I. tip hata olasılığının nasıl etkilendiğini ele almışlardır. Bu amaçla çeşitli dağılımların ikili kombinasyonlarından alınan örnekler yardımıyla yapılan

100000 simülasyon denemesi sonucunda, gerçekleşen I. tip hata olasılığının dağılımların şeklinden fazla etkilenmediği sonucuna varılmıştır.

Başpınar ve Gürbüz (2000a) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli dağılımların ikili kombinasyonlarından tesadüfen alınan örnekler yardımı ile hesaplanan F-testinin gücü araştırılmıştır. Yapılan 100000 simülasyon denemesi sonucunda, F-testinin istenilen güce ulaşmasında dağılım şeklinden ziyade populasyon ortalamaları arasındaki farkın büyüklüğü, örnek genişlikleri ve deney ünitelerinin örneklere eşit sayıda dağıtılıp dağıtılmamasının etkili olduğu bildirilmiştir.

Başpınar ve Gürbüz (2000b) yaptıkları diğer bir çalışmada, bağımsız iki grup karşılaştırılmasında, deney ünitelerinin gruplara ortalamaları dengelenmiş olarak ve de rastgele dağıtılmasının gerçekleşen I. tip hata, testin gücü, gruplar arası ve gruplar içi varyans ve örnek genişliklerini nasıl etkilediği üzerinde durmuşlardır. Bu amaçla Z dağılımından tesadüfen alınan örnekler yardımıyla yapılan 100000 simülasyon denemesi sonucunda, istenilen güce ulaşmak bakımından, denemenin başında ortalamaları dengelenmiş denemelerde gerekli olan örnek genişliğinin rastgele dağıtıma nazaran daha az olduğu, buna karşın gruplar arası ve gruplar içi varyansın beklenen değerleri alması bakımından rastgele dağıtımın daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Başpınar (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, bağımsız iki grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasında Student-t testi, Welch testi ve Ayıklanmış-t testi (Trimmed-t test) kullanılmış ve değişik varyans ve ortalamalara sahip populasyonlardan alınan çeşitli genişliklerdeki örnekler yardımı ile yapılan 10000 simülasyon denemesi sonucunda gerçekleşen I. tip hata olasılıkları ve güç değerlerine bakılmıştır. Deneme sonunda örnek genişlikleri eşit olduğunda her üç test de başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığını (α=0.05) korurken, örnek genişlikleri eşit olmadığında ise sadece Welch-testi ve Ayıklanmış-t testi başlangıçta belirlenen α olasılığını koruyabilmiştir. Gerçekleşen güç değerlerine bakıldığında ise örnek genişliklerinin eşit olmadığı durumlarda, Student t-testinin diğer testlere nazaran populasyon varyansları arasındaki farkın artmasından daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

Mendeş (2002) çalışmasında, Varyans Analizi Tekniğinin en önemli iki ön şartı olan normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarının yerine gelmediği durumlarda, Varyans Analizi Tekniği ve bunun yerine kullanılabilecek bazı testleri I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmalarda çeşitli dağılımlardan tesadüfen alınan muhtelif genişliklerdeki örnekler yardımı ile yapılan 100000 simülasyon denemesi sonunda F-testi bakımından gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve testin güç değerlerinin, örneklerin alınmış olduğu populasyonların dağılımı şeklinden ziyade, populasyonların varyanslarına, örnek genişliklerine, gözlem adetlerinin dengeli olup olmamasına ve grup ortalamaları arasında standart sapma cinsinden oluşturulan farklara bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir.

Weber (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Permutasyon testi, t testi ve Wilcoxon testleri I. tip hata ve testin gücü bakımından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla çeşitli dağılımlardan (Multimodal-Lumpy, Ki-Kare, Exponential ve Normal) standart sapma cinsinden grup ortalamaları arasındaki farklara (0.2, 0.5, 0.8, 1.2) göre alınan çeşitli genişliklerdeki (5:5, 5:15, 20:20 ve 10:30) örnekler yardımı ile yapılan 1000000 simülasyon denemesi sonucunda testlerin gerçekleşen I. tip hata olasılıkları ve güç değerleri hesaplanmıştır. Simülasyon çalışması sonunda, t testi gruplardaki örnek genişliklerinin dengeli olduğu durumlarda başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığını korurken, Permütasyon testi bütün dağılım ve örnek genişliği kombinasyonları için başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığını korumuştur. Wilcoxon testinde ise gerçekleşen I. tip hata olasılığı yine 0.05 civarında bulunmuştur. Örnek genişliklerinin eşit olduğu durumlarda gerçekleşen testin gücü bakımından t testi ve permütasyon testi birbirine benzer sonuçlar verirken, Wilcoxon testinin gücünün daha düşük olduğu gözlenmiştir. Gruplardaki gözlem adetlerinin eşit olmadığı durumlarda ise permütasyon testi ve Wilcoxon testinde gerçekleşen güç değerlerinin t-testinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Normal dağılım ön şartının yerine gelmediği durumlarda Wilcoxon testinin her iki testten daha güçlü olduğu bildirilmiştir.
Koşkan ve Gürbüz (2008) yaptıkları çalışmada t-testini ve yeniden örnekleme yöntemini I. tip hata ve testin gücü bakımından karşılaştırmışlardır. Bu amaçla çeşitli dağılımlardan (Z(0, 1), Student t (10), $\chi^2(3)$ ve $\beta(2.5, 5)$) ve bu dağılımların ikili kombinasyonlarından çeşitli genişliklerde ve varyans oranlarında alınan örneklerde

10000 simülasyon denemesi sonucunda gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve gerçekleşen testin gücünü hesaplamışlardır. Denemede yeniden örnekleme sayısı 100000 olarak belirlenmiştir. Yapılan simülasyon çalışması sonunda varyansların homojen olmadığı ve örnek genişliğinin küçük olduğu durumlarda yeniden örnekleme yönteminin gerçekleşen I. tip hata olasılığı ve testin gücü bakımından t-testine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ankaralı H. ve Ankaralı S. (2009) yaptıkları bir çalışmada, üzerinde durulan özellik bakımından iki grup arasında başlangıç değerleri açısından istatistik olarak önemli bir farklılığın bulunması durumda muamele etkisinin tahmininde, başlangıç ve muamele sonrası elde edilen değerler arasındaki farkların karşılaştırılmasında kullanılan eş yapma t-testi ve tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği üzerinde durmuşlardır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Bağımsız İki Grup Ortalaması Arasındaki Farka İlişkin Hipotez Kontrolü

Birbirinden bağımsız iki grup ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olup olmadığı belirlenirken söz konusu örneklerin alınmış oldukları populasyonların varyansları bilinmiyor ise bu durumda t-testi kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hipotez kontrolü yapılır (Sokal ve Rohlf 1981, Zar 1999, Sheskin 2000, Kesici ve Kocabaş 2007)

$$t = \frac{\bar{A} - \bar{B}}{\sqrt{S_T^2\left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}} \qquad (1)$$

Bu eşitlikte paydada yer alan S_T^2 değeri toplanmış varyans olup aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$S_T^2 = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B - 2} = \frac{\sum d_A^2 + \sum d_B^2}{(n_A - 1) + (n_B - 1)} \qquad (2)$$

2.2 Hipotez Kontrolü Sonucunda Yapılan Hatalar ve Testin Gücü

Hipotez kontrolünde yapılan hatalar ve testin gücü Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Hipotez kontrolünde yapılan hatalar ve ihtimalleri

GERÇEK DURUM	**VERİLEN KARAR**	
	H_0 KABUL	**H_0 RET**
H_0 GEÇERLİ	Doğru Karar (1- α)	I.Tip Hata(α)
H_1 GEÇERLİ	II.Tip Hata (β)	Doğru Karar **Testin Gücü (1-β)**

I. Tip Hata Olasılığı (α)

Yapılan hipotez kontrolü sonucunda gerçekte geçerli olan H_0 hipotezi reddedildiği zaman yapılan hata I. tip hatadır ve I. tip hata yapma olasılığı 'α' ile gösterilir.

Elde edilen sonuçların geçerliliğinin arttırılması için α olasılığı mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır. Bunun yanı sıra, örnek genişliği, varyans ve etki büyüklüğü de hipotez kontrolü sonucunda verilen kararın geçerliliğinde önemli role sahiptir. Yapılan bir testte I. tip hata olasılığı ya denemenin başında araştırıcı tarafında belirlenir, ya da özellikle simülasyon denemelerinde denemenin sonunda gerçekleşen I. tip hata olasılığı kolaylıkla hesaplanabilir (Zar 1999, Kaps ve Lamberson 2004).

Araştırıcı I. tip hata olasılığını belirlerken dikkatli olmalıdır. Çünkü I. tip hata olasılığı ile testin gücü arasında bir denge vardır. Diğer bütün unsurlar sabit tutulduğunda başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata (α) olasılığı azaldıkça testin gücü de azalır (Houle vd. 2005).

Testin Gücü (1-β)

Yapılan hipotez kontrolü sonucunda, gerçekte geçerli olmadığı halde H_0 hipotezi kabul edilmiş ise bu durumda yapılan hata II. tip hata olarak adlandırılır ve II. tip hata olasılığı β ile gösterilir. II. tip hata olasılığının 1'den çıkarılması ile elde edilen olasılık ise testin gücü (1-β) olup, gerçekte geçersiz olan H_0 hipotezinin reddedilme olasılığını verir.

Bir istatistik testin güçlü olarak kabul edilebilmesi için hesaplanan testin gücünün 0.80 veya daha fazla olması gerektiği görüşü yaygın olarak kabul edilmektedir. Araştırmacının gerçekte var olan bu farkı ortaya koyamama olasılığı ise β olasılığı olup 0.20'ye (1-0.80) eşittir (Houle vd. 2005).

Güç analizinin bileşenlerine ilişkin hesaplamalar denemeye başlamadan önce veya deneme sonuçları elde edildikten sonra yapılabilir. Denemeye başlamadan önce yapılan güç analizi ile hedeflenen bir güce ulaşmak için gerekli örnek genişliği ve uygulamada anlamlı olabilecek bir etki büyüklüğü tahmin edilebilir. Deneme sonunda elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapılan güç analizi ile verilen bir örnek genişliği, etki büyüklüğü ve varyans yardımıyla gerçekleşen testin gücü hesaplanabilir (Zar 1999, Lewis 2006).

Lenth (2007) çalışmasında orta etki büyüklüğü (medium effect size) olarak kabul edilen Δ=0.4 büyüklüğünde bir etkiyi dikkate alarak, iki grup karşılaştırılmasında gerçekleşen I. tip hata olasılığı (α) ve örnek hacminden yola çıkarak testin gücünün hesaplanabilmesi için gerekli tabloları oluşturmuştur.

Bossi (2009) ve Kaps ve Lamberson (2004) çalışmalarında t testinin gücünün hesaplanması için gerekli hesaplama şekillerini göstermişlerdir.

Bağımsız iki grup ortalaması arasındaki farkın irdelenmesinde kullanılan t-testinin gücünün hesaplanması iki misal yardımı ile gösterilmiştir.

Misal 1: Aynı yaş grubu ve aynı ırktan 14 inek tesadüfen iki eşit gruba ayrılmış ve gruplardan birine A, diğerine ise B rasyonu verilmiştir. Deneme sonunda A ve B rasyonu ile beslenen ineklerin ortalama ve standart sapmaları sırasıyla $\bar{A} = 26.5\text{kg}$ ve $S_A = 5.6\text{kg}$, $\bar{B} = 20.2\text{kg}$ ve $S_B = 3.0\text{kg}$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu iki rasyon arasında, süt verimine etki bakımından gözlenen farkın istatistik olarak önemli olup olmadığını belirlemek amacı ile yapılan t-testinin gücünü hesaplayınız.

H_0: A ve B rasyonları arasında süt verimine etki bakımından gözlenen fark istatistik olarak önemli değildir. ($H_0 : \mu_A = \mu_B \quad (\mu_A - \mu_B = 0)$)

H_1: A ve B rasyonları arasında süt verimine etki bakımından gözlenen fark istatistik olarak önemlidir. ($H_1 : \mu_A \neq \mu_B \quad (\mu_A - \mu_B \neq 0)$)

$$S_T^2 = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B - 2} = \frac{(7-1)5.6^2 + (7-1)3.0^2}{7+7-2} = 20.18$$

$$t = \frac{\bar{A} - \bar{B}}{\sqrt{S_T^2 \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}} = \frac{26.5 - 20.2}{\sqrt{20.18 \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{7}\right)}} = \frac{6.3}{2.4012} = 2.624$$

I. tip hata olasılığı α=0.05 olarak kararlaştırıldığında $(n_A-1)+(n_B-1)=(7-1)+(7-1)=12$ serbestlik dereceli t dağılımında, çift taraflı hipotez kontrolü için $\alpha/2$=0.025'lik alanın başladığı kritik tablo değeri 2.179 olarak bulunur. Yapılan t-testi sonucunda hesaplanan t değeri 2.624 olup, bu değer kritik t-tablo değerinden daha büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilir.

Testin gücünün hesaplanmasında öncelikli olarak gerçekte H_0 hipotezinin geçersiz olması durumunda, geçerli olan dağılımın merkezi olmayan parametresi Eşitlik (3) yardımı ile hesaplanır.

$$\delta = \frac{\left|\mu_{\bar{A}} - \mu_{\bar{B}}\right|}{S_T} \sqrt{\frac{n}{2}} \qquad (3)$$

$$\delta = \frac{|26.5 - 20.2|}{4.4922}\sqrt{\frac{7}{2}} = 2.624$$

Daha sonra merkezi olmayan parametresi δ olan aynı serbestlik dereceli t dağılımı kullanılarak Eşitlik (4) yardımı ile testin gücü hesaplanır.

$$\text{Testin Gücü} = (1 - \beta) = P(t < -t_{\alpha/2}) + P(t > t_{\alpha/2}) \qquad (4)$$

$$\begin{aligned}\text{Testin Gücü} &= P(t < -2.179) + P(t > 2.179)\\ &= 0.0000055 + 0.6737400\\ &= \mathbf{0.6737455}\end{aligned}$$

Yukarıdaki misal için testin gücü Minitab(15.1) paket programı ile doğrudan hesaplandığı zaman aşağıdaki çıktı elde edilir.

Power and Sample Size

```
2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0,05  Assumed standard deviation = 4,4922


            Sample
Difference    Size     Power
       6,3       7  0,673711
```

Misal 2: Erkek ve kız bebeklerin 6. ayın sonundaki ağırlık ortalamaları arasında bir fark olup olmadığını anlamak amacıyla yürütülen bir denemede, aynı günde doğmuş ve aynı doğum ağırlığındaki bebeklerden tesadüfen seçilen 10 adet erkek ve 10 adet kız bebeğin 6. ay sonundaki ağırlık ortalamaları ve standart sapmaları sırasıyla $\bar{E} = 8.4\,\text{kg}$, $S_E = 0.62\,\text{kg}$ ve $\bar{K} = 7.5\,\text{kg}$, $S_K = 0.56\,\text{kg}$ olarak hesaplanmıştır. Erkek ve kız bebeklerin 6. ay sonundaki ağırlıkları bakımından gözlenen farkın istatistik olarak önemli olup olmadığını kontrol ediniz ve testin gücünü hesaplayınız.

H_0: Erkek ve kız bebeklerin 6. ay sonundaki ağırlıkları bakımından gözlenen fark istatistik olarak önemli değildir. ($H_0 : \mu_E = \mu_K \quad (\mu_E - \mu_K = 0)$)

H_1: Erkek ve kız bebeklerin 6. ay sonundaki ağırlıkları bakımından gözlenen fark istatistik olarak önemlidir. ($H_1 : \mu_E \neq \mu_K \quad (\mu_E - \mu_K \neq 0)$)

$$S_T^2 = \frac{(n_E - 1)S_E^2 + (n_K - 1)S_K^2}{n_E + n_K - 2} = \frac{(10-1)0.62^2 + (10-1)0.56^2}{10+10-2} = 0.349$$

$$t = \frac{\bar{E} - \bar{K}}{\sqrt{S_T^2 \left(\frac{1}{n_E} + \frac{1}{n_K}\right)}} = \frac{8.4 - 7.5}{\sqrt{0.349 \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right)}} = \frac{0.9}{0.2642} = 3.407$$

I. tip hata olasılığı α=0.05 olarak kararlaştırıldığında $(n_E-1)+(n_K-1)=(10-1)+(10-1)=18$ serbestlik dereceli t dağılımında, çift taraflı hipotez kontrolü için $\alpha/2$=0.025'lik alanın başladığı kritik tablo değeri 2.101 olarak bulunur. Yapılan t-testi sonucunda hesaplanan t değeri 3.407 olup, bu değer kritik t-tablo değerinden daha büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilir. Daha sonra testin gücü aşağıdaki işlemler dizisi izlenerek hesaplanır.

Gerçekte H_0 hipotezinin geçersiz olması durumunda, geçerli olan dağılımın merkezi olmayan parametresi hesaplanır.

$$\delta = \frac{|\mu_{\bar{E}} - \mu_{\bar{K}}|}{S_T} \sqrt{\frac{n}{2}} = \frac{|8.4 - 7.5|}{0.5908} \sqrt{\frac{10}{2}} = 3.407$$

Daha sonra merkezi olmayan parametresi δ olan aynı serbestlik dereceli t dağılımı kullanılarak Eşitlik (4) yardımı ile testin gücü hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Testin Gücü} &= P(t < -2.101) + P(t > 2.101) \\ &= 0.0000001 + 0.8960550 \\ &= \mathbf{0.8960551} \end{aligned}$$

Bu misale ilişkin testin gücü Minitab(15.1) paket programı ile hesaplandığında aşağıdaki çıktı elde edilir.

Power and Sample Size

```
2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0,05  Assumed standard deviation = 0,5908


            Sample
Difference    Size     Power
       0,9      10  0,896126
```

Her iki örnek için de hem Minitab paket programı hem de (4) nolu eşitlik ile hesaplanan güç değerlerinin sonuçların aynı olduğu görülür. Misal 1'de hesaplanan güç Misal 2'den daha azdır. Bu duruma etki eden unsurlar ise daha önce de bahsedildiği gibi grup ortalamaları arasında fark, örnek genişliği ve varyanstır. Söz konusu misallere bakıldığında Misal 2'de örnek genişliği ve standart sapma cinsinden grup ortalamaları arasındaki fark yani etki büyüklüğünün daha fazla, buna karşın toplanmış varyansın daha düşük olduğu görülür. Bu nedenlerden dolayı da Misal 2 için hesaplanan güç daha yüksek olarak bulunmuştur.

Simülasyon çalışmalarında deneysel yaklaşım ile testin gücünün hesaplanmasında bu hesaplama yöntemi kullanılmaz. Bunun yerine daha farklı bir yaklaşımla gerçekleşen güç değeri hesaplanabilir. Misal olarak, ortalamaları μ_A ve μ_B, varyansları ise $\sigma_A^2 = \sigma_B^2 = \sigma^2$ olan ve üzerinde durulan özellik bakımından normal dağılım gösteren iki populasyon olduğu ve $\mu_B = \mu_A + 1\sigma$ olduğu varsayılsın. Dikkat edileceği üzere iki populasyon ortalaması arasında 1σ kadar bir fark bulunmaktadır. Bundan sonraki aşamada söz konusu populasyonlardan n_A=n_B=5 olan iki örnek alınır ve bu iki örnek ortalamasından yola çıkarak adı geçen iki populasyon ortalaması arasındaki farkın tesadüften ileri gelip gelmediği uygun istatistik yöntemle kontrol edilir. Bu işlem mesela 1000000 defa yapıldığında ilgili H_0 hipotezinin oransal olarak reddedilme miktarı gerçekleşen testin gücünü verir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

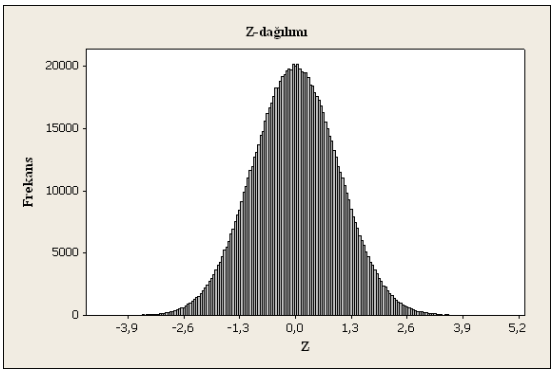
Bu tezin materyalini, Z dağılımı ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından, çeşitli örnek genişliklerine göre IMSL Library yardımıyla üretilen tesadüf sayıları oluşturmaktadır. Bu çalışmada gerekli olan hesaplamalar FORTRAN programlama dilinde yazılmış programlarla yürütülmüştür.

Tezde kullanılan dağılımlar, varyans oranları, grup ortalamaları arasındaki farklar (Δ) ve örnek genişlikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

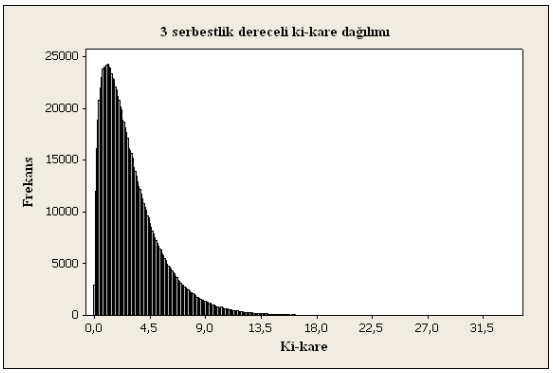
Çizelge 3.1 Tezde kullanılan dağılımlar, varyans oranları, grup ortalamaları arasındaki farklar ve örnek genişlikleri

Dağılımlar	**Varyans oranları (σ^2_A: σ^2_B)**	**Standart sapma cinsinden grup ortalamaları arasındaki farklar (Δ)**	**Örnek genişlikleri (n_A=n_B)**
Z:Z	1:1 1:10	0.5 1.0 1.5	2 5 15 30
$\chi^2(3)$: $\chi^2(3)$	1:1 1:10	0.5 1.0 1.5	2 5 15 30

Bu tez çalışmasında kullanılan dağılımların şekilleri, Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Z dağılımı



Şekil 3.2 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımı

3.2 Yöntem

Örneklerin Z dağılımından alındığı durumlarda gözlem değerleri olduğu gibi alınmış, örneklerin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durumlarda ise gözlem değerleri $Y_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$ ifadesine göre standardize edilmiş ve böylece ele alınan dağılımın şeklini değiştirmeden $\mu = 0$ ve $\sigma^2 = 1$ olması sağlanmıştır.

Grup varyanslarının heterojenliğini sağlamak için ikinci grupta bulunan ve gerektiğinde standardize edilmiş olan gözlem değerleri her defasında $\sqrt{10}$ sabiti ile çarpılmıştır.

Bu aşamadan sonra, denemenin başında aynı populasyondan alınan iki örneğin ortalaması arasındaki farkın irdelenmesine yönelik hipotez kontrolü yapılmış ve hipotez kontrolü sonucunda P değeri hesaplanmıştır.

Bundan sonraki aşamada adı geçen örneklerden önce ikincisine, sonra ortalaması büyük olan gruba, daha sonra ise ortalaması küçük olan gruba önceden kararlaştırılan, standart sapma cinsinden belirli sabit sayılar (muamele etkisi, Δ) eklendikten sonra tekrar iki ortalama arasındaki farkın irdelenmesine ilişkin hipotez kontrolü yapılmış, eğer ilgili H_0 hipotezi reddediliyor ise (α=0.05) bu durum yukarıda hesaplanmış P değerinin yanına kayıt edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen işlemler 1000000 defa yapılmıştır. Ardından denemenin başında hesaplanan P değerinin her bir durumunun kaç kez gerçekleştiği ve kaç defasında H_0 hipotezinin reddedildiği belirlenmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus her ne kadar simülasyon çalışması 1000000 defa yapılmış olsa da P değerinin her bir durumunun 1000000 defa gerçekleşmemiş olmasıdır. Testin gücünün hesaplanması da bu yaklaşıma uygun olarak yapılmış ve oransal olarak gerçekleşen testin gücü hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Yapılan 1000000 simülasyon denemesi sonucunda Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alınan çeşitli örnek genişlikleri ve varyans oranına göre elde edilen gerçekleşen I. tip hata olasılıkları, Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, grup varyansları homojen olduğunda gerçekleşen I. tip hata olasılıklarının örneklerin alınmış olduğu populasyonların gösterdiği dağılımların şeklinden fazla etkilenmeksizin, başlangıçta kararlaştırılan (α=0.05) değerini koruduğu görülmektedir.

Grup varyansları homojen olmadığında ise gerçekleşen I. tip hata olasılıkları, başlangıçta kararlaştırılan değerini korumayıp daha yüksek olarak bulunmuşlardır. Çizelge 4.1'de de görülebileceği gibi varyanslar homojen olmadığında gerçekleşen I. tip hata olasılığı 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımında, Z dağılımına nazaran biraz daha yüksek olarak bulunmuş ve örnek genişliği arttıkça bu olasılık giderek başlangıçta kararlaştırılan değere yaklaşmıştır.

Çizelge 4.1 Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alınan çeşitli örnek genişlikleri ve varyans oranlarında gerçekleşen I. tip hata olasılıkları

Dağılım	$n_A=n_B$ / $\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	**2**	**5**	**15**	**30**
Z:Z	**1:1**	0.05	0.05	0.05	0.05
	1:10	0.08	0.07	0.06	0.05
$\chi^2(3)$: $\chi^2(3)$	**1:1**	0.05	0.04	0.05	0.05
	1:10	0.10	0.10	0.07	0.06

4.1 Her Defasında İkinci Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum

4.1.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması sonucunda standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (muamele etkisi, Δ) her seferinde ikinci gruba eklenmesi durumunda, alınan örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasındaki fark (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına (P) göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında ve her defasında ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ) (0.5:1.0:1.5) eklendiğinde grup varyanslarının homojen ve $n_A=n_B=2$ olduğunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı arttıkça yani denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın mutlak değeri azaldıkça, gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmiştir. Denemenin başında mesela $P\leq0.01$ ve $\Delta=0.5$ olduğunda gerçekleşen gücün 0.95 olmasına karşılık başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın sıfıra yaklaşması ile mesela $P\leq1.00$ olduğunda, gerçekleşen güç 0.06 olmaktadır. Δ; 1.0 ve 1.5 olarak alındığında ise gerçekleşen güç 0.78-0.10 ile 0.71-0.15 arasında değişmektedir. Örnek genişliğinin 5 olarak alınması durumda, $\Delta=0.5$ ve $\Delta=1.0$ olduğunda, gerçekleşen testin gücünde örnek genişliğinin 2 olduğu duruma benzer şekilde bir azalma olmuş ve bu azalmanın miktarı da giderek düşmüştür. Ancak $\Delta=1.5$ olduğunda durumun değiştiği ve gerçekleşen testin gücünün çok küçük miktarlarda da olsa giderek arttığı gözlenmiştir.

Örnek genişliği 15 ve $\Delta=0.5$ olduğunda yine denemenin başında grup ortalamalarının sayısal değerleri birbirine yaklaştıkça gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmektedir. Denemenin başında söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değeri 0.01 ve daha küçük olduğunda, yani gerçekte her ne kadar bu iki örnek aynı populasyondan

alınmış olsa da I. tip hata olasılığı 0.01 olarak alındığında bu iki örnek ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu durumda, gerçekleşen testin gücü 0.53 iken bu değer başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki fark azaldıkça giderek azalmış ve sonunda 0.26'ya düşmüştür. Ancak bunun tersine, grup ortalamaları arasındaki fark $\Delta=1.0$ olduğunda, I. tip hata olasılığı (α) 0.01 ve daha küçük ise gerçekleşen testin gücü 0.50 olup grup ortalamalarının sayısal değerleri birbirine yaklaştıkça giderek artmış ve $P\leq1.00$ olduğunda 0.75'e ulaşmıştır. Grup ortalamaları arasındaki fark $\Delta=1.5$ olduğunda ise yine benzer şekilde $P\leq0.01$ ise gerçekleşen testin gücü 0.66 iken grup ortalamaları birbirine yaklaştıkça giderek artmış ve $P\leq1.00$ olduğunda 0.98'e ulaşmıştır.

Örnek genişliği 30 ve $\Delta=0.5$ olduğunda gerçekleşen testin gücünün, denemenin başında hesaplanan grup ortalamaları arasındaki farkın büyüklüğünden etkilenmeyip 0.50 olarak kaldığı ancak grup ortalamaları birbirine yaklaştıkça çok küçük bir azalma sonucunda 0.48'e düştüğü dikkati çekmektedir. $\Delta=1.0$ olduğunda bu durum değişmiş ve gerçekleşen testin gücü denemenin başında grup ortalamaları arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak yani denemenin başında yapılan hipotez kontrolü sonucunda hesaplanan P değerinin büyümesi ile giderek artmış ve 0.53'ten 0.97'ye yükselmiştir. İki grup ortalaması arasında $\Delta=1.5$ fark bulunması durumunda ise sadece denemenin başında I. tip hata olasılığı 0.01 olduğunda gerçekleşen testin gücü 0.99 olarak hesaplanmış ancak, söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değerinin 0.01'den büyük olması durumunda 1.00'e yükselmiştir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde, Z dağılımından alınan örneklerde her defasında ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ) eklendiğinde, grup varyanslarının homojen olmadığında, $\Delta=0.5$ iken, örnek genişliğinin 2 ve 5 olması durumunda farklı P değerleri için gerçekleşen güç değerlerinin nispeten birbirine yakın olduğu dikkat çekmektedir. $n_A=n_B=2$ olduğunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı (P) arttıkça yani denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın mutlak değeri azaldıkça, gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmiştir. Denemenin başında mesela $P\leq0.01$ ve $\Delta=0.5$ olduğunda gerçekleşen güç 0.99 olmasına karşılık başlangıçta iki grup ortalaması

arasındaki farkın azalmasıyla mesela P≤1.00 olduğunda gerçekleşen güç 0.08 olmaktadır. Δ; 1.0 ve 1.5 olarak alındığında ise gerçekleşen güç 0.96-0.09 ile 0.90-0.10 arasında değişmektedir. Örnek genişliği 5 olduğunda yine $n_A=n_B=2$ olduğu duruma benzer şekilde gerçekleşen testin gücünde bir azalma gözlenmiştir. $n_A=n_B=5$ iken gerçekleşen testin gücü Δ=0.5, 1.0 ve 1.5 olduğunda sırasıyla 0.99-0.08, 0.81-0.11 ve 0.63-0.17 aralığında değişmekte olup gerçekleşen güçte gözlenen bu azalmanın miktarı, Δ değerinin artması ile giderek düşmüştür.

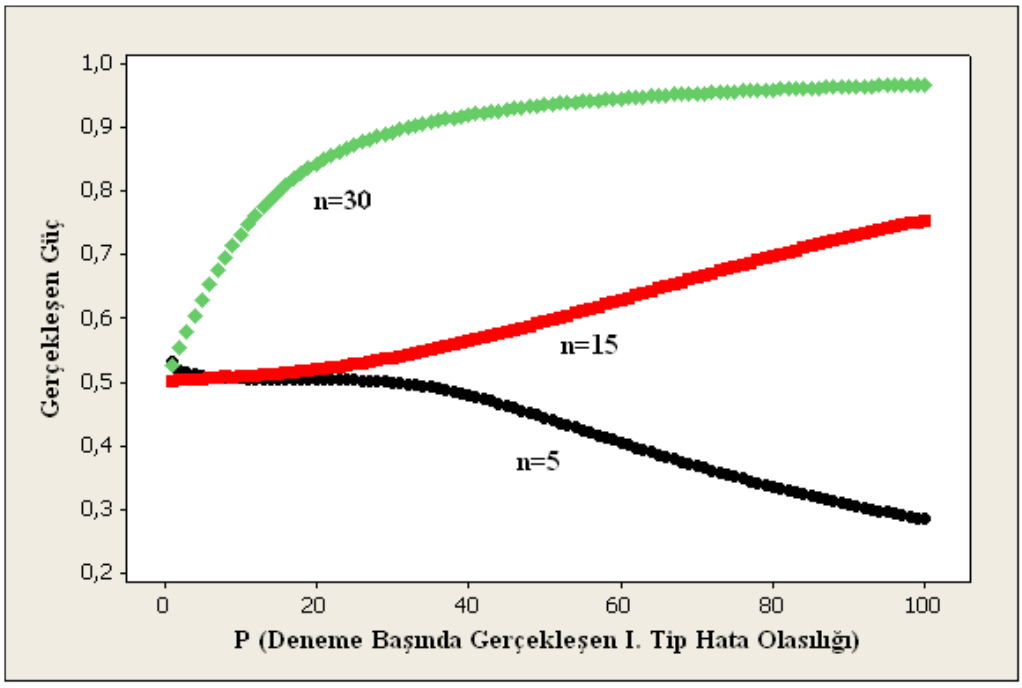
Örnek genişliği 15 olduğunda yine denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına yani P değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmiştir. Gerçekleşen testin gücü Δ=0.5 olduğunda 0.86-0.09, Δ=1.0 olduğunda 0.56-0.21 ve Δ=1.5 olduğunda 0.51-0.40 aralığında olup Δ değerinin artmasına bağlı olarak giderek daha dar bir aralıkta değişim göstermiştir.

Örnek genişliği 30 ve Δ=0.5 olduğunda gerçekleşen testin gücü, denemenin başında yani Δ eklenmeden önce P≤0.01 olduğunda 0.68 olup başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki fark azaldıkça giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda ise 0.13'e düşmüştür. Δ=1.0 olduğunda ise gerçekleşen testin gücünde muamele etkisi (Δ) uygulanmadan önce iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı P≤0.01 olduğunda 0.51 olup, P≤0.50 olduğu duruma kadar gerçekleşen güç 0.50 olarak hesaplanmıştır. Ancak başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değerinin 0.50'nin üzerinde olduğu durumlarda gerçekleşen güç giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.37'ye düşmüştür. Δ=1.5 olduğu durumda ise yukarıda bahsedilen durumların tersine gerçekleşen güç, başlangıçta P≤0.20 olduğu duruma kadar 0.50 olarak kalsa da P değerinin büyümesi yani başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak giderek artmış ve P≤1.00 olduğunda ise 0.68'e kadar yükselmiştir.

Çizelge 4.2 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

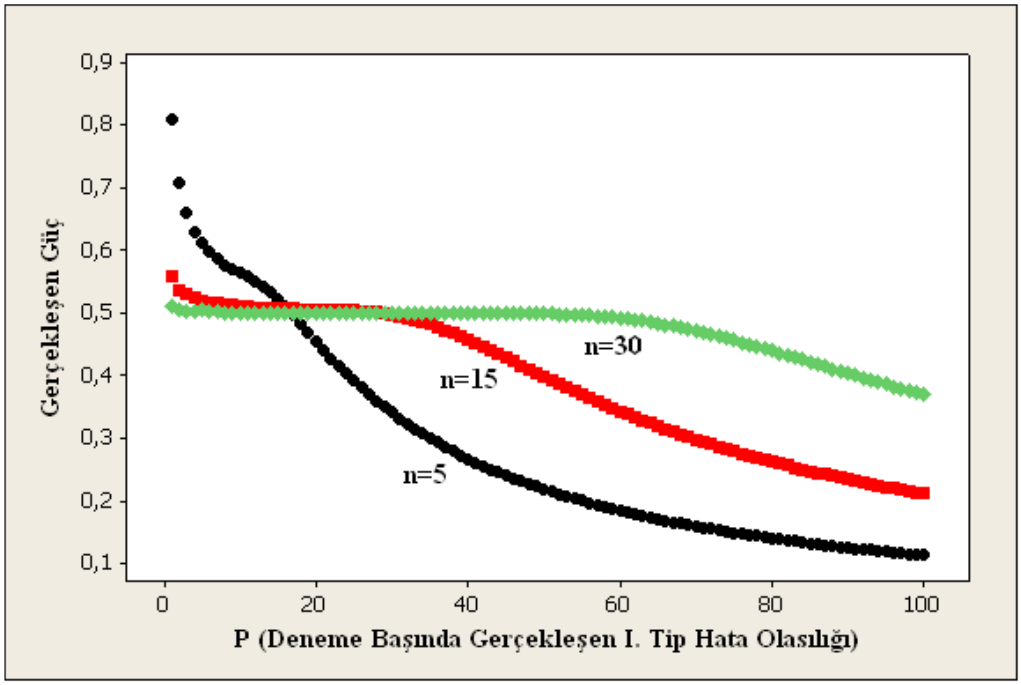
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	0.95	0.70	0.53	0.29	0.20	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
		1.0	0.78	0.60	0.55	0.38	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.10
		1.5	0.71	0.61	0.58	0.48	0.38	0.31	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	1:10	0.5	0.99	0.83	0.54	0.31	0.23	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
		1.0	0.96	0.73	0.56	0.34	0.25	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
		1.5	0.90	0.66	0.56	0.37	0.28	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
5	1:1	0.5	0.74	0.57	0.53	0.46	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11
		1.0	0.53	0.51	0.51	0.50	0.50	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.31	0.29
		1.5	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55
	1:10	0.5	0.99	0.74	0.60	0.35	0.25	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
		1.0	0.81	0.61	0.56	0.45	0.34	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11
		1.5	0.63	0.55	0.53	0.50	0.44	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17
15	1:1	0.5	0.53	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.46	0.42	0.37	0.32	0.29	0.26
		1.0	0.50	0.51	0.51	0.52	0.54	0.56	0.60	0.63	0.66	0.70	0.73	0.75
		1.5	0.66	0.76	0.83	0.89	0.93	0.94	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
	1:10	0.5	0.86	0.61	0.56	0.44	0.30	0.23	0.19	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09
		1.0	0.56	0.52	0.51	0.51	0.50	0.46	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21
		1.5	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.47	0.45	0.42	0.40
30	1:1	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.48
		1.0	0.53	0.63	0.73	0.84	0.89	0.92	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97
		1.5	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	0.68	0.55	0.53	0.51	0.42	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16	0.15	0.13
		1.0	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.47	0.44	0.40	0.37
		1.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.56	0.59	0.62	0.65	0.68

Çizelge 4.2'de verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler Z dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.1-4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.2'de gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.1 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.1'de görülebileceği üzere her ne kadar denemenin başında her üç örnek genişliğinde de gerçekleşen testin gücü 0.50 civarında bulunmuşsa da P değerinin artmasına bağlı olarak başlangıçta gözlenen benzerlik ortadan kalkmıştır. Başlangıçta grup ortalamaları arasındaki farkın azalmasına yani P değerinin artmasına bağlı olarak n=5 iken gerçekleşen güç giderek azalmış ve P=1.00 olduğunda 0.30'a kadar düşmüştür. n=15 olduğunda ise gerçekleşen güç yaklaşık P değerinin 0.25 olduğu duruma kadar n=5 olduğu duruma benzer değer alırken daha sonra P değerinin artması ile giderek artmış ve P=1.00 olduğunda 0.75'e yükselmiştir. Örnek genişliğinin 30 olduğunda ise gerçekleşen güç P değerinin artmasına bağlı olarak giderek artmış ve P=1.00 olduğunda yaklaşık 1.00'e ulaşmıştır.



Şekil 4.2 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.2 incelendiğinde denemenin başında grup ortalamaları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu durumlarda gerçekleşen güç değerlerine bakıldığında örnek genişliklerinin n=5 olduğu durumda en yüksek n=30 olduğu durumda ise en düşük değeri aldığı görülür. Ancak P değeri 0.20'ye yaklaştığında her üç örnek genişliğinde de gerçekleşen güç değerleri benzer sonuçlar verirken P değeri arttıkça gerçekleşen güç değerleri varyansların homojen olduğu duruma benzer şekilde örnek genişliğinin artmasına bağlı olarak artmıştır.

4.1.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması sonucunda standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (muamele etkisi, Δ) her seferinde ikinci gruba eklenmesi durumunda, örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasında fark yani muamele etkisi (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değerine göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.3'te topluca verilmiştir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, her defasında ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ) (0.5:1.0:1.5) eklendiğinde, grup varyanslarının homojen ve $n_A=n_B=2$ olduğunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı arttıkça yani denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın mutlak değeri azaldıkça, gerçekleşen testin gücü giderek azalmış ve denemenin başında mesela $P\leq0.01$ ve $\Delta=0.5$ olduğunda 0.92 olmasına karşılık başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasıyla mesela $P\leq1.00$ olduğunda gerçekleşen güç 0.07 olmuştur. Δ; 1.0 ve 1.5 olarak alındığında ise gerçekleşen güç sırasıyla 0.78-0.12 ile 0.76-0.20 arasında değişmektedir. Örnek genişliği 5 olarak alındığında, $\Delta=0.5$ ve $\Delta=1.0$ olduğunda, gerçekleşen testin gücünde $n_A=n_B=2$ olduğu duruma benzer olarak hem başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına yani P değerinin artmasına bağlı olarak bir azalma gözlenmiş, hem de gerçekleşen testin gücünün gözlendiği aralık Δ değerinin artması ile giderek daralmış ve sırasıyla $\Delta=0.5$ iken 0.69-0.12 ve $\Delta=1.00$ iken 0.53-0.35 şeklinde elde edilmiştir. Buna karşın $\Delta=1.5$ olduğunda durum değişmiş ve gerçekleşen testin gücünün çok küçük miktarlarda da olsa giderek arttığı ve $P\leq0.01$ olduğunda 0.60 iken $P\leq1.00$ olduğunda 0.62'ye yükseldiği gözlenmiştir.

Örnek genişliği 15 ve $\Delta=0.5$ olduğunda yine denemenin başında grup ortalamalarının sayısal değerleri birbirine yaklaştıkça gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı ve 0.52-0.29 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Ancak bu durumun tersine, grup ortalamaları arasındaki fark $\Delta=1.0$ olduğunda, I. tip hata olasılığı (α) 0.01 ve daha küçük ($P\leq0.01$) ise gerçekleşen testin gücü 0.51 iken grup ortalamalarının sayısal

değerleri birbirine yaklaştıkça giderek artmış ve P≤1.00 olduğunda 0.76 değerine ulaşmıştır. Grup ortalamaları arasındaki fark Δ=1.5 olduğunda ise yine benzer şekilde P≤0.01 iken gerçekleşen testin gücü 0.74 olup grup ortalamaları birbirine yaklaştıkça giderek artmış ve P≤1.00 olduğunda 0.96'ya ulaşmıştır.

Örnek genişliği 30 ve Δ=0.5 olduğunda gerçekleşen testin gücünün, sadece başlangıçta α olasılığının 0.01 ve daha küçük olması durumunda 0.51 olup diğer tüm durumlarda denemenin başında grup ortalamaları arasında gözlenen farkın büyük ya da küçük oluşundan etkilenmeksizin 0.50 olarak kaldığı gözlenmiştir. İki grup ortalaması arasındaki fark Δ=1.0 olduğunda bu durum değişmiş ve gerçekleşen testin gücü denemenin başında grup ortalamalarının birbirine yaklaşması yani denemenin başında yapılan hipotez kontrolü sonucunda hesaplanan P değerinin büyümesine bağlı olarak giderek artmış ve 0.59'dan 0.96'ya yükselmiştir. İki grup ortalaması arasındaki fark Δ=1.5 olduğunda ise, sadece denemenin başında I. tip hata olasılığı 0.01 ve 0.05 iken gerçekleşen testin gücü sırasıyla 0.98 ve 0.99 olarak hesaplanmış, ancak başlangıçta söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değerinin 0.05'in üzerinde olduğu durumlarda 1.00 değerini almıştır.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alınan örneklerde her defasında ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ;0.5:1.0:1.5) eklendiğinde, grup varyansları homojen olmadığında ve örnek genişliği 2 olduğunda, her üç Δ değeri (0.5:1.0:1.5) için de, denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı P≤1.00 olduğunda, gerçekleşen testin gücünün 0.08 olarak kaldığı gözlenmiştir. Δ; 0.5, 1.0 ve 1.5 olarak alındığında gerçekleşen güç değerleri sırasıyla 0.99-0.08, 0.91-0.08 ve 0.73-0.08 aralıklarında değişmektedir. Örnek genişliği 5 ve Δ=0.5 olduğunda gerçekleşen testin gücü 0.94-0.07 aralığında değişmekte iken bu aralık Δ değerinin artması ile birden azalmış ve Δ=1.0 olduğunda 0.47-0.07 ve Δ=1.5 olduğunda ise 0.19-0.10 olarak gözlenmiştir. Gerçekleşen testin gücündeki düşüş miktarı, grup varyansların homojen olduğu durumdakine benzer şekilde, örnek genişliğinin ve Δ'nın artması ile giderek azalmıştır.

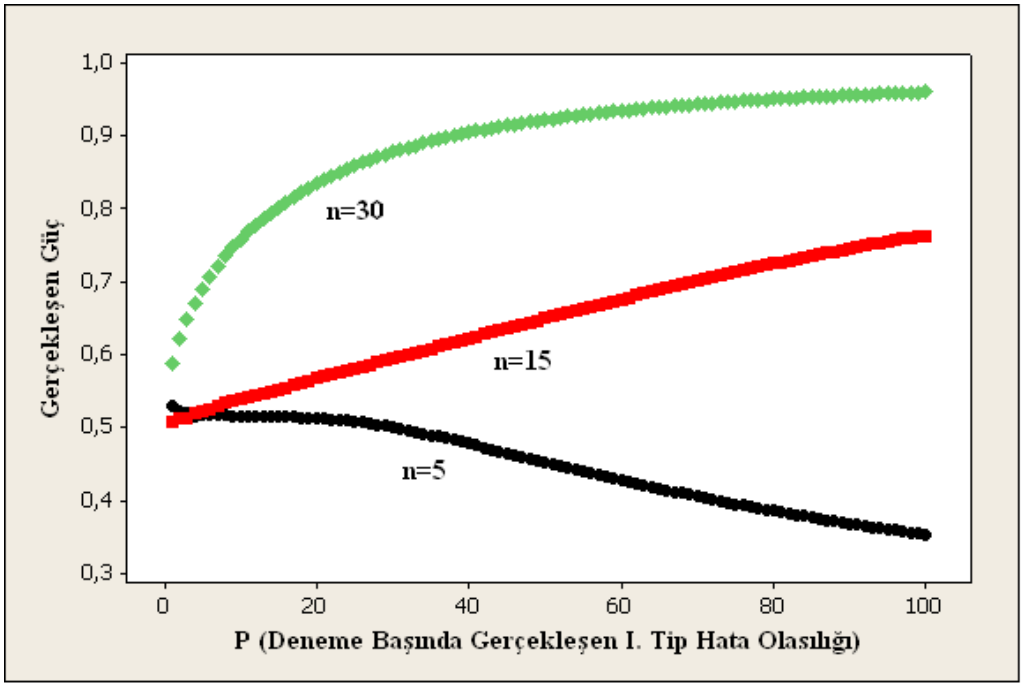
Örnek genişliği 15 ve Δ=0.5 olduğunda yine denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına yani P değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücü giderek azalmıştır. Ancak Δ değerinin 1.0 ve 1.5 olduğu durumlarda gerçekleşen testin gücünün, denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değeri arttıkça önceleri giderek arttığı ama P değerinin 1.00'e yaklaşması ile tekrar düşmeye başladığı dikkat çekmektedir. Mesela, Δ=1.0 ve P≤0.01 olduğunda gerçekleşen testin gücü 0.15 iken, P değerinin artması ile giderek artmış ve P≤0.30 olduğunda 0.34'e ulaşmıştır. Ancak P değerinin 0.30'un üzerinde olduğu durumlarda gerçekleşen testin gücü azalmaya başlamış ve P≤1.00 olduğunda ise tekrar 0.15'e düşmüştür. Δ=1.5 olduğunda yine benzer şekilde gerçekleşen güç, P≤0.01 olduğunda 0.06 olarak bulunmuşken, P≤0.70 olduğunda 0.41'e yükselmiş ve sonra yine azalarak P≤1.00 olduğunda 0.37'ye düşmüştür.

Örnek genişliği 30 ve Δ=0.5 olduğunda gerçekleşen testin gücü, denemenin başında yani Δ eklenmeden önce P≤0.01 olduğunda 0.37 olarak bulunmuş olup, önceleri P değerinin artması ile az bir miktar azalmış, ancak P≤0.20 olduğunda tekrar 0.37'ye yükselmiştir. Sonrasında ise yine P değerinin artması ile giderek düşmeye başlamış ve P≤1.00 olduğunda 0.09 olarak bulunmuştur. Δ=1.0 olduğunda gerçekleşen testin gücü, muamele etkisi (Δ) uygulanmadan önce, iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı P≤0.01 olduğunda 0.10 olup, P≤0.50 olduğu duruma kadar giderek yükselmiş ve 0.44'e ulaşmıştır. Ancak gerçekleşen güç, P değerinin 0.50'nin üzerine çıkması ile düşmeye başlamış ve P≤1.00 olduğunda 0.34 olarak elde edilmiştir. Δ=1.5 olduğunda ise gerçekleşen güç, P değerinin büyümesi yani denemenin başında (Δ eklenmeden önce), aynı populasyondan tesadüfen alınan iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak giderek artmış olup 0.09-0.73 aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.3 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ikinci gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

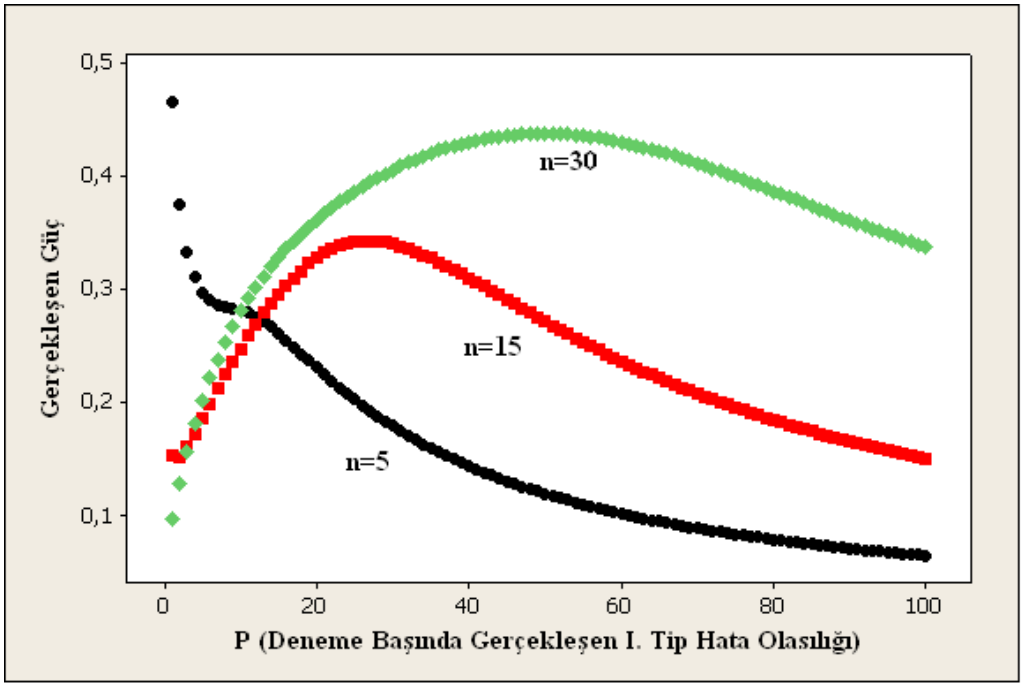
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	0.92	0.69	0.55	0.34	0.23	0.17	0.13	0.11	0.10	0.08	0.08	0.07
		1.0	0.78	0.63	0.58	0.45	0.34	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
		1.5	0.76	0.67	0.63	0.55	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.21	0.20
	1:10	0.5	0.99	0.71	0.46	0.28	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
		1.0	0.91	0.54	0.38	0.25	0.19	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
		1.5	0.73	0.42	0.34	0.23	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08
5	1:1	0.5	0.69	0.55	0.52	0.45	0.35	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12
		1.0	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35
		1.5	0.60	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
	1:10	0.5	0.94	0.55	0.42	0.27	0.20	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07
		1.0	0.47	0.30	0.28	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07
		1.5	0.19	0.17	0.20	0.23	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.10
15	1:1	0.5	0.52	0.51	0.50	0.50	0.50	0.48	0.46	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29
		1.0	0.51	0.52	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.68	0.70	0.73	0.75	0.76
		1.5	0.74	0.80	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.96
	1:10	0.5	0.60	0.38	0.36	0.27	0.19	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
		1.0	0.15	0.19	0.25	0.33	0.34	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15
		1.5	0.06	0.15	0.22	0.32	0.37	0.40	0.41	0.41	0.41	0.39	0.38	0.37
30	1:1	0.5	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		1.0	0.59	0.69	0.76	0.83	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
		1.5	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	0.37	0.31	0.34	0.37	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09
		1.0	0.10	0.20	0.28	0.36	0.41	0.43	0.44	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34
		1.5	0.09	0.21	0.30	0.41	0.48	0.54	0.58	0.62	0.66	0.68	0.71	0.73

Çizelge 4.3'de verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.3-4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.3'te gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.3 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.3'de görülebileceği gibi yine örneklerin Z dağılımından alındığı duruma benzer şekilde gerçekleşen güçler birbirine yakın değerler alıp 0.50-0.60 arasında değişmişlerdir. Daha sonra P değerinin artmasına bağlı olarak n=5 olduğunda gerçekleşen güç giderek düşmüş ve P=1.00 olduğunda yaklaşık 0.35 değerini almıştır. Örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda ise gerçekleşen güç değerleri P değerinin artması ile giderek artmış ve P=1.00 olduğunda sırasıyla 0.76 ve 0.96'ya yükselmiştir.



Şekil 4.4 Her defasında ikinci gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.4 incelendiğinde görülebileceği üzere gerçekleşen güç değerleri, örneklerin Z dağılımından alındığı duruma benzer şekilde yaklaşık olarak P=0.10'a kadar örnek genişliğinin büyümesi ile azalmıştır. Ancak P değerinin 0.10'un üstüne çıkması ile durum tersine dönmüştür. n=5 olduğu durumda gerçekleşen güç değeri giderek düşüp P=1.00 olduğunda 0'a yaklaşmıştır. Örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda ise her ne kadar P değerinin artması ile gerçekleşen güç değeri artsa da belirli bir süre sonra gerçekleşen testin gücünde düşme gözlenmiştir. P=1.00 olduğunda n=15 iken gerçekleşen güç 0.20'nin altına düşerken, n=30 olduğunda 0.34 olarak bulunmuştur.

4.2 Her Defasında Ortalaması Büyük Olan Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum

4.2.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması sonucunda standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (Δ) her seferinde ortalaması büyük olan gruba eklenmesi durumunda, alınan örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasında fark (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına (P) göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, her defasında ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ;0.5:1.0:1.5) eklendiğinde, hem grup varyanslarının homojen hem de heterojen olduğu durumlarda, bütün n*Δ kombinasyonlarında, başlangıçta söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı P≤0.01 ve P≤0.05 olduğunda yani her ne kadar ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce söz konusu iki örnek de aynı populasyondan alınmış olsa da, I. tip hata olasılığı 0.01 ve 0.05 olarak alındığında yapılan hipotez kontrolü sonucunda, bu iki örneğin ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu kararına varıldığı durumlarda, gerçekleşen testin gücü 1.00 olarak bulunmuştur. Ayrıca Çizelge 4.4'ün geneline bakıldığında, P değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, grup varyansları homojen olduğunda, gruplardaki gözlem adetleri 2, Δ; 0.5 ve 1.0 olarak alındığında, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı arttıkça yani denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın mutlak değeri azaldıkça, gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı ve Δ=0.5 için P≤0.01 ve P≤0.05 iken 1.00 olup, P≤1.00 olduğunda 0.10'a düştüğü, Δ=1.0 olduğunda ise yine P≤0.01 ve P≤0.05 iken 1.00 olup, P≤1.00 olduğunda 0.17'ye düştüğü gözlenmiştir. Δ=1.5 olarak alındığında ise gerçekleşen güç P≤0.10'a kadar 1.00 olarak bulunurken daha sonra

giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.25 olmuştur. $n_A=n_B=5$ olduğunda, Δ=0.5 iken gerçekleşen testin gücü P≤0.10'a kadar 1.00 değerini almış ve P değerinin artması ile giderek azalmış olup P≤1.00 olduğunda 0.21 olarak bulunmuştur. Δ=1.0 iken gerçekleşen güç, denemenin başında söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının P≤0.20 olduğu duruma kadar 1.00 olarak bulunmuş ancak P değerinin artmasına bağlı olarak giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.55 değerini almıştır. İki grup ortalaması arasındaki fark Δ=1.5 olduğunda ise gerçekleşen güç P≤0.50'ye kadar 1.00 olarak kalmış ve sonrasında giderek azalarak P≤1.00 olduğunda 0.88'e düşmüştür.

Örnek genişliği 15 ve Δ=0.5 olduğunda, denemenin başında söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının P≤0.30 olduğu duruma kadar gerçekleşen testin gücü 1.00 olarak kalmış ve giderek azalarak P≤1.00 olduğunda 0.52'ye düşmüştür. Δ değerinin 1.0 ve 1.5 olarak belirlendiği durumlarda ise gerçekleşen testin gücü, her ne kadar her iki örnek de aynı populasyondan alınmış olsalar da, deneme başında (ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce) yapılan hipotez kontrolü sonucunda elde edilen iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının (P) büyüklüğünden yani başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın sayısal değerinin büyüklüğünden etkilenmeksizin 1.00 olarak bulunmuştur. Bu durumda eğer her seferinde ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden Δ=1.0 veya Δ=1.5 muamele etkisi uygulanır ise, deneme sonunda testin gücü 1.00 olarak bulunacak ve belki de söz konusu iki grup ortalaması arasında gerçekte bir fark olmasa bile yapılan hipotez kontrolü sonucunda her seferinde H_0 hipotezi reddedilecektir.

Örnek genişliği 30 olduğunda gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 iken P≤0.70'e kadar 1.00 olarak kalmış ve P değerinin artması yani ortalaması büyük olan gruba Δ=0.5 eklenmeden önce iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak, her ne kadar çok küçük miktarlarda da olsa, giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.92'ye düşmüştür. Δ;1.0 ve 1.5 olduğunda ise yine $n_A=n_B=15$ olduğu duruma benzer şekilde her seferinde 1.00 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, örneklerin Z dağılımından alındığı, her defasında ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ) eklendiği ve grup varyanslarının heterojen olduğu durumlarda $n_A=n_B=2$ iken gerçekleşen testin gücü, Δ'nın 0.5, 1.0 ve 1.5 olarak belirlendiği durumların tamamında, I. tip hata olasılığının (α) 0.05 olduğu duruma kadar 1.00 olarak kalmış ancak P değerinin artmasına yani başlangıçta iki ortalama arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak giderek düşmüş ve P≤1.00 olduğunda ise belirlenen Δ değerlerine göre sırasıyla 0.10, 0.14 ve 0.17 olarak bulunmuştur. Örnek genişliği 5 ve Δ=0.5 olduğunda ise gerçekleşen güçteki düşme yine P değerinin 0.05'in üzerine çıkması ile başlamış ve gerçekleşen güç P≤1.00 olduğunda 0.12 olarak bulunmuştur. Δ=1.0 ve 1.5 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen testin gücündeki düşüş P≤0.20 olduğu durumdan itibaren başlamış ve P≤1.00 olduğunda gerçekleşen güç değerleri sırasıyla Δ=1.0 iken 0.21 ve Δ=1.5 iken 0.33 olarak gerçekleşmiştir.

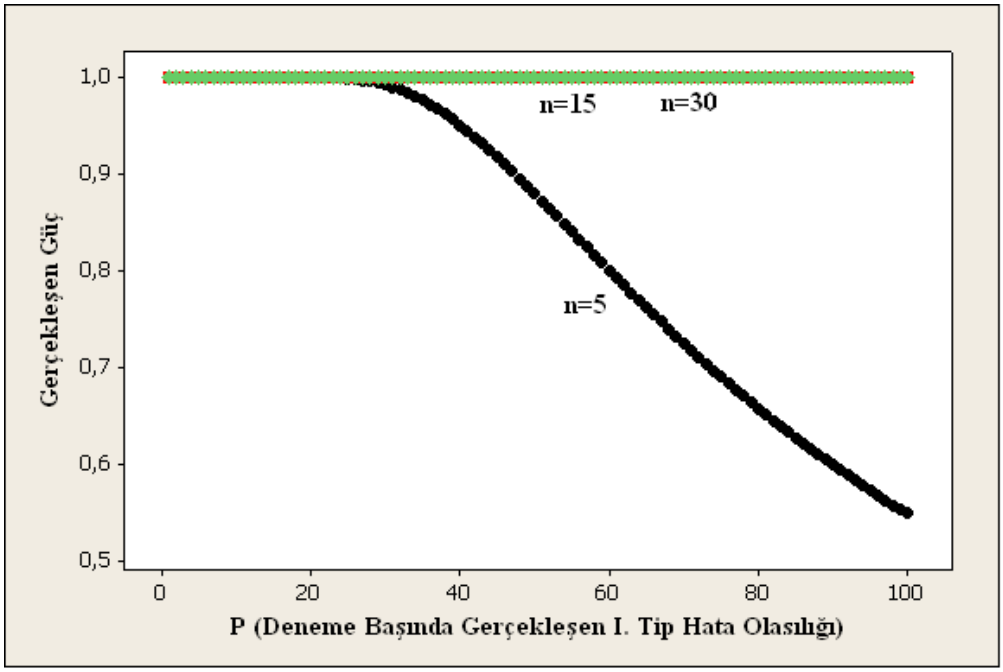
Örnek genişliği 15 olduğunda gerçekleşen testin gücü yine yukarıdakine benzer şekilde, Δ=0.5 olduğunda P≤0.10'a kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.18, Δ=1.0 olduğunda P≤0.20'ye kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.42 ve Δ=1.5 olduğunda ise P≤0.40'a kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.77 olarak bulunmuştur. Kolayca görülebileceği üzere Δ değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücünde gözlenen düşüşün sayısal değeri de giderek azalmıştır.

Örnek genişliği 30 olduğunda ise gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 iken P≤0.20'ye kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.26 ve Δ=1.0 olduğunda ise P≤0.50'ye kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.74 olarak bulunmuştur. Δ=1.5 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen güç, denemenin başında yani ortalaması büyük olan gruba Δ=1.5 eklenmeden önce, söz konusu iki grup ortalamasının sayısal değerlerinin birbirine yakın veya uzak oluşundan etkilenmeksizin her seferinde 1.00 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.4 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

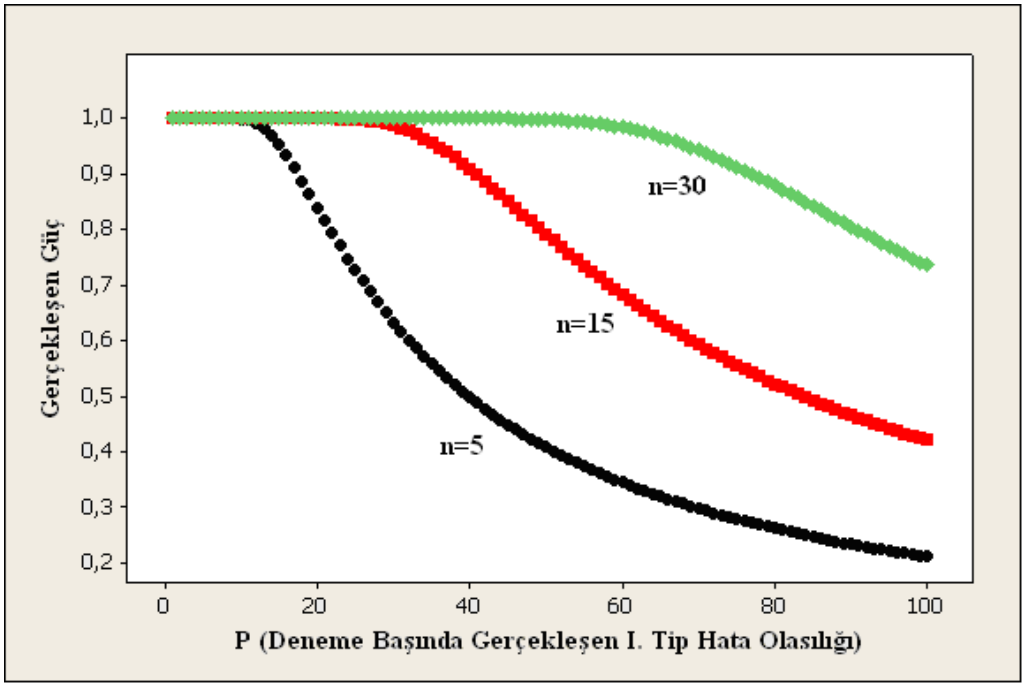
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	1.00	1.00	0.84	0.47	0.32	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
		1.0	1.00	1.00	0.98	0.69	0.50	0.39	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17
		1.5	1.00	1.00	1.00	0.86	0.67	0.55	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25
	1:10	0.5	1.00	1.00	0.70	0.41	0.29	0.23	0.19	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
		1.0	1.00	1.00	0.84	0.52	0.38	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
		1.5	1.00	1.00	0.93	0.63	0.47	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17
5	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	0.88	0.66	0.51	0.41	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.88	0.80	0.73	0.66	0.60	0.55
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.94	0.91	0.88
	1:10	0.5	1.00	1.00	0.92	0.55	0.39	0.30	0.24	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12
		1.0	1.00	1.00	1.00	0.84	0.63	0.50	0.41	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21
		1.5	1.00	1.00	1.00	0.97	0.85	0.72	0.61	0.52	0.46	0.41	0.36	0.33
15	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.93	0.83	0.73	0.65	0.58	0.52
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	1.00	1.00	1.00	0.81	0.57	0.43	0.35	0.29	0.25	0.22	0.19	0.18
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.91	0.79	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.94	0.89	0.83	0.77
30	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	0.63	0.51	0.43	0.37	0.32	0.29	0.26
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.74
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Çizelge 4.4'te verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler Z dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.3-4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.4'te gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.5 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.5 incelendiğinde P değerinin yaklaşık 0.35 olduğu duruma kadar her üç örnek genişliği için de gerçekleşen güç değerlerine ilişkin eğriler üst üste çakışmış ve 1.00 olarak bulunmuştur. Ancak daha sonra P değerinin artması ile beraber sadece n=5 olduğu durumda gerçekleşen gücün giderek azalıp P=1.00 iken 0.55'e kadar düşmüştür. Örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda ise 1.00 değerini korumuştur.



Şekil 4.6 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.6 incelendiğinde P değerinin yaklaşık 0.15 olduğu duruma kadar her üç örnek genişliğinde de güç eğrilerinin üst üste çakışıp 1.00 değerini aldığı görülür. Ancak P değerinin artmasıyla beraber öncelikle n=5 için, daha sonra n=15 ve en son olarak da n=30 için gerçekleşen güç değerleri azalmaya başlamış ve P=1.00 olduğunda n=5, n=15 ve n=30 için sırasıyla 0.21, 0.42 ve 0.74 değerlerini almıştır.

4.2.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması ile elde edilen sonuçlar standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (Δ) her seferinde ortalaması büyük olan gruba eklenmesi durumunda, alınan örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasında fark (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıkları yani P değerlerine göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, her defasında ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ;0.5:1.0:1.5) eklendiğinde, hem grup varyanslarının homojen hem de heterojen olduğu durumlarda, bütün n*Δ kombinasyonlarında, başlangıçta söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı P≤0.01 ve P≤0.05 iken yani her ne kadar ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce söz konusu iki örnek de aynı populasyondan alınmış olsa da, I. tip hata olasılığı 0.01 ve 0.05 olarak alındığında yapılan hipotez kontrolü sonucunda, bu iki örneğin ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu kararına varıldığı durumlarda, gerçekleşen testin gücü 1.00 olarak bulunmuştur. Ayrıca Çizelge 4.5'in geneline bakıldığı zaman, P değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, grup varyansları homojen olduğunda, örnek genişliği 2, Δ=0.5 ve 1.0 olarak alındığında, denemenin başında yani ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı arttıkça yani denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın mutlak değeri azaldıkça, gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı ve Δ=0.5 için P≤0.01 ve P≤0.05 iken 1.00 olup, P≤1.00 olduğunda 0.12'ye düştüğü, Δ=1.0 olduğunda ise yine P≤0.01 ve P≤0.05 iken 1.00 olup, P≤1.00 olduğunda 0.21'e düştüğü gözlenmiştir. Δ=1.5 olarak alındığında ise gerçekleşen güç P≤0.10'a kadar 1.00 değerini alırken daha sonra giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.31 olarak bulunmuştur. Örnek genişliği 5 olduğunda ise, Δ=0.5, 1.0 ve 1.5 iken gerçekleşen güç ortalaması büyük olan gruba eklenen Δ değerlerine göre sırasıyla P≤0.10, P≤0.20 ve P≤0.30'a kadar 1.00 olarak kalmış, sonrasında her üç durumda da giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda ise yine eklenen Δ değerlerine göre sırasıyla 0.24, 0.63 ve 0.88 olarak bulunmuştur.

Örnek genişliği 15 ve Δ=0.5 iken gerçekleşen testin gücü, denemenin başında söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının P≤0.20 olduğu duruma kadar 1.00 olarak kalmış ve sonrasında giderek azalarak P≤1.00 olduğunda 0.57'ye düşmüştür, Δ=1.0 olduğunda ise P≤0.90 olduğu duruma kadar 1.00 olarak kalıp P≤1.00 olduğunda çok küçük miktarda

da olsa düşerek 0.99 olmuştur. Δ=1.5 olarak belirlendiği durumda ise örnekler Z dağılımından alındığı duruma benzer şekilde gerçekleşen testin gücü, denemenin başında yani ortalaması büyük olan gruba Δ=1.5 eklenmeden önce, iki grup ortalaması arasındaki farkın sayısal değerinin büyüklüğünden etkilenmeksizin 1.00 olarak bulunmuştur. Bu nedenle, eğer denemede etkisi araştırılacak muamele her seferinde ortalaması büyük olan gruba uygulanırsa ve muamele etkisinin büyüklüğü de Δ=1.5 standart sapma ise bu durumda, denemenin sonunda iki grup ortalaması arasında fark olup olmadığını belirlemek için yapılan testin gücü, hep 1.00 olarak bulunacak ve belki de söz konusu iki grup ortalaması arasında gerçekte bir fark olmasa bile yapılan hipotez kontrolü sonucunda her seferinde H_0 hipotezi reddedilecektir.

Örnek genişliği 30 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 iken P≤0.60'a kadar 1.00 olarak kalıp P değerinin artması yani ortalaması büyük olan gruba Δ=0.5 eklenmeden önce söz konusu iki grup ortalamasının birbirine yaklaşmasına bağlı olarak her ne kadar çok küçük miktarlarda da olsa giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda 0.90'a düşmüştür. Δ;1.0 ve 1.5 olduğunda ise denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın az veya çok oluşundan etkilenmeksizin her seferinde 1.00 olarak kalmıştır.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, örneklerin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı, her defasında ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit değerler (Δ) eklendiği ve grup varyanslarının homojen olmadığı durumlarda, örnek genişliği 2 iken gerçekleşen testin gücü, standart sapma cinsinden her üç muamele etkisi (Δ;0.5:1.0:1.5) için de, P≤0.05 olduğu duruma kadar 1.00 olarak kalmış ancak denemenin başında (ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce) iki ortalama arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı yani P değerinin artmasına bağlı olarak giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda ise Δ;0.5:1.0:1.5 için sırasıyla 0.14, 0.18 ve 0.22 olarak bulunmuştur. $n_A=n_B=5$ ve Δ=0.5 olduğunda, gerçekleşen testin gücünde gözlenen düşme yine P≤0.10 olduğu durumdan itibaren başlamış olup, P≤1.00 olduğunda 0.17 olarak bulunmuştur. Δ=1.0 ve 1.5 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen testin gücündeki düşüş, denemenin başında muamele etkisi uygulanmadan önce söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar

arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının P≤0.20 olduğu durumdan itibaren başlamış ve P≤1.00 olduğunda gerçekleşen güç değerleri sırasıyla Δ=1.0 iken 0.26 ve Δ=1.5 iken 0.38 olarak bulunmuştur.

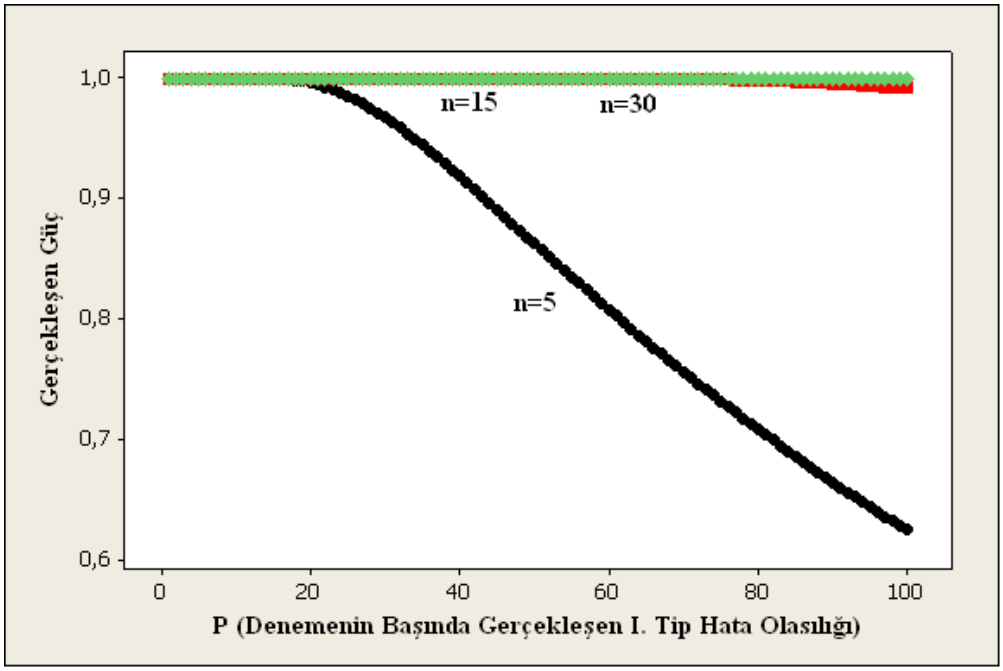
Örnek genişliği 15 olduğunda yine yukarıdakine benzer şekilde gerçekleşen testin gücü, P değerlerinin küçük olduğu durumlarda önceleri 1.00 olarak kalıp, P değerinin artmasına ile Δ=0.5 olduğunda P≤0.20, Δ=1.0 olduğunda P≤0.30 ve Δ=1.5 olduğunda ise P≤0.40'tan itibaren düşmeye başlamış ve P≤1.00 olduğunda belirlenen Δ değerlerine göre sırasıyla 0.20, 0.45, 0.78 olarak bulunmuştur.

Örnek genişliği 30 olduğunda ise gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 iken P≤0.10'a kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek P≤1.00'de 0.27, Δ=1.0 olduğunda P≤0.40'a kadar 1.00 olarak kalıp sonra giderek düşerek, P≤1.00'de 0.75 ve Δ=1.5 olduğunda ise P≤1.00'de 0.99'a düşmüş olsa da diğer durumların tamamında 1.00 olarak kalmıştır.

Çizelge 4.5 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması büyük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

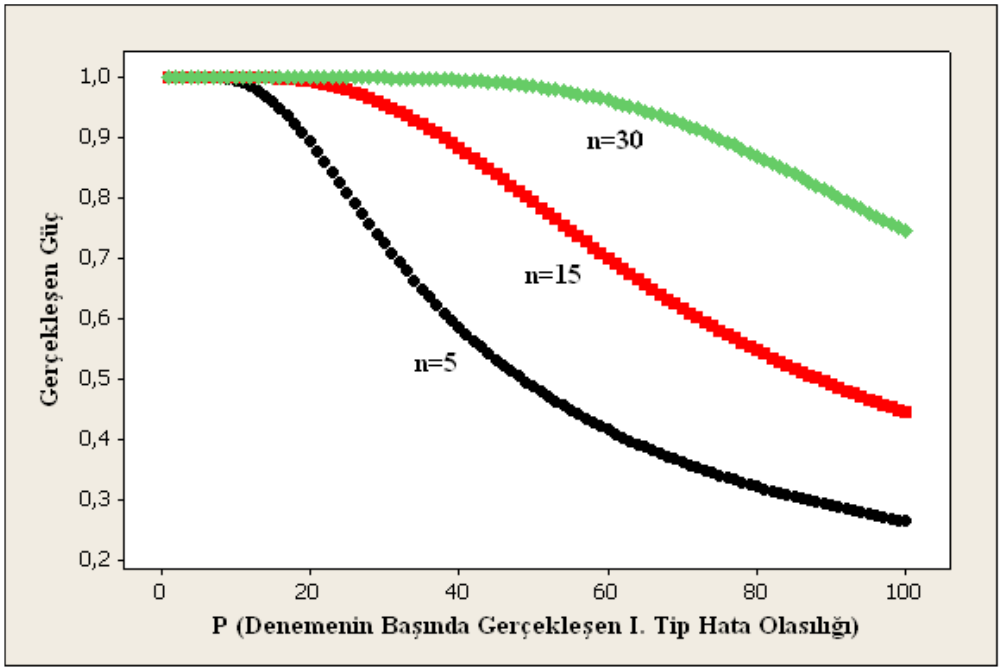
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	1.00	1.00	0.89	0.56	0.39	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
		1.0	1.00	1.00	0.99	0.78	0.59	0.46	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.21
		1.5	1.00	1.00	1.00	0.90	0.74	0.61	0.50	0.43	0.39	0.35	0.33	0.31
	1:10	0.5	1.00	1.00	0.75	0.46	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14
		1.0	1.00	1.00	0.90	0.59	0.46	0.37	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18
		1.5	1.00	1.00	0.97	0.71	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22
5	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	0.87	0.67	0.54	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.92	0.86	0.81	0.76	0.71	0.66	0.63
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.90	0.88
	1:10	0.5	1.00	1.00	0.96	0.66	0.49	0.38	0.31	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17
		1.0	1.00	1.00	1.00	0.89	0.73	0.59	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26
		1.5	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	0.77	0.67	0.58	0.52	0.46	0.42	0.38
15	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.91	0.84	0.76	0.69	0.63	0.57
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	1.00	1.00	1.00	0.85	0.62	0.48	0.39	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.88	0.79	0.70	0.62	0.55	0.49	0.45
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.87	0.83	0.78
30	1:1	0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.94	0.90
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	1.00	1.00	1.00	0.97	0.83	0.66	0.54	0.45	0.39	0.34	0.30	0.27
		1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87	0.81	0.75
		1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99

Çizelge 4.5'de verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.7-4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.5'te gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.7 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.7 incelendiğinde, n=15 ve n=30 olduğu durumlarda gerçekleşen güç eğrileri üst üste çakışıp 1.00 değerini almışlardır. n=5 olduğunda ise P değerinin yaklaşık 0.25 olduğu duruma kadar gerçekleşen güç 1.00 olarak bulunurken daha sonra P değerinin artması ile giderek azalıp P=1.00 iken 0.63'e kadar düştüğü gözlenmiştir.



Şekil 4.8 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.8'de görülebileceği üzere denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın yüksek yani P değerinin düşük olduğu durumlarda her üç örnek genişliği için de gerçekleşen güç değerleri 1.00 olarak bulunurken daha sonra P değerinin artmasıyla giderek azalmış ve P=1.00 olduğunda n=5, n=15 ve n=30 için sırasıyla 0.26, 0.45 ve 0.75 değerlerini almıştır.

4.3 Her Defasında Ortalaması Küçük Olan Gruba Standart Sapma Cinsinden Belirli Değerler (Δ) Eklenerek Grup Ortalamaları Arasında Farklılık Yaratıldığı Durum

4.3.1 Her iki örneğin Z dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması sonucunda standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (Δ) her seferinde ortalaması küçük olan gruba eklenmesi durumunda, alınan örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasında fark (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına (P) göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.6'da verildiği gibidir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde grup varyanslarının homojen olduğu durumda, örnek genişliği 2 olduğunda P değerinin yani denemenin başında ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının artması ile birlikte gerçekleşen testin gücü, belirlenen her üç Δ değeri için de giderek azalmış olup Δ=0.5 iken 0.89-0.02, Δ=1.0 iken 0.56-0.02 ve Δ=1.5 olduğunda ise 0.42-0.04 aralığında değişmiştir. $n_A=n_B=5$ olduğunda gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 iken P değerinin artması ile giderek azalmış, Δ=1.0 olduğunda yine küçük miktarlarda da olsa P değerinin artmasıyla azalmış ancak $P\leq0.80$ olduğu durumdan itibaren çok küçük de olsa bir artış gözlenmiş, Δ=1.5 olduğunda ise P değeri arttıkça artmış ve gerçekleşen güç değerleri yukarıda bahsedilen Δ değerlerine göre sırasıyla 0.51-0.01, 0.05-0.02 ve 0.05-0.22 aralığında bulunmuştur.

Örnek genişliği 15 olarak belirlendiğinde gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 olduğu durumda P değerinin artması yani ortalaması küçük olan gruba Δ=0.5 eklenmeden önce söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın azalması ile giderek azalmış ve 0.07-0.001 aralığında değişmiştir. Δ değerinin 1.0 ve 1.5 olması halinde ise gerçekleşen testin gücü, denemenin başında (ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce) söz konusu iki grubun ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının (P) artması ile giderek artmış ve Δ=1.0 iken 0.001-0.51 ve Δ=1.5 olduğunda ise 0.32-0.96 aralığında değişmiştir.

Örnek genişliği 30 ve Δ=0.5 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen testin gücü, her ne kadar her iki örnek de aynı populasyondan alınmış olsalar bile denemenin başında (ortalaması küçük olan gruba Δ=0.5 eklenmeden önce) I. tip hata olasılığının (α) 0.01 olarak belirlendiğinde yapılan hipotez kontrolü sonucunda iki grup ortalaması arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu kararına varılacağı durumda, 0.01 olarak bulunmuş ve giderek 0.00'a yaklaşmış ancak P≤0.60'tan itibaren az da olsa yükselerek P≤1.00 olduğunda 0.04'e ulaşmıştır. Δ=1.0 olarak belirlendiğinde gerçekleşen güç P≤0.01 olduğunda 0.06 olarak bulunmuş olsa da P değerinin artması ile giderek artmış ve P≤1.00 olduğunda 0.94'e ulaşmıştır. Δ değerinin 1.5 olarak alındığı durumda ise gerçekleşen testin gücü, sadece P≤0.01 iken 0.99 olup diğer P değerleri için 1.00 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6'da grup varyanslarının heterojen olduğu duruma bakıldığında, $n_A=n_B=2$ iken gerçekleşen testin gücü, Δ'nın 0.5, 1.0 ve 1.5 olarak belirlendiği durumların tamamında denemenin başında ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce, iki grup ortalaması birbirine yaklaştıkça giderek azalmış ve ortalaması küçük gruba eklenen Δ değerlerine göre sırasıyla 0.99-0.06, 0.92-0.04 ve 0.80-0.03 aralığında değişmiştir. Örnek genişliğinin 5 olduğu durumda da yine başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına yani P değerinin artmasına bağlı olarak gerçekleşen güç giderek azalmış ve Δ=0.5, 1.0 ve 1.5 için sırasıyla 0.98-0.03, 0.61-0.02 ve 0.27-0.01 aralığında değişmiştir.

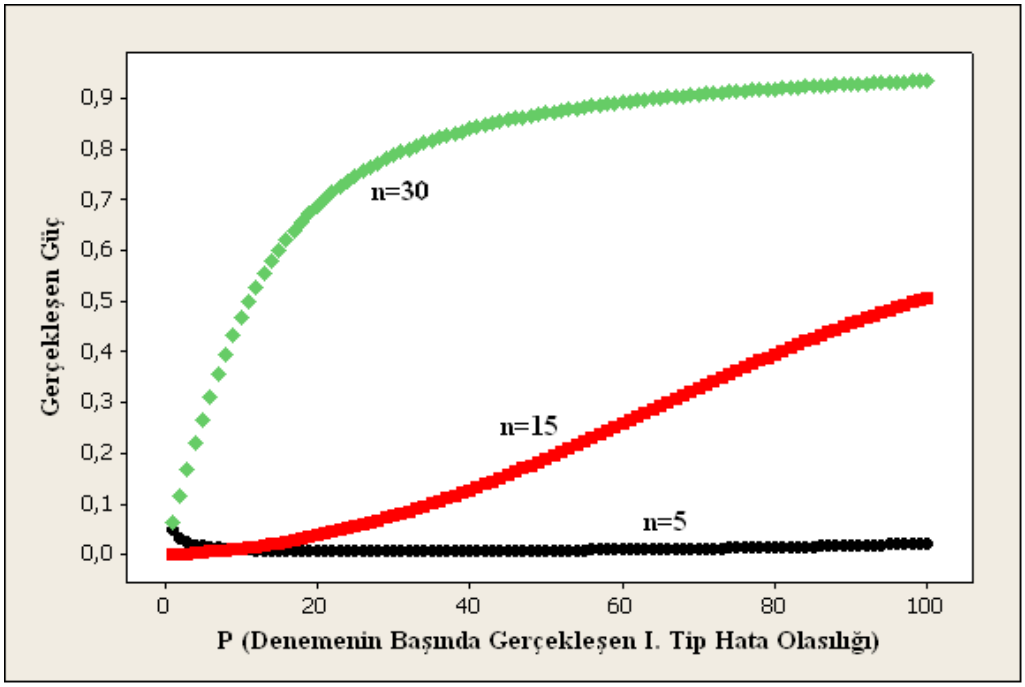
Örnek genişliği 15 olduğunda gerçekleşen testin gücü yine Δ=0.5 ve Δ=1.0 olduğu durumlarda denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki fark azaldıkça (P değeri arttıkça) giderek azalmış ve Δ=0.5 olduğunda 0.72-0.01 ve Δ=1.0 olduğunda ise 0.14-0.003 aralığında değişmiştir. Δ=1.5 olarak alındığında gerçekleşen güçte P≤0.50'ye kadar azalma gözlenmiş ancak P değerinin 0.50'nin üzerine çıkması ile artmaya başlamış ve P≤1.00 olduğunda 0.03'e ulaşmıştır. Çizelge 4.6 incelendiğinde, örnek genişliğinin 15 ve Δ değerinin de 1.0 ve 1.5 olduğu durumlarda gerçekleşen testin gücünün P değerlerinin artması ile çok küçük miktarlarda da olsa değişmesine rağmen genelde 0'a çok yakın olarak bulunduğu dikkat çekmektedir.

Gruplardaki gözlem sayısı 30 ve $\Delta=0.5$ olduğunda $P\leq0.01$ iken 0.36 olarak bulunan gerçekleşen güç P değerinin artması ile giderek azalmış ve $P\leq0.40$ olduğu durumdan itibaren sabitlenip 0.01 olarak kalmıştır. $\Delta=1.0$ olduğunda ise gerçekleşen gücünde P değerlerine bağlı olarak çok küçük azalış ve artışlar gözlense de genelde gerçekleşen güç 0'a çok yakın olarak bulunmuştur. $\Delta=1.5$ olduğunda ise $P\leq0.05$ olduğu durumda neredeyse 0'a eşit çıkan güç (0.0003), P değerinin artmasıyla birlikte artmış ve $P\leq1.00$ olduğunda 0.37'ye ulaşmıştır.

Çizelge 4.6 Her iki örnek de Z dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması küçük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

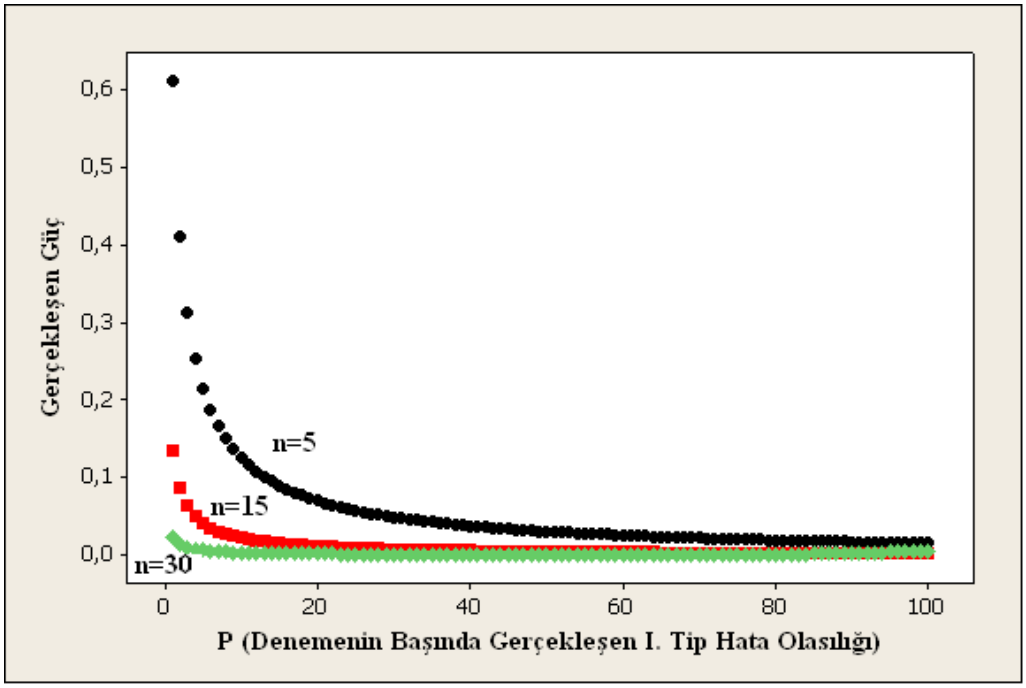
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	0.89	0.39	0.21	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
		1.0	0.56	0.20	0.12	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
		1.5	0.42	0.22	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
	1:10	0.5	0.99	0.66	0.38	0.22	0.16	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
		1.0	0.92	0.46	0.26	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
		1.5	0.80	0.33	0.19	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
5	1:1	0.5	0.51	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		1.0	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
		1.5	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22
	1:10	0.5	0.98	0.47	0.27	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
		1.0	0.61	0.22	0.13	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
		1.5	0.27	0.09	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	1:1	0.5	0.07	0.02	0.01	0.01	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
		1.0	0.001	0.01	0.01	0.04	0.08	0.13	0.19	0.26	0.33	0.40	0.46	0.51
		1.5	0.32	0.52	0.66	0.79	0.85	0.89	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96
	1:10	0.5	0.72	0.22	0.12	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
		1.0	0.14	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
		1.5	0.02	0.01	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
30	1:1	0.5	0.01	0.002	0.001	0.001	0.0003	0.0003	0.0003	0.001	0.002	0.01	0.02	0.04
		1.0	0.06	0.27	0.47	0.69	0.79	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94
		1.5	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	0.36	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		1.0	0.02	0.01	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.01
		1.5	0.001	0.0003	0.001	0.01	0.02	0.04	0.07	0.12	0.17	0.24	0.31	0.37

Çizelge 4.6'da verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler Z dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.9-4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.6'da gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.9 Her defasında ortalaması küçük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.9 incelendiğinde denemenin başında P değerinin düşük olduğu durumlarda gerçekleşen güç değerleri her üç örnek genişliği için de 0.00'a çok yakın değerler almıştır. Daha sonra örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda P değerinin artmasıyla gerçekleşen güç giderek artmış ve P=1.00'de sırasıyla 0.51 ve 0.94 değerlerini almıştır. Örnek genişliğinin 5 olduğu durumda ise gerçekleşen güç değerinde önemli bir değişim gözlenmemiş ve yaklaşık olarak 0.00 değerini almıştır.



Şekil 4.10 Her defasında ortalaması küçük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler Z dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.10'dan da görülebileceği üzere, denemenin başında grup ortalamaları arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücü de giderek azalmıştır. Her ne kadar başlangıçta grup ortalamaları arasındaki farkın fazla olduğu durumlarda n=5 iken gerçekleşen güç değerinin diğerlerine nazaran daha yüksek olduğu gözlense de P=1.00 olduğunda gerçekleşen güç değerleri her üç örnek genişliği için de 0.00'a çok yakın değerler almışlardır.

4.3.2 Her iki örneğin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durum

Yapılan simülasyon çalışması sonucunda standart sapma cinsinden ortalamalar arasında yaratılan farkın (Δ) her seferinde ortalaması küçük olan gruba eklenmesi durumunda, alınan örnek genişliği, varyans oranı, standart sapma cinsinden ortalamalar arasında fark (Δ;0.5:1.0:1.5) ve başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına (P) göre gerçekleşen güç değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7'de varyansların homojen olduğu durumlar incelendiğinde, örnek genişliği 2 olduğunda, P değerinin artması, yani denemenin başında, ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce, aynı populasyondan tesadüfen alınan iki grup ortalaması arasındaki farkın azalması ile gerçekleşen testin gücünün giderek azaldığı ve Δ=0.5 olduğunda 0.83-0.03, Δ=1.0 iken 0.56-0.04 ve Δ=1.5 olduğunda ise 0.53-0.09 aralığında değiştiği gözlenmiştir. $n_A=n_B=5$ olduğunda Δ=0.5 iken 0.38 olan gerçekleşen güç P değerinin artması ile azalmış ancak P≤0.30 olduğu durumdan itibaren 0.01 olarak kalmıştır. Δ=1.0 olduğunda gerçekleşen testin gücünde azalış ve artışlar olsa da genelde oldukça küçük olarak bulunan güç, P≤0.01 olduğunda 0.06 değerini alırken, P≤1.00 olduğunda 0.08'e yükselmiştir. Δ=1.5 olarak belirlendiği zaman gerçekleşen testin gücü, denemenin başında (ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce) iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasıyla (P değerinin artması) birlikte önceleri azalsa da sonra artarak, P≤0.01 olduğunda 0.21 olan güç, P≤1.00 olduğunda 0.35'e ulaşmıştır.

Örnek genişliği 15 ve Δ=0.5 iken gerçekleşen testin gücü, genelde 0'a çok yakın olarak bulunmuştur. Δ'nın 1.0 ve 1.5 olması durumunda ise gerçekleşen güç, denemenin başında, ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce, iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasıyla yani P değerinin artmasıyla birlikte giderek artmış ve Δ=1.0 iken 0.03'ten 0.54'e, Δ=1.5 olduğunda ise 0.49'dan 0.93'e yükselmiştir.

Örnek genişliği 30 olarak belirlendiğinde ise gerçekleşen testin gücü, Δ=0.5 olarak alındığında, denemenin başında, ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce, aynı populasyondan tesadüfen alınan iki grup ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası

farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının (P) küçük olduğu durumlarda 0'a çok yakın olarak bulunurken, grup ortalamalarının birbirine yaklaşması yani P değerinin artması ile az da olsa artmış ve P≤1.00 olduğunda 0.09'a yükselmiştir. Δ=1.0 olduğunda ise gerçekleşen güç, P≤0.01 iken 0.20 olarak bulunurken P değeri arttıkça artmış ve P≤1.00 olduğunda 0.92'ye ulaşmıştır. Δ=1.5 olduğunda ise P≤0.01 olduğunda bile 0.96 olarak bulunan güç, P değeri 0.20'nin üzerinde olduğunda 1.00 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.7'ye bakıldığında varyanslar heterojen olduğunda, örnek genişliği 2 iken gerçekleşen testin gücü, P≤0.01 olduğu durumda Δ=0.5 iken 0.99, Δ=1.0 iken 0.89 ve Δ=1.5 olduğunda ise 0.67 olarak bulunmuş ancak her üç durumda da P değeri, yani ortalaması küçük olan gruba muamele etkisi (Δ) uygulanmadan önce, aynı populasyondan tesadüfen alınan iki grup ortalaması arasındaki farkın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı arttıkça giderek 0'a yaklaşmıştır. Örnek genişliğinin 5 olduğu durumda da buna benzer şekilde P değerinin 0.01'den küçük olduğu durumlarda Δ=0.5, 1.0 ve 1.5 iken gerçekleşen testin güçleri sırasıyla 0.94, 0.44 ve 0.15 olup P değerinin artması ile giderek azalmış ve 0'a yaklaşmıştır.

Örnek genişliği 15 ve Δ=0.5 olduğunda gerçekleşen güç, P≤0.01 olduğunda 0.58 iken, P değeri arttıkça azalmış ve 0'a yaklaşmıştır. Δ=1.0 olduğunda ise P≤0.01 iken gerçekleşen güç 0.10 olarak bulunmuş ve deneme başında, ortalaması küçük olan gruba Δ=1.0 eklenmeden önce söz konusu iki grup ortalaması arasındaki farkın azalması ile giderek azalmış ve P≤1.00 olduğunda ise neredeyse 0'a (0.004) inmiştir. Δ=1.5 olarak alındığında ise P değerinin artması yani ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce iki grup ortalaması arasındaki farkın azalmasına bağlı olarak gerçekleşen testin gücü çok küçük miktarlarda artsa da genelde 0'a yakın olarak bulunmuştur.

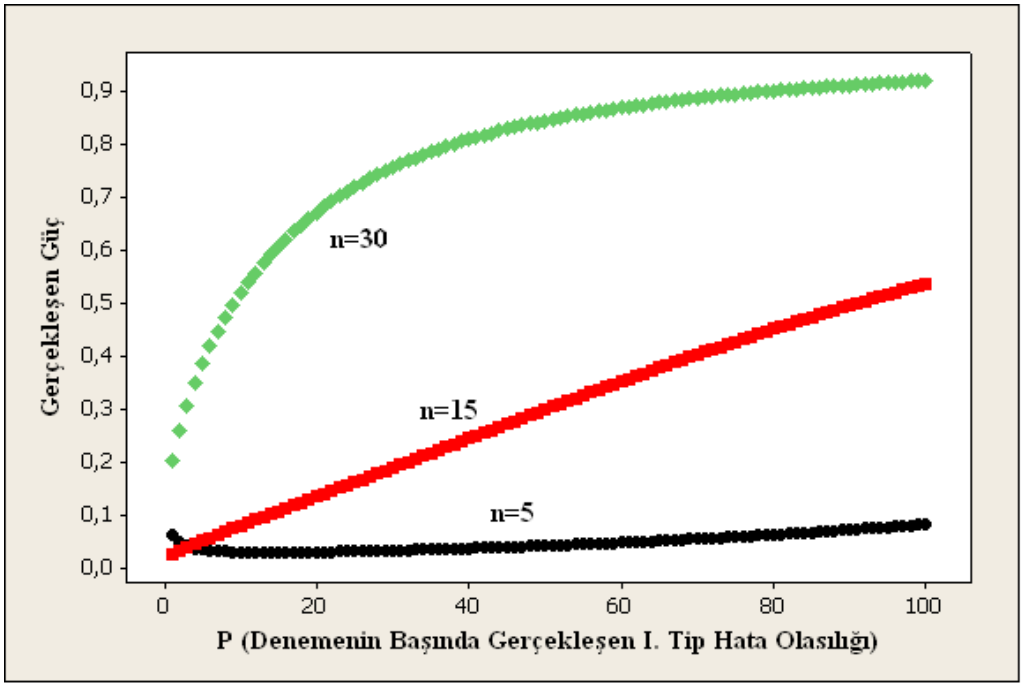
$n_A=n_B=30$ olarak belirlendiğinde, Δ değerinin 0.5 olarak alındığı durumda, P değeri arttıkça, gerçekleşen testin gücü giderek azalmış ancak, P değerinin 0.60 ve daha büyük olduğu durumlarda 0.01 olarak kalmıştır. Δ=1.0 olduğunda ise gerçekleşen güç, ortalaması küçük olan gruba muamele etkisi (Δ) uygulanmadan önce, iki grup ortalaması arasındaki farkın büyüklüğünden etkilenmeksizin 0'a çok yakın değerler almıştır. Δ=1.5 olduğu durumda ise her ne kadar P≤0.01 olduğunda gerçekleşen güç

neredeyse 0 olarak bulunsa da, denemenin başında, ortalaması küçük olan gruba Δ=1.5 eklenmeden önce, aynı populasyondan tesadüfen alınan iki örnek ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığı (P) arttıkça, yani başlangıçta aynı populasyondan tesadüfen alınan iki örnek ortalaması arasındaki fark azaldıkça, giderek artmış ve 0.41'e ulaşmıştır.

Çizelge 4.7 Her iki örnek de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında ve her seferinde ortalaması küçük olan gruba standart sapma cinsinden sabit bir değer (Δ) eklendiğinde 1000000 deneme sonucunda, başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farklılığın ortalamalar arası farka ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılıklarına göre eklemeli olarak hesaplanan gerçekleşen güç değerleri

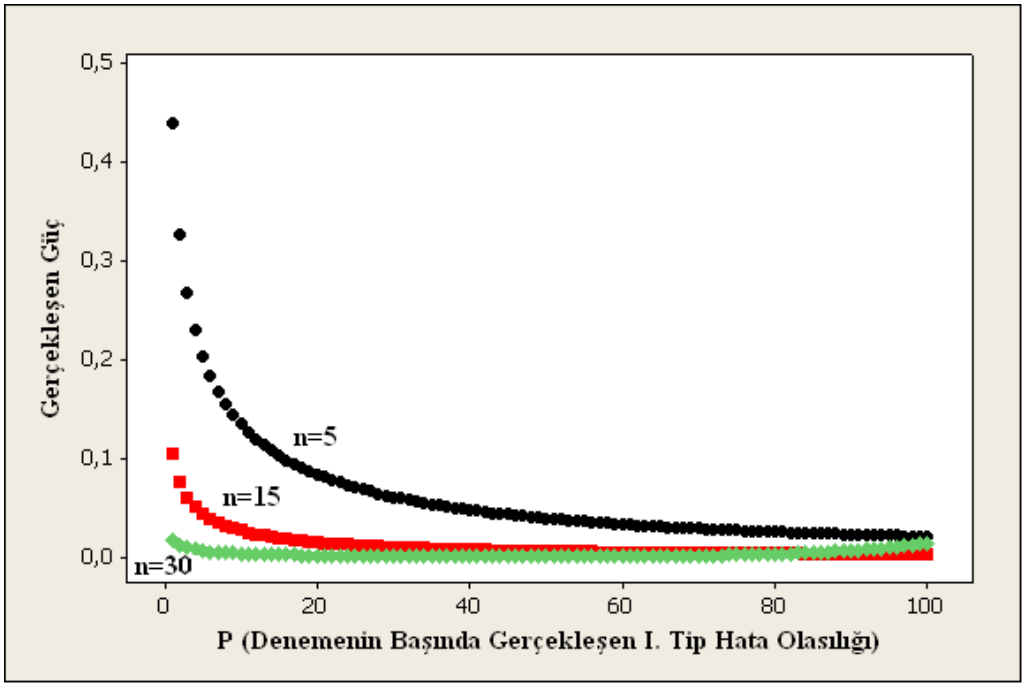
$n_A=n_B$	$\sigma_A^2 : \sigma_B^2$	P≤ / Δ	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	1:1	0.5	0.83	0.38	0.21	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
		1.0	0.56	0.25	0.17	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
		1.5	0.53	0.34	0.27	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
	1:10	0.5	0.99	0.63	0.37	0.23	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07
		1.0	0.89	0.41	0.25	0.15	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
		1.5	0.67	0.27	0.17	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
5	1:1	0.5	0.38	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		1.0	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08
		1.5	0.21	0.19	0.19	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.33	0.35
	1:10	0.5	0.94	0.48	0.32	0.20	0.15	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
		1.0	0.44	0.20	0.14	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
		1.5	0.15	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	1:1	0.5	0.04	0.01	0.01	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.01
		1.0	0.03	0.05	0.08	0.13	0.19	0.24	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.54
		1.5	0.49	0.60	0.67	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93
	1:10	0.5	0.58	0.25	0.16	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
		1.0	0.10	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.004	0.004
		1.5	0.01	0.005	0.004	0.004	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06
30	1:1	0.5	0.005	0.001	0.001	0.0004	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09
		1.0	0.20	0.39	0.52	0.67	0.76	0.81	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92
		1.5	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1:10	0.5	0.32	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		1.0	0.02	0.01	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.01	0.01
		1.5	0.003	0.01	0.02	0.05	0.08	0.11	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.41

Çizelge 4.7'de verilen gerçekleşen güç değerlerindeki değişimin görsel olarak kolayca algılanabilmesi için örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, Δ=1.0 ve örnek genişliği de 5, 15 ve 30 olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 4.11-4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.7'de gösterilemeyen ara değerler de söz konusu şekillerde yer almaktadır.



Şekil 4.11 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar homojen olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.11 incelendiğinde, gerçekleşen güç başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki farkın büyük olduğu durumlarda, n=30 iken 0.20 civarında bulunurken, n=5 ve n=15 olduğunda 0.00'a çok yakın değerler almıştır. Daha sonra özellikle örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda P değerinin artmasıyla giderek artmış ve P=1.00'de sırasıyla 0.54 ve 0.92'ye ulaşmıştır.



Şekil 4.12 Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ=1.0 eklendiğinde, örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, örnek genişlikleri 5, 15 ve 30 iken varyanslar heterojen (1:10) olduğunda gerçekleşen güç değerlerine ilişkin grafik

Şekil 4.12'den de görülebileceği üzere, her ne kadar denemenin başında hesaplanan P değerinin küçük olduğu durumlarda özellikle n=5 iken gerçekleşen güç değeri 0.40'a kadar ulaşmışsa da, P değerinin artması ile giderek azalmış ve P=1.00 olduğunda her üç örnek genişliği için de 0.00'a çok yakın değerler almıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada gerçekleşen I. tip hata olasılıkları incelendiğinde, varyanslar homojen olduğunda dağılım şeklinden etkilenmeksizin gerçekleşen I. tip hata olasılığının başlangıçta kararlaştırılan (α=0.05) değerini koruduğu görülmüştür. Grup varyansları heterojen olduğunda ise başlangıçta kararlaştırılan I. tip hata olasılığının korunmadığı ve örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında nispeten daha yüksek olmak üzere hem Z hem de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımlarında arttığı ancak bu artışın örnek genişliği arttıkça giderek azaldığı gözlenmiştir. Bu durum, Başpınar (1999), Başpınar ve Gürbüz (2000), Weber (2006) ve Koşkan (2008) araştırmacıların bulgularıyla uyum içindedir.

Çalışmada grup varyanslarının homojen olduğu durumlarda elde edilen gerçekleşen güç değerlerinin grup varyanslarının heterojen olduğu durumlara nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelgelerin geneline bakıldığında gerçekleşen güç değerlerinin, standart sapma cinsinden grup ortalamaları arasındaki farkın (Δ) ve örnek genişliğinin artması ile giderek arttığı görülür. Başpınar vd. (1999), Başpınar ve Gürbüz (2000), Başpınar (2001) Weber (2006) ve Koşkan (2008) yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Şekil 4.1-4.2 incelendiğinde, her defasında ikinci gruba Δ eklendiğinde ve örnekler Z dağılımından alındığında gerçekleşen güç değerlerinin, denemenin başında ikinci gruba Δ eklenmeden önce varyanslar homojen olduğunda, örnek genişliği 5 iken, azaldığı ancak 15 ve 30 olduğunda giderek arttığı görülür. Varyanslar heterojen olduğunda ise gerçekleşen güç değerleri, denemenin başında grup ortalamaları arasındaki fark azaldıkça yani P değeri arttıkça giderek azalmaktadır. Bu durumda varyanslar homojen olmadığı zaman iki grup ortalaması arasında gerçekte var olan bir farkı ortaya koyma olasılığı yani testin gücü, varyansların homojen olduğu durumdan daha düşük olarak gerçekleşmektedir.

Her defasında ikinci gruba Δ eklendiğinde ve örnekler 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, Şekil 4.3'te de görülebileceği gibi gerçekleşen testin gücüne

ilişkin elde edilen bulgular varyansların homojen olduğu durumda Z dağılımından elde edilen sonuçlara oldukça yakındır. Ancak grup varyansları homojen olmadığında, Şekil 4.2-4.4 birlikte incelendiğinde, özellikle P değeri 0.20'den düşük olduğunda, örneklerin 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durumda gerçekleşen güç değerleri, Z dağılımından alınan örneklerde elde edilen değerlerden oldukça farklıdır. Ancak bu farklılık ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alınan örneklerdeki gerçekleşen testi gücü bakımından olan dalgalanmalar P değerinin artması ile giderek azalmış ve $P \leq 1.00$ olduğunda ise Z dağılımı ile benzer sonuçlar vermiştir.

Her defasında ortalaması büyük olan gruba Δ eklendiğinde ise Şekil 4.5-4.8'den de görülebileceği gibi, örnekler Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığında, grup varyansları hem homojen hem de heterojen olduğunda elde edilen sonuçlar birbirine benzerdir. Her iki dağılımda da başlangıçta iki grup ortalaması arasındaki fark azaldıkça yani P değeri arttıkça elde edilen güç değerlerinin, $n_A=n_B=5$ ve varyanslar homojen olduğunda, bir süre 1.00 olarak bulunup sonra giderek düştüğü gözlenmiştir. Örnek genişliği 15 ve 30 olduğunda ise gerçekleşen testin gücü, P değerinden etkilenmeksizin bütün P değerlerinde 1.00'a çok yakın olarak bulunmuştur.

Çalışmada her defasında ortalaması küçük olan gruba Δ eklendiğinde elde edilen gerçekleşen güç değerlerine bakıldığında, örneklerin Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımından alındığı durumlarda, grup varyansları hem homojen hem de heterojen olduğunda elde edilen güç değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu gözlenmektedir. Varyanslar homojen olduğunda, aynı populasyondan tesadüfen alınan iki grup ortalaması arasındaki farkın büyük olması yani P değerinin küçük olması durumunda, gerçekleşen testin gücü 0.00'a çok yakın değerler alırken, P değerinin artması ile giderek artmakta olup bu artış örnek genişliğinin büyük olduğu durumlarda daha belirgindir. Varyanslar heterojen ve örnek genişliği 5 olduğunda ise, her iki dağılımda da gerçekleşen testin gücü, denemenin başında (ortalaması küçük olan gruba Δ eklenmeden önce) iki grup ortalaması arasındaki fark azaldıkça azalmıştır. Ancak örnek genişliğinin 15 ve 30 olduğu durumlarda gerçekleşen güç, P değerinden fazla etkilenmeksizin genelde 0.00'a yakın olarak seyretmiştir. Bu durumlar Şekil 4.9-4.12'de ayrıntılı olarak görülmektedir.

Gerçekleşen güç değerleri için verilen çizelgelere bakıldığında, ortalaması büyük ve de ortalaması küçük olan gruplara Δ eklendiği durumlarda hesaplanan güç değerlerinin ortalamalarının, her seferinde ikinci gruba Δ eklendiğinde hesaplanan güç değerlerini verdiği görülmektedir.

Yapılan simülasyon çalışması sonunda, her seferinde ikinci gruba, başlangıçta ortalaması büyük olan gruba ve başlangıçta ortalaması küçük olan gruba standart sapma cinsinden muamele etkisi (Δ) eklendikten sonra hesaplanan gerçekleşen güç değerlerine bakıldığında, bu üç durum arasında büyük farklılıklar gözlenmektedir. Her seferinde en küçük güç değerleri, ortalaması küçük olan gruba Δ eklendiğinde bulunmuştur. Çünkü bu şekildeki bir ekleme grup ortalamaları arasındaki farkı azaltmıştır. Ortalaması büyük olan gruba Δ eklendiğinde ise bulunan güç değerlerinin genelde 1.00'e çok yakın olduğu görülmektedir. Zira bu durumda grup ortalamaları arasındaki fark büyümektedir. Özellikle Δ eklenmeden önce iki grup ortalaması arasındaki farkın, ortalamalar arası farklara ait örnekleme dağılımına dahil olma olasılığının $P \leq 0.01$ ve $P \leq 0.05$ olduğu durumlarda örnek genişliği arttıkça bu fark daha belirgin olarak gözlenmektedir. Çizelge 4.4-4.5 incelendiğinde, denemenin başında ortalaması büyük olan gruba Δ eklenmeden önce iki grup ortalaması birbirine yaklaştıkça yani P değeri arttıkça gerçekleşen gücün de giderek azaldığı gözlenmiştir.

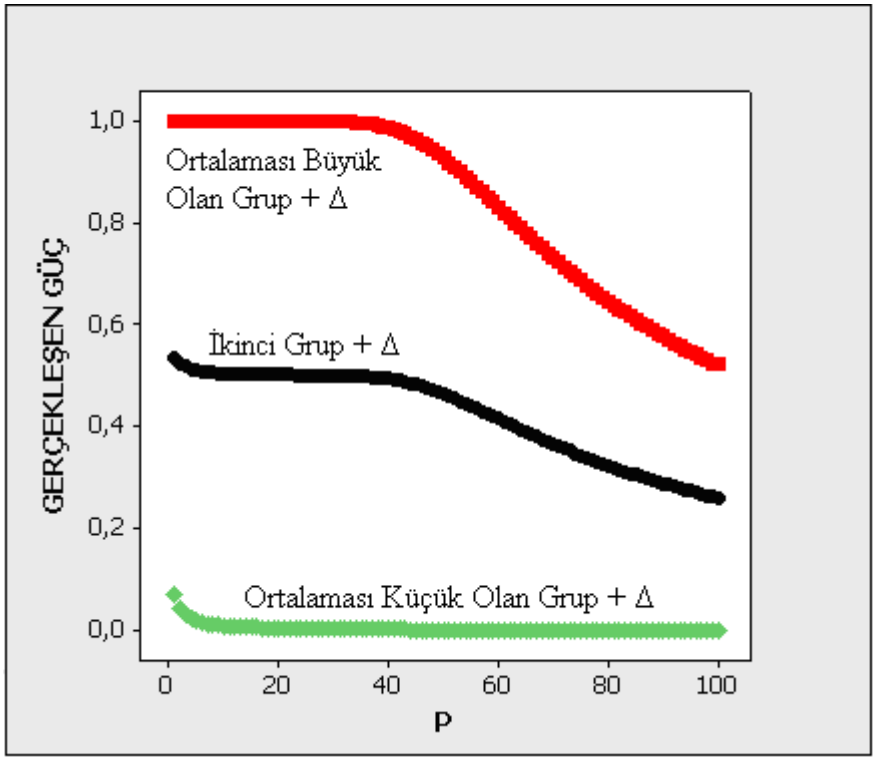
Daha önce de bahsedildiği gibi, deneme sonunda yapılan ortalamaların karşılaştırılmasına ilişkin test sonucunda elde edilen sonuçların güvenilir olabilmesi ve muamele etkisinin doğru tahmin edilebilmesi için denemenin en başında muameleler deney ünitelerine tamamen tesadüfen dağıtılmalı ve dağıtımdan sonra söz konusu iki grup ortalaması arasındaki fark mümkün olduğunca sıfıra yaklaşmalıdır. Ancak bunu sağlamak her zaman mümkün değildir. Daha önceden de değinildiği üzere, ortalamaların denkliğini sağlamak amacıyla deney üniteleri gruplara rastgele değil de grupların ortalamaları dengelenmiş olarak dağıtıldığında gruplar içi varyans teorik olarak beklenenden daha büyük olmakta ve bu durumda deneme sonunda grup ortalamaları arasında gerçekte var olan küçük farklılıkların ortaya koyulması zorlaşmaktadır. Eğer denemenin en başında, gruplara muamele uygulanmadan önce, iki grup ortalaması arasında bir fark varsa, bu fark istatistik olarak önemli olmasa bile,

muamele uygulamasından sonra gözlenen farkın büyüklüğüne etki edecek ve bu farkın etkisi muamele etkisi ile karışacaktır. Böylece araştırıcının, deneme sonunda iki grup ortalaması arasındaki gözlenen farkın, sadece uyguladığı muameleden mi yoksa kısmen başlangıçta var olan farktan mı kaynaklandığını saptaması mümkün olamayacaktır. Mesela, etkisi standart sapma cinsinden 1.0 olan bir muamele, tesadüfen ortalaması küçük olan gruba uygulandığında ve başlangıçta (Δ eklenmeden önce) iki grup ortalaması arasındaki fark da 1.0 ise denemenin sonunda iki ortalama arasındaki fark 0 (sıfır) olacağından araştırıcı H_0 hipotezini kabul edecek ve muamelenin hiçbir etkisi olmadığı görüşünü benimseyecektir. Bunun tersine, standart sapma cinsinden etkisi 0.1 olan bir muamele tesadüfen ortalaması büyük olan gruba uygulandığında ve denemenin başında söz konusu iki grup ortalaması arasında 1.0 standart sapmalık bir fark varsa, bu durumda, denemenin sonunda muamele etkisi 1.1 olarak bulunacak ve H_0 hipotezi belki de reddedilecektir. Böylelikle bu gibi durumlarda yanlış karar verilmiş olacak ve gerçekleşen testin gücü olması gerekenden daha büyük ya da daha küçük değerler alacaktır.

Araştırıcı her ne kadar muamele gruplarını deney ünitelerine tesadüfen dağıtmış olsa bile denemenin başında grup ortalamaları her zaman birbirine eşit olmayacak ve bu nedenle de etki büyüklüğü gerçekten daha yüksek veya daha düşük olarak tahmin edilecektir (Karl 2003, Bloom 2006).

Yukarıdaki irdelemelerden de anlaşılacağı üzere testin gücünde, muamele uygulamadan önce yapılan hipotez kontrolünde, H_0 hipotezi kabul edilse bile, gerçekleşen I. tip hataya (P) göre gerçekleşen güç değerleri farklı olmaktadır.

Misal olarak denemede örneklerin Z dağılımından alındığı, örnek genişliğinin 15 ve araştırıcının uyguladığı muamelenin etkisinin de Δ=0.5 olduğu durumda her seferinde ikinci gruba, ortalaması büyük gruba ve de ortalaması küçük gruba Δ eklenmesi durumunda, denemenin başında hesaplanan P değerlerine göre gerçekleşen güç eğrileri ilgili çizelgelerde yer almayan ara değerler de dikkate alınarak Şekil 5.1'de topluca verilmiştir.



Şekil 5.1 $n_A=n_B=15$ ve $\Delta=0.5$ ve grup varyansları homojen olduğunda başlangıçta hesaplanan P değerlerine göre ikinci gruba, ortalaması büyük gruba ve ortalaması küçük gruba Δ eklendiğinde gerçekleşen güç değerleri

Çizelge 4.2'den de görüleceği üzere, eğer araştırıcının denemede uyguladığı muamelenin etkisi 0.5, örnek genişliği 15 ve de denemenin başında iki grup ortalaması birbirine eşit ise (P=1.00) bu durumda denemenin sonunda gerçekleşen testin gücü 0.26 olmaktadır. Buna karşılık denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmasa bile P=0.10 olduğunda gerçekleşen güç, yanıltıcı olarak, 0.51, P=0.50 olduğunda 0.46, P=0.70 olduğunda ise 0.37 olmaktadır. Bu durumda Çizelge 4.2'nin P=1.00 sütunundaki güç değerleri, bu çalışmadaki gruplardaki gözlem adetleri, her seferinde ikici gruba eklenen Δ büyüklükleri ve gruplardaki varyansların oranı kombinasyonları için gerçekleşmesi gereken güç değerleri olarak alınmalıdırlar. Bu verilere göre, misal olarak, bir araştırıcı gruplardaki gözlem adetlerinin 5, varyansların homojen, Δ değerinin de 1.0 olup muamele etkisini denemenin başında ikinci grup diye adlandırdığı gruba uyguladığını ve de testin gücünü 0.50 olarak bulduğunu belirtmekte ise de, denemenin başında grup ortalamalarının, istatistik olarak önemli olmasa bile, farklı olduğunu düşünmek gerekir. Çünkü eğer

denemenin başında grup ortalamaları denk olsaydı, gücün 0.29 olarak gerçekleşmesi gerekirdi. Bu yaklaşımla P=1.00 sütunundaki güç değerleri bir bakıma denemenin başındaki P değerlerine göre düzeltilmiş güç değerleri olarak algılanabilirler.

Her iki örnek de Z dağılımından alındığında, gruplardaki gözlem sayılarının 5, varyansların homojen ve Δ değerinin de 1.0 olduğu durumda, denemenin başında grupların ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli olmasa bile (P=0.20), Δ değerinin ortalaması büyük olan gruba eklenmesiyle testin gücünün 1.00'e tırmandırılabileceği Çizelge 4.4'te görülmektedir. Aynı durumda Δ değeri ortalaması küçük olan gruba eklendiğinde ise güç değeri 0.01'e indirilebilmektedir (Çizelge 4.6). Ne var ki, dikkat edileceği üzere muamelenin hangi gruba uygulanacağının tesadüfi olarak kararlaştırılmasına yönelik bu gibi yaklaşımlar araştırma etiği sınırlarını zorlamaktadırlar.

Örneklerin alınmış oldukları dağılımların Z ve 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımları olduğu hallerde gerçekleşen testin gücü bakımından küçük farklılıklar gözlenmekle birlikte, örneklerdeki gözlem sayılarının 30 ve varyansların homojen olduğu durumlarda Δ'nın 1.0 ve 1.5 değerleri için, Δ etkisi her seferinde ikinci gruba, ortalaması büyük olan gruba ve ortalaması küçük olan gruba uygulansa da P=1.00 için gerçekleşen güç pratik olarak hep 1.00 olmaktadır. Δ=0.5 için ise hem Z hem de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımlarında gerçekleşen güçler aynı olup, gerçekleşen en küçük güç, Δ'nın ortalaması küçük olan gruba uygulanmasında 0.04 olarak, en büyük güç ise Δ'nın ortalaması büyük olan gruba uygulanmasında 0.92 olarak oluşmaktadır.

Araştırma sonuçlarına göre gruplarda 30'ar gözlem olduğunda, varyanslar homojen iken, Δ=1.0'den itibaren hem Z hem de 3 serbestlik dereceli χ^2 dağılımında gerçekleşen gücün P=0.20 olduğunda bile 0.80'i aştığı ve artan P ile birlikte hızla 1.00'e yaklaştığı görülmektedir. Bu durumda normallikten sapma gerçekleşen gücü etkilememektedir (Başpınar ve Gürbüz 2000, Mendeş 2002).

Sonuç olarak araştırıcı denemenin başında deney ünitelerini gruplara tamamen tesadüfen dağıtmalı, bu arada grup ortalamalarının denkliğine dikkat etmeli ve denemenin başında iki grup ortalaması arasındaki farkın tesadüften ileri geldiğine ilişkin H_0 hipotezini kontrol edip gerçekleşen I. tip hata olasılığını belirlemelidir. Böylelikle denemenin başında grupların denkliğini kontrol etmiş bir araştırıcı ileride, gruplardan birine muamele uygulandıktan sonra elde edeceği testin gücünü, denemenin başında bulduğu gerçekleşen I. tip hata olasılığı ile ilişkilendirme imkanı elde edebilir.

Araştırıcı muameleyi hangi gruba uygulayacağı kararını tamamen tesadüfen yani kura çekerek vermeli, fakat bu arada muamelenin tesadüfen de olsa ortalaması büyük veya küçük olan gruba uygulanmış olup olmadığını belirlemelidir. Böylece araştırıcı denemenin sonunda elde edeceği güç değerlerinin, başlangıçta gerçekleşen I. tip hata olasılığı doğrultusunda, kabaca hangi aralıkta olması gerektiğini irdeleme imkanı bulabilir.

Yaygın olarak kullanılan istatistik paket programlarının testin gücünün hesabında, muamele uygulanmadan önce grupların ortalamaları arasındaki farkın 0 (sıfır) olduğu varsayımından hareket ettikleri akılda tutulmalıdır. Bu durumda muamele uygulandıktan sonra grupların ortalamaları arasındaki (standardize edilmiş) fark doğrudan doğruya Δ olarak algılanmaktadır.

KAYNAKLAR

Ankaralı, H. ve Ankaralı, S. 2009. İki veya daha fazla gruplu denemelerde gruplar arasındaki başlangıç değerleri farklılığının etkisinin düzeltilmesi. Turkiye Klinikleri J Med Sci; 29(1): 91-8

Başpınar, E., Çamdeviren ve H., Gürbüz, F. 1999a. Student t-Testi ve varyans analizi tekniğinde testin gücü ve uygun örnek genişliğinin saptanması. Tarım Bilimleri Dergisi, 5 (3), 116-123.

Başpınar, E., Öğüş, E. ve Gürbüz, F. 1999b. Normal, Beta, Gamma ve Weibull dağılımlarının ikili kombinasyonlarından alınan örneklerin karşılaştırılmasında I. tip hata olasılıkları Tarım Bilimleri Dergisi, 5 (3), 124-131.

Başpınar, E. ve Gürbüz, F. 2000a. Normal, Beta, Gamma (Ki-kare) ve Weibull dağılımlarının ikili kombinasyonlarından alınan değişik örnek genişliğindeki örneklerin karşılaştırılmasında testin gücü. Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (1), 116-127.

Başpınar, E. ve Gürbüz, F. 2000b. Deney ünitelerinin gruplara ortalamaları dengelenmiş ve rasgele dağıtıldığı tesadüf parselleri deneme düzenlerinin karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (3), 141-143.

Başpınar, E. 2001. Değişik varyans oranlı normal populasyonlardan alınan değişik örnek genişliğindeki iki örnekte Student t, Welch ve ayıklanmış t-testlerinin uygulanması ile elde edilen I. tip hata ve testin gücü. Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (1), 151-157.

Bloom, H.S. 2006. The Core Analytics of Randomized Experiments for Social Research. Manpower Demonstration Research Corporation (MDRC), New York, NY; Oakland, CA.

Bossi, A. 2009. Power Calculation Tool For t-tests, ANOVA and DOE 2^k. Quantide.

Houle, T.T., Penzien D.B. and Houle C.K. 2005. Statistical Power and Sample Size Estimation for Headache Research: An Overview and Power Calculation Tools. Headache. 45: 414-418.

Kaps, M. and Lamberson, W.R. 2004. Biostatistics for Animal Science. CABI Publishing. 93-104.

Karl, L. 2003. Quasi - experimental design. http://core.ecu.edu/psyc/wuenschk/docs2210/Research-8-QuasiExpDesign.doc. Erişim tarihi: 30.04.2009.

Kesici, T. ve Kocabas, Z. 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları. 359, Ankara.

Koşkan, Ö. 2008. Yeniden örnekleme (Resampling) yaklaşımı ve t-testinin gücü ve I. tip hata bakımından karşılaştırılması. Hayvansal Üretim 49(1): 29-37.

Lenth, R.V. 2007. Post Hoc Power: Tables and Commentary. Technical Report No. 378. The University of Iowa: Department of Statistical and Actuarial Science

Lewis, K.P. 2006. Statistical Power, Sample Sizes, and the Software to Calculate Them Easily. BioScience 56:607-612.

Mendeş, M. 2002. Normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şarlarının gerçekleşmediği durumlarda varyans analizi tekniğinin yerine kullanılabilecek bazı parametrik testlerin I. tip hata ve testin gücü bakımından irdelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi.

Sheskin, D.J. 2000. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures, Second Ed., Chapman 8 Hall/CRC.

Sokal, R.R. and Rohlf F.J. 1981. Biometry. W. H. Freeman and Company.

Weber, M. 2006. Robustness and power of the t, permutation t and Wilcoxon tests. Ph.D. thesis (unpublished), University of Wayne State University 75.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, 663 pp.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı **:** Rabia ALBAYRAK
Doğum Yeri **:** ANKARA
Doğum Tarihi **:** 24 / 10 / 1984
Medeni Hali **:** Bekar
Yabancı Dili **:** İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise **:**Keçiören Kalaba Lisesi (1998 – 2001)

Lisans **:**Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Hayvansal Üretim Lisans Programı, Zootekni Alt Programı (2001-2005)

Yüksek Lisans **:**Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı (Şubat 2007 – Şubat 2010)