T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

VERİ TİPLERİNE GÖRE (DENGELİ, DENGESİZ) KARELER TOPLAMI TİPLERİNİN (TİP 1, TİP 2 VE TİP 3) UYGULAMA DURUMLARI VE 1. TİP HATA BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Alper AKTEPE

Danışman
Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

ISPARTA - 2019

TEZ ONAYI

VERİ TİPLERİNE GÖRE (DENGELİ, DENGESİZ) KARELER TOPLAMI TİPLERİNİN (TİP 1, TİP 2 VE TİP 3) UYGULAMA DURUMLARI VE 1. TİP HATA BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Alper AKTEPE tarafından hazırlanan bu tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

		İmza
Danışman	**Doç. Dr. Özgür KOŞKAN** Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	....
Üye	**Prof. Dr. Hayati KÖKNAROĞU** Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	....
Üye	**Doç. Dr. Mustafa Agah TEKİNDAL** Selçuk Üniversitesi	....

Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..../..../.... tarih ve ..../......... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Yusuf UÇAR
Enstitü Müdürü

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

30/07/2019

Alper AKTEPE

....

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VERİ TİPLERİNE GÖRE (DENGELİ, DENGESİZ) KARELER TOPLAMI TİPLERİNİN (TİP 1, TİP 2 VE TİP 3) UYGULAMA DURUMLARI VE 1. TİP HATA BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Alper AKTEPE

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

Varyans analizi, hipotez testleri I. tip, II. tip hata ve kareler toplamı tipleri (Tip I, Tip II ve Tip III) hakkında bilgiler de verdiğimiz tez çalışmamızda varyans analizinde kareler toplamının hesaplanmasından kullanılan yöntemlerin (Tip I, Tip II ve Tip III) veri tiplerine göre (dengeli, dengesiz) uygulama durumlarının 1. tip hata bakımından karşılaştırmasını fortran programında simülasyon çalışması ile yaptık. 4 farklı dağılım (z, t, beta ve ki-kare) için dengeli ve dengesiz dağılım gösteren veri setleri kullanarak yaptığımız 100 000 simülasyon çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar tablolar halinde listelendi.

100 000 adet simülasyon ile elde edilen sonuçlar neticesinde verilerin dengeli dağılım gösterdiği deneme desenlerinde 4 farklı dağılım (z, t, beta ve ki-kare) için Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak yapılan hesaplamalarda 1. tip hata bakımından aralarında bir farkın olmadığı, elde edilen sonuçların 1. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) seviyesinde gerçekleştiği tespit edildi. 4 dağılım için (z, t, beta ve ki-kare) 8 farklı dengesiz deneme deseni senaryosu ile Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak yapılan 100 000 simülasyon çalışmasında da 1. tip hata başlangıçta kararlaştırılan 0.005 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Varyans analizi, Kareler toplamı tipleri, Simülasyon, Tip I hata

2019, 51 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

APPLİCATİON CONDİTİONS OF SUM OF SQUARES TYPES (TYPE 1, TYPE 2 AND TYPE 3) ACORDİNG TO DATA TYPES (BALANCED, UNBALANCED) AND EXAMİNATİON OF TYPE 1 ERROR

Alper AKTEPE

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Animal Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özgür KOŞKAN

Analysis of variance, hypothesis tests I. type, II. Type error and the sum of squares types (Type I, Type II and Type III) in our thesis, we also provide information about the methods used in calculating the sum of squares analysis of variance (Type I, Type II and Type III) according to data types (balanced, unbalanced) application cases 1 In terms of type error, we made a simulation study in fortran program. The results obtained in our 100 000 simulation studies using balanced and unbalanced data sets for 4 different distributions (z, t, beta and chi-square) are listed in tables.

In the experimental designs where the data showed a balanced distribution as a result of 100 000 simulations, 4 different distributions (z, t, beta and chi-square) were calculated using the sum of Type I, Type II and Type III squares. It was found that there was no difference and the results obtained were at the level ($\alpha = 0.05$) of the first type error. In the 100 000 simulation studies using 8 different unbalanced trial design scenarios and Type I, Type II and Type III squares for 4 distributions (z, t, beta and chi-square), type 1 error was initially determined at 0.005.

Key Words: Analysis of variance, Sum of squares types, Simulation, Type 1 error

2019, 51 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübesi ile yol gösteren ve tez çalışamam süresince de her türlü desteği sağlayan değerli danışmanım Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a ve tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen öğrenci arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme de sevgi ve saygılarımı sunarım.

Alper AKTEPE
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

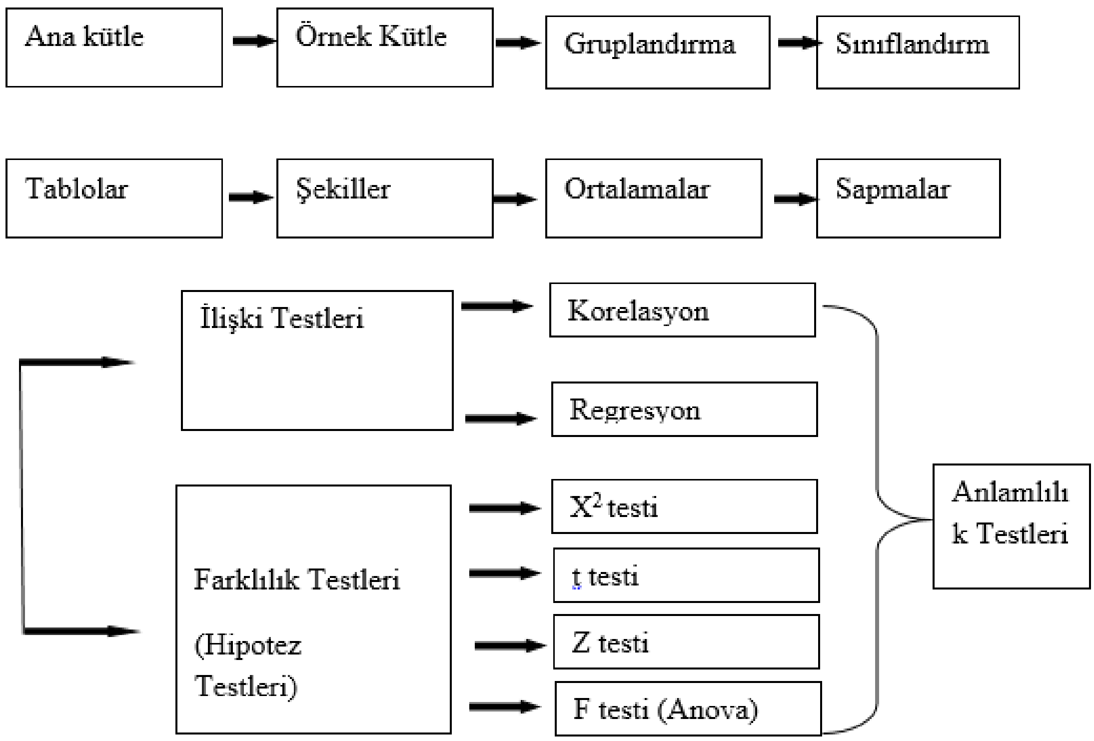
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANOVA	Analysis of Variance (Varyans Analizi)
Beta	Beta dağılımı
DT	Düzeltme Terimi
F	F dağılımı
GAKO	Gruplar Arası Kareler Ortalaması
GAKT	Gruplar Arası Kareler Toplamı
GKO	Genel Kareler Ortalaması
GKT	Genel Kareler Toplamı
GASD	Gruplar Arası Serbestlik Derecesi
GİKO	Gruplar İçi Kareler Ortalaması
GISD	Gruplar İçi Serbestlik Derecesi
GİKT	Gruplar İçi Kareler Toplamı
GSD	Genel serbestlik derecesi
HSD	Hata serbestlik derecesi
K	Karşılaştırılacak grup sayısı
KO	Kareler Ortalaması
KT	Kareler toplamı
KT_{DENEME}	Deneme kareler toplamı
KT_{Genel}	Genel Kareler Toplamı
KT_{Hata}	Hata Kareler Toplamı
KT_{AXB}	Etkileşim kareler toplamı
N	Denemedeki toplam gözlem sayısı
N	Gruptaki gözlem sayısı ya da tekerrür sayısı
P	Birinci tür hatanın test sonucunda hesaplanmış değeri
S^2_{Top}	Toplanmış varyans
$S\bar{x}$	Standart Hata
T	T dağılımı
Tip I	Tip 1 kareler toplamı ya da ağırlıklandırılmış ortalamalar yöntemi
Tip II	Tip 2 kareler toplamı ya da sabit katsayılar yöntemi
Tip III	Tip 3 kareler toplamı ya da ağırlıklandırılmış kareler ortalaması yöntemi
TPDT	Tesadüf Parselleri Deneme Tertibi(Tek yönlü varyans analizi)
Y_{ij}	i muamele grubundaki j. deney ünitesine ait gözlem değeri
$\bar{Y}_{i.}$	i. Grubun ortalaması
$\sum Y_i$	i. grubundaki gözlemlerin toplamı
ε_{ij}	rastgele hata yani deneysel hata
μ	Genel popülasyon ortalaması
$\tilde{\mu}$	Genel ortalama
H_0	Sıfır hipotezi ya da farksızlık hipotezi
H_1	Alternatif hipotez ya da karşıt hipotezi
x^2 dağılımı	Ki-Kare dağılımı
α	1. Tip Hata Olasılığı
α_i	Muamele grubunun etkisi
β	2. Tip Hata Olasılığı
$1-\beta$	Testin Gücü

1. GİRİŞ

İstatistik temelini matematikten alan bir bilim dalı olup farklı olaylarla ilgili olarak rakamsal bilgilerin toplanması, işlenmesi, analiz ve yorumunda kullanılan tüm yöntemleri ifade eder. İstatistik konusunda birçok yorum yapılmıştır. Ancak her tanımın kapsadığı temel unsur aynı olmuştur. Bu ortak unsur sınıflandırılan ve gruplandırılan verilerin analiz yorum ve olaylar arası karşılaştırmalarla, olayların neden ve sonuç ilişkilerini ortaya koyma hususudur (Türkbal,2011).

Bir bilimsel araştırmaya nasıl başlandığını, araştırmanın nasıl sürdürüldüğünü ve sonuçlandırılarak yorumlandığını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz (Türkbal, 2011).



Şekil 1.1. Bilimsel araştırma süreci (Türkbal, 2011)

Bir bilimsel çalışma yapılacağı zaman önce veriler toplanır, sınıflandırılır, amaca uygun şekilde gruplandırılır, tablolara aktarılır ve bazı tablolardaki veriler de olayın açıklığa kavuşturulabilmesi için şekil çizilmek suretiyle grafikler haline getirilir. Ancak bu işlemler, bir olayın nitelik ve şıklarını veyahut da olaylar arasındaki ilişki, ya da farklılıkları açıkça ortaya koyabilecek biçimde olmayabilir. Bu bakımdan, toplanan ve analizlere uygun hale getirilen verilerin istatistiksel testlerle değerlendirilmesi gerekir. İstatistiksel değerlendirmelerde ise ilk aşamada, serilerin ortalamalarının alınması ve ortalamalara dayanarak bazı fikirlerin öne sürülmesi ve yorum yapılması yoluna gidilir (Türkbal, 2011).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kareler toplamının 4 farklı şekilde hesaplanabildiği Varyans analizinde (F testi) araştırıcıların ellerindeki veri dağılımına göre (dengeli, dengesiz) doğru kareler toplamı yöntemini seçerek sağlıklı sonuçlar elde etmesine yardımcı olmayı amaçladığımız bu tez çalışmamızın birinci bölümünde varyans analizi ve hipotez testleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Giriş bölümünde istatistiğin amacını açıklayan (Türkbal, 2011), bir bilimsel araştırmaya nasıl başlandığını, araştırmanın nasıl sürdürüldüğünü ve nasıl sonuçlandırılarak yorumlandığı hakkında bilgiler vermiştir. Varyans Analizi isimli bölümde ise (Mendeş, 2013) farklılık testleri arasında yer alan t testi yerine varyans analizinin (F testi) kullanılma sebeplerini açıklayarak, Varyans analizinde; grup ortalamaları arasındaki farklar karşılaştırılırken, gruplar arası ve gruplar içi farklılıkların dikkate alındığını, dolayısıyla varyans analizinde yapılan şeyin, toplam varyasyonu (Yani bütün gözlemler arasındaki farklılığı) bunu oluşturan unsurlarına (gruplar arası varyasyon ve gruplar içi ya da hata varyasyonu) göre analiz etmek olduğunu belirtmiştir. Varyans analizi tekniğinin, deneme materyalinin yapısına (homojenlik/hetorojenlik), denemedeki faktör sayısına (Tek faktörlü veya çok faktörlü), denemedeki faktörlerin önem seviyelerine, gözlemlerin bağımsız olup olmamasına ve tespit edilen özelliklerin ayrı ayrı mı(tek değişkenli) yoksa birlikte mi dikkate alınacağına (çok değişkenli) göre farklılık gösterdiğini belirten (Mendeş, 2013) veriler tek faktör bakımından gruplandırılmışsa bu durumda varyans analizinin; tek yönlü varyans analizi olarak adlandırıldığını bu deneme tertibinin uygulanabilmesi için ise; deneme materyalinin homojen olması, tekerrür sayısının yeterli olması ve deney ünitelerinin muamele gruplarına tamamen rastgele dağıtılması gerektiğini vurgulamıştır.

Varyans analizinde kullanılan f-değerinin hesaplanması hakkında da bilgiler veren (Mendeş, 2013), bulunan f-değerinin, Gruplar Arası Serbestlik Derecesi (GASD) ve Gruplar içi Serbestlik Derecesine (GISD) karşılık gelen kritik F tablo değerine eşit ya da daha büyük ise H_0 hipotezi ret edildiğini, dolayısıyla bu durumda “gözlemler arasındaki farklılıkların oluşmasında muamele gruplarının önemli etkide bulunduğu, diğer bir ifade ile grup ortalamaları arasında gözlenen farkların istatistik olarak önemli farklar olduğu” sonucuna varıldığını, diğer taraftan hesaplanan F- değeri, kritik F-tablo değerinden küçükse, bu durumda da “karşılaştırılan gruplar arasında istatistik olarak önemli farkların bulunmadığı anlamına” geldiğini söylemiştir.

Hipotez Testleri hakkında bilgiler veren (Alpar, 2018) da araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde doğru testin (hipotez testinin) ya da analiz (çözümleme) yönteminin seçilmesi, uygulanması ve elde edilen sonuçların doğru olarak yorumlanmasının son derece önemli olduğunu belirtmiştir. Hipotez testlerinin, hipotezlerin belirlenmesi, istatistiksel test için anlamlılık düzeyinin belirlenmesi, hipotezler çerçevesinde uygun test ya da test istatistiğine karar verilerek test istatistiğinin elde edilmesi (hesaplanması), istatistiksel açıdan karar verilmesi ve sonuçların yorumlanması şeklinde dört aşamada uygulandığını ifade eden (Alpar, 2018), bir hipotez testinde H_0 hipotezini kabul ya da reddederken (H_0 hipotezinin geçerli olup olmadığını test edilirken) iki tür hata yapılabildiğini, bu hatalardan birincisinin; H_0 hipotezi gerçekten doğru iken bu hipotezin yanlışlıkla (yanlış şekilde) reddedilmesi olasılığı olarak tanımlandığını ve bunun da α (alfa) türü hata veya Tip I hata olarak adlandırıldığını, gerçekte yanlış olan H_0 hipotezinin kabul edilmesinin ise β (beta) türü hata ya da Tip II hata olarak adlandırıldığını açıklamıştır. Testin gücünü testin var olan farklılığı doğru olarak belirleme olasılığı veya testin istatistiksel açıdan önemli olarak nitelendirilebilecek farklılıkları ortaya çıkarma becerisi olarak tanımlayan (Alpar, 2018), α veya β türü hatalar arasında ilişki olduğunu, buna göre; α küçülürken β’nın arttığını, α sabit tutulurken gözlem sayısının artmasının β türü hata olasılığını küçülttüğünü belirtmiştir.

Varyans analizinde kareler toplamlarının 4 farklı şekilde hesaplanabildiğini belirten (Boyacıoğlu, 2005) da verilerin dengeli dağılım gösterdiği çalışmalarda bir sorun yaşanmadığını ancak çeşitli sebeplerle veri kayıplarının yaşandığı durumlarda bunun sorunlara neden olduğunu hücreler arasındaki dengesizliğin neden olduğu sorunları çözmek için; veri eklenmesi ile hücrelerin dengelenmeye çalışıldığını ancak bu durumun rastgeleliğe aykırı olduğunu, veri çıkarılması ile dengesizliğin giderilmesinin amaçlandığı yaklaşımın ise testin gücünü azalttığını, dengesiz veri seti ile varyans analizi yapılmasının yapılan çalışmalarda en iyi çözüm olduğunu, bu sebeple kareler toplamlarının hesaplanmasında Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV adıyla 4 farklı yöntemin geliştirildiğini açıklamıştır.

(Ergün ve Aktaş, 2009), birinci tür yöntemin (Type I SS), her bir ana etki veya etkileşimin sırayla modele eklendiği bir yöntem olduğunu, bu yöntemle elde edilen etki veya etkileşimlerin kareler toplamı, ardışık kareler toplamı olarak da bilindiğini, (Boyacıoğlu,2005) ise bu yöntem ile iki-yönlü varyans analizi çözümlemesinde faktörlerin modele ardışık olarak alındığını ve kareler toplamlarının buna bağlı olarak hesaplandığını açıklamıştır. (Yates, 1934; Langsrud, 2003) da ikinci tür yöntemde (Type II SS) her bir faktörün etki düzeyinin (etkileşim terimi dışında), diğer faktöre göre düzeltilerek hesaplandığını, eğer deneme deseninde boş hücre varsa ve etkileşim önemsiz ise Tip II yönteminin varyans analizi çözümlemesinde en iyi sonucu verdiğini belirtmişlerdir. Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması olarak da adlandırılan 3 tür yöntem ile ilgili olarak (Langsrud, 2003; Maxwell vd., 1990; Steel vd., 1960) bu yöntemin deneme deseninde boş hücre olmaması ve etkileşimin önemli olması durumunda, standart varyans analizi çözümlemesine en uygun yöntem olduğunu açıklamışlardır. (Langsrud, 2003; Spector vd., 1981) Tip III yönteminde, faktör kareler toplamlarının, diğer faktör ve etkileşime göre düzeltilerek hesaplandığını, modelde etkileşim önemli ise deneme deseninde boş hücre olmaması koşulu ile Tip III yöntemi iki-yönlü varyans analizi çözümlemesi en iyi sonucu verdiğini, bu yöntemle kareler toplamları hesaplanırken faktörlerin hesaplamaya alınış sıralarının önemli olmadığını da belirtmişlerdir. (Herr, 1986; Maxwell, 1990; Langsrud, 2003; Steel, 1960; Lewsey vd., 2001 ve Searle 1987), 3 farklı yönteme göre faktör kareler ortalamasının hesaplanması ile ilgili bilgiler vermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmamızın materyalini Microsoft Developer Studio'nun IMSL kütüphanesinden faydalanarak üretilen tesadüf sayıları meydana getirmektedir. Dengeli denemelerde 3,5,10 ve 20 gözlem sayılı 16 alt grup kombinasyonuna göre Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak 100 000 simülasyon 4 farklı dağılım (Z, Ki-Kare, T ve Beta) için yapıldı. Dengesiz deneme desenlerinde ise 16 alt grup için gözlem sayıları farklı 8 farklı dengesiz deneme deseni oluşturarak Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak 100 000 simülasyon çalışması 4 farklı dağılım (Z, Ki-Kare, T ve Beta) için yapıldı. Elde edilen sonuçlar araştırma bulguları başlığı altındaki çizelgelerde gösterildi. Denemede yeniden örnekleme sayısı da 100000 olarak belirlenmiştir. Simülasyon çalışmamızda, I. Tip hata olasılığı (α), deneme başında % 5 olarak kararlaştırılmıştır.

3.1. Varyans Analizi

İki grup ortalamasının karşılaştırılmasında t– testinden yararlanılır. İki sınav yönteminin (yazılı ve sözlü) öğrencilerin istatistik dersi başarı puanlarına etkisinin araştırıldığı bir denemede; yazılı ve sözlü sınavına tabi tutulan iki öğrenci grubu olduğu için bu iki grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasında t-testi kullanılabilir. Ancak, uygulamada yapılan araştırma ya da denemelerin büyük bir kısmı ikiden daha fazla grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasına yöneliktir. Mesela;

- 4 farklı bölgede yetiştirilen aynı çeşit şeker pancarlarının dekara verim ortalaması bakımından karşılaştırılması,
- 3 farklı kaplama materyali ile kaplanan çileklerin raf ömürleri bakımından karşılaştırılması,
- 4 farklı dönemde avlanan lüfer balıklarının bazı kan parametreleri bakımından karşılaştırılması,
- Enerji düzeyleri farklı 5 şurubun lise 3. Sınıf öğrencilerinin 100 metreyi koşma süresine etkisinin araştırılması

- Farklı rakımlardaki illerde doğan çocukların hemoglobin değerleri bakımından karşılaştırılması,
- 3 farklı üzüm çeşidinin omca başına verim ortalaması bakımından karşılaştırılması
- 5 spor branşındaki sporcuların bacak kuvvetleri bakımından karşılaştırılması gibi denemelerde ikiden fazla grup söz konusudur (Mendeş, 2013).

Bu gibi durumlarda söz konusu grup ortalamaları arasındaki farkların karşılaştırılmasında t-testinden yararlanılamaz. Bunun yerine t-testinin ikiden fazla grup için genelleştirilmiş bir biçimi olan Varyans Analizi tekniğinden(ANOVA F - testi) yararlanılır. Çünkü t-testi sadece iki grubun karşılaştırılmasının söz konusu olduğu durumlarda kullanılabilir. Diğer taraftan, karşılaştırılacak muamele grubu sayısının ikiden fazla olması durumunda her seferinde sadece iki grubun dikkate alınarak t-testinden yararlanılabileceği düşünülebilir. Ancak, böyle bir çözüm yoluna gidilmesi doğru değildir. Mesela bir araştırıcı A, B, C gibi üç muamele grubu ortalamasını karşılaştırmak amacıyla bir deneme kurmuş olsun. Deneme sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde her defasında sadece iki grubun ortalamasının karşılaştırılması durumunda ($\bar{A}$ ile $\bar{B}$, $\bar{A}$ ile $\bar{C}$ ve $\bar{B}$ ile $\bar{C}$), her karşılaştırmada bu muamele gruplarından bir tanesinin karşılaştırma dışı bırakılması durumu ile karşı karşıya kalınacaktır. Dolayısıyla araştırıcı 3 tane ayrı t-testi uygulama durumunda kalacaktır. Bunun sonucunda da deneme başında karşılaştırılan 1. tip hata olasılığı, deneme sonunda aynı seviyede korunamayacağından elde edilecek sonuçların güvenirliliği azalacaktır. Diğer yandan sadece iki grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasının söz konusu olduğu durumlarda t-testi ve varyans analizi arasında $F=t^2$ şeklindeki bir ilişki oluşur. Bundan dolayı varyans analizi tekniği iki grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasında da kullanılabilir. Dolayısıyla varyans analizi tekniği iki veya daha fazla grup ortalaması arasındaki farkın karşılaştırılmasında kullanılan istatistik tekniğidir (Mendeş, 2013).

Varyans analizinde; grup ortalamaları arasındaki farklar karşılaştırılırken, gruplar arası ve gruplar içi farklılıklar dikkate alınır. Dolayısıyla varyans analizinde yapılan şey, toplam varyasyonu (Yani bütün gözlemler arasındaki farklılığı) bunu oluşturan unsurlarına (gruplar arası varyasyon ve gruplar içi ya da hata varyasyonu) göre analiz etmektir (Mendeş, 2013).

Varyans analizi tekniği;

a. Deneme materyalinin yapısına(homojenlik/hetorojenlik)
b. Denemedeki faktör sayısına(Tek faktörlü veya çok faktörlü)
c. Denemedeki faktörlerin önem seviyelerine
d. Gözlemlerin bağımsız olup olmamasına ve
e. Tespit edilen özelliklerin ayrı ayrı mı(tek değişkenli) yoksa birlikte mi dikkate alınacağına (çok değişkenli) göre farklılık göstermektedir. Eğer veriler tek faktör bakımından gruplandırılmışsa bu durumda varyans analizi; tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ya da Tesadüf Parselleri Deneme Tertibi (TPDT) adını alır (Mendeş, 2013).

3.1.1. Tesadüf parselleri deneme tertibi (Tek yönlü varyans analizi)

Tek yönlü varyans analizinde üzerinde durulan özelliğe etkisi araştırılan tek faktör olduğu için bu isimle adlandırılır. Üzerinde durulan özellik bakımında yeteri kadar homojen deneme materyalinin bulunabildiği durumlarda kullanılan ve uygulaması basit Tek yönlü varyans analizi diğer deneme tertiplerinin temelini de oluşturmaktadır. Bu deneme tertibinin uygulanabilmesi için;

- Deneme materyalinin homojen olması,
- Tekerrür sayısının yeterli olması ve
- Deney ünitelerinin muamele gruplarına tamamen rastgele dağıtılması gerekir (Mendeş, 2013).

Tek yönlü varyans analizinin yaygın olarak uygulanmasını kısıtlayan en önemli faktör her zaman yeterli tekerrürle (yeteri genişlikte) denenebilecek homojen deneme materyali bulmanın mümkün olmamasıdır. Homojen olmayan deneme materyali ile deneme tertibinde homojenliği bozan tek faktör olan muamele gruplarındaki varyasyonun dışındaki bütün varyasyonlar hata teriminde yer alır. Dolayısıyla deneme materyalindeki küçük değişiklikler bile deneme hatasının (hata ya da grup için varyasyon) büyümesine neden olacağından “gerçekte gruplar arasında var olan farkların yokmuş gibi” görünmesine neden olur. Yani II. Tip hata olasılığı (β) artar ve dolayısıyla testin gücü(1-β) azalır. Halbuki arzu edilen durum; testin gücünün yüksek olmasıdır. (%80 ve daha fazla). Mesela yazılı, test ve sözlü olmak üzere üç sınav yönteminin üniversite 2. Sınıf öğrencilerinin istatistik dersi başarı notlarına etkisinin araştırıldığı bir denemeyi dikkate alalım. Burada bir tek faktör vardır. O da “Sınav Yöntemidir”. Sınav yöntemi faktörünün ise yazılı, test ve sözlü olmak üzere üç seviyesi vardır. Diğer bir ifade ile burada yazılı, test ve sözlü olmak üzere üç grup ya da muamele grubu söz konusudur. Ancak böyle bir denemenin TPDT’ne göre kurulup yürütülebilmesi için öncelikle her yönden homojen yeteri kadar deney ünitesinin (burada öğrencinin) bulunması ve hangi sınav şeklinin hangi öğrencilere uygulanacağının tamamen rastgele belirlenmesi gerekir. Mesela, her yönden homojen 30 öğrencinin bulunduğunu varsayalım. Bu öğrencileri tamamen rastgele olarak 10’ar öğrenci bulunacak şekilde üç gruba ayıralım. Sonra 1. Gruptaki öğrencileri yazılı, 2. Gruptaki öğrencileri test ve 3. Gruptaki öğrencileri de sözlü yapıp notları tespit edelim. Böyle bir deneme sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki tabloda özetlenmiş olsun (Mendeş, 2013).

Çizelge 3.1. Yazılı, sözlü ve test sınav yöntemlerinin sonuçları (Mendeş, 2013)

YAZILI	SÖZLÜ	TEST
65	70	75
58	55	70
70	40	65
40	50	85
49	30	90
63	60	60
25	40	45
66	70	30
72	55	60
85	40	70

Yazılı sözlü ve test sınavlarına tabi tutulan öğrencilerin notları incelendiğinde; bu 30 öğrencinin notları arasında birtakım farklılıkların (varyasyonun) bulunduğu görülür. Bu farklılıklar; uygulanan sınav şekillerinin farklı olmasından (sınav etkisinden) kaynaklanabileceği gibi sınav yöntemleri dışında herhangi bir faktör ya da faktörlerden de (sebebini bilmediğimiz unsurlardan) kaynaklanabilir. Çünkü biyolojik özellikler birçok faktör tarafından etkilenmekte ve hepsinin kontrol altına alınması mümkün olamamaktadır (Mendeş, 2013).

Bu 30 öğrencinin notları arasında gözlenen farklılıkların ya da varyasyonun uygulanan sınav yöntemlerinden mi yoksa tesadüften mi kaynaklandığını belirlemeye çalışalım. Bunun için bütün gözlemler arasındaki farklılığın (genel ya da toplam varyasyon) yani varyasyonun, bu farklılığı oluşturan unsurlarına göre (gruplar arası varyasyon ve gruplar içi varyasyon ya da hata varyasyonu) analiz edilmesi yani varyans analizinin uygulanması gerekir. Tesadüf Parselleri Deneme Tertibinde (TPDT) kurulup yürütülmüş bir denemeden elde edilen verilerin istatiksel analizleri:

$$Y_{ij}=\mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \qquad (3.1)$$

şeklinde tarif edilen modelden yararlanılarak yapılır.

Buradaki;

Y_{ij}: i muamele grubundaki j. deney ünitesine ait gözlem değerini

μ: genel popülasyon ortalamasını,

α_i: muamele grubunun etkisini (i=1,2,……,k)

ε_{ij}: rastgele hata yani deneysel hatayı (j=1,2,…..,r)

ε_{ij}: i.muamale grubundaki her bir gözlemin kendi grup ortalamasından olan sapmasıdır

ve ε_{ij}'lerin birbirinden bağımsız dağılımlarının normal ve σ_j^2 ortak varyansına sahip oldukları varsayılır (Mendeş, 2013).

Varyans analizinde yapılan şey toplam ya da genel varyasyonun, bunu oluşturan unsurlarına göre analiz edilmesidir. Toplam varyasyonda; gruplar arası varyasyon ve gruplar içi (hata) varyasyon olmak üzere iki unsurun etkisi vardır. Çünkü varyans analizi, grup ortalamaları arasındaki farkı karşılaştırırken, gruplar arası farklılıkla gruplar içi farklılığı dikkate alır (Mendeş, 2013).

Dolayısıyla toplam varyasyon ya da genel varyasyon:

"Toplam varyasyon=gruplar arası varyasyon + gruplar içi varyasyon" şeklinde iki unsura ayrılarak analiz edilir.

Gruplar arası varyasyon, aynı zamanda "açıklanan varyasyon" gruplar içi varyasyon ise "açıklanamayan varyasyon" ya da "hata varyasyonu" olarak adlandırılır. Deneme sonucunda elde edilen gözlem değerleri arasındaki farklılığın oluşmasında uygulanan muamelelerin mi etkili olduğu, yoksa söz konusu farklılığın tamamen tesadüften mi ileri geldiğine ilişkin bir karara varabilmek için öncelikle:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$ "Grup ortalamaları arasındaki farklar tamamen tesadüften ileri gelmektedir" ya da "Grup ortalamaları arasında istatiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır" şeklinde kurulan kontrol hipotezinin,

H_1: En az iki grup ortalaması arasında istatiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır" şeklinde kurulan alternatif ya da karşıt hipotezine karşı testi yapılır.

Bu hipotez kontrolleri sonucunda da H_0 hipotezinin ret ya da kabul edilmesine bağlı olarak üzerinde durulan özellik bakımından söz konusu grup ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunup bulunmadığına yönelik bir hükme varılır (Mendeş, 2013).

Tesadüf parselleri deneme tertibinde:

- Genel varyasyon
- Gruplar arası varyasyon ve
- Gruplar içi (hata) varyasyon olmak üzere üç varyasyon kaynağı söz konusudur.

Hipotez kontrolünün yapılabilmesi için öncelikle bu varyasyon kaynaklarına ilişkin hesaplamaların yapılması gerekir. Gözlemlerin birbirlerinden ya da ortalamalardan gösterdikleri sapmaların (farkların) ölçüsü olan varyans; kareler toplamının serbestlik derecesine bölümüdür. Diğer bir ifade ile varyans, aynı zamanda kareler ortalamasıdır. Dolayısıyla genel varyasyonun yani genel kareler ortalamasının (GKO) hesaplanabilmesi için öncelikle genel kareler toplamının (GKT) hesaplanması gerekir. Benzer şekilde gruplar arası varyasyon ya da gruplar arası kareler ortalamasının (GAKO) hesaplanabilmesi için gruplar arası kareler toplamının (GAKT) ve gruplar içi varyasyonun (hata) ya da gruplar içi kareler ortalamasının (GİKO) hesaplanabilmesi için de gruplar içi kareler toplamının (GİKT) hesaplanması gerekir (Mendeş, 2013).

3.1.1.1. Kareler toplamları

N: denemedeki toplam gözlem sayısını,

n_i: i. gruptaki gözlem sayısını ya da tekerrür sayısını

k: karşılaştırılacak grup sayısını,

$\sum Y_i$: i. grubundaki gözlemlerin toplamını,

$\bar{Y}_{i.}$= i. Grubun ortalamasını,

Y: Genel Toplamı,

$\bar{Y}$: Genel ortalamayı ve

Y_{ij}: i muamele grubundaki j. Tekerrüre ait gözlem değerini göstermek üzere :

a) Genel Kareler Toplamı (GKT): Her bir gözlem değerinin genel ortalamadan farkının karelerinin toplamı olup, bütün gözlemler arasında var olan farklılığın ölçüsüdür (Mendeş, 2013).

Genel Kareler Toplam (GKT)

$$GKT=\sum(Y_{ij} - \bar{Y})^2 \Rightarrow GKT= \sum Y_{ij}^2 - \frac{(Y_{..})^2}{N} \qquad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır.

b) Gruplar Arası Kareler Toplamı (GAKT): Her bir grup ortalamasının genel ortalamadan farkının karelerinin toplamı olup, gruplar arasında var olan farklılığın ölçüsüdür.

Gruplar Arası Kareler Toplamı (GAKT)= $\sum n_i(\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$ şeklinde hesaplanır.

Gruplar Arası Kareler Toplamı aynı zamanda

$$\text{GAKT}=\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{(\Sigma \text{Yij})^2}{ni}\right)-\frac{(Y_{..})^2}{N}=\left(\frac{(\Sigma Y_1)^2}{n_1}+\frac{(\Sigma Y_2)^2}{n_2}+\cdots..+\frac{(\Sigma Y_k)^2}{n_k}\right)-\frac{(Y_{..})^2}{N} \quad (3.3)$$

şeklinde de ifade edilebilir.

Mesela A, B, C gibi üç muamele grubunun söz konusu olması durumunda GAKT daha basit bir ifade ile

$$\text{GAKT}=\frac{(\Sigma A)^2}{n_A}+\frac{(\Sigma B)^2}{n_B}+\frac{(\Sigma C)^2}{n_C}-\frac{(\Sigma A+\Sigma B+\Sigma C)^2}{n_A+n_B+n_C} \quad (3.4)$$

şeklinde hesaplanabilir.

c) Gruplar içi kareler toplamı (Hata Kareler Toplamı (GIKT)): Her bir gözlem değerinin kendi grup ortalamasından olan farkının karelerinin toplamı olup, her bir grup içinde var olan farklılığın ölçüsüdür.

Gruplar içi Kareler Toplamı (GIKT):

$$\text{GIKT}= \sum(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 \quad (3.5)$$

şeklinde hesaplanır. Gruplar içi kareler toplamı aşağıdaki gibi de bulunabilir.

$$\text{GIKT}=(\text{GKT}-\text{GAKT}) \quad (3.6)$$

GIKT, aynı zamanda her bir muamele grubuna ilişkin kareler toplamlarının toplanmasıyla: GIKT = $\sum d_j^2$ şeklinde de hesaplanabilir.

Mesela A, B, C gibi üç muamele grubunun söz konusu olması durumunda GIKT:

$$GIKT= \sum d_A^2 + \sum d_B^2 + \sum d_C^2 \tag{3.7}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Dolayısıyla kareler toplamları arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$GKT=GAKT + GIKT$$

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \left(Y_{\dot{I}J} - \bar{Y}_{..}\right) = \sum_{i=1}^{k} n_{i\left(Y_{\dot{I}.} - \bar{Y}_{..}\right)}{}^2 + \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \left(Y_{\dot{I}J} - \bar{Y}_{i.}\right)^2 \tag{3.8}$$

Varyans analizi tekniğine ilişkin hesaplamalar bu ilişkiye göre yürütülür. Dikkat edileceği üzere kareler toplamları eklemelidir (additive). Yani GAKT ile GIKT'nin toplamı GKT'ye eşittir. Bu da toplam varyasyonda, gruplar arası varyasyonun ayının belirlenmesine imkan verir. (Eta-karenin hesaplanmasını sağlar) Diğer bir ifade ile toplam varyasyonun % kaçının gruplar tarafından açıklanabildiğini hesaplamamıza imkan verir. Varyans, kareler toplamının serbestlik derecesine bölümü olarak hesaplanır. Dolayısıyla varyansın hesaplanabilmesi içi kareler toplamların yanında bir de serbestlik derecelerine ihtiyaç vardır (Mendeş, 2013).

3.1.1.2. Serbestlik dereceleri

Varyansların ya da kareler ortalamalarının hesaplanabilmesi için kareler toplamının yanında, serbestlik derecelerine de ihtiyaç vardır. Çünkü, varyans ya da kareler ortalaması; kareler toplamının, serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilir. Bilindiği üzere istatistikte bilinmeyen her bir popülasyon parametresi için örnek genişliğinden 1 çıkartılır ve bu şekilde hesaplanan ifade, serbestlik derecesi olarak adlandırılır. Buna göre Genel serbestlik Derecesi(GSD), Gruplar Arası Serbestlik Derecesi(GASD) ve Gruplar İçi ya da Hata Serbestlik Derecesi (GISD ya da HSD) aşağıdaki gibi bulunur.

Genel Serbestlik Derecesi (GSD)=(N-1) (3.9)

Gruplar Arası Serbestlik Derecesi (GASD)=(k-1) (3.10)

G:ruplar İçi Serbestlik Derecesi (GISD)= (N-k) (3.11)

Daha öncede belirtildiği üzere kareler toplamları arasında GKT = GAKT+GIKT şeklinde bir ilişki vardır. Bu ilişkinin aynısı serbestlik dereceleri için de geçerlidir. Yani serbestlik dereceleri arasında GSD = GASD + GISD şeklinde bir ilişki vardır (Mendeş, 2013).

3.1.1.3. Kareler ortalamalarının (varyansların) hesaplanması

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots\ldots\ldots = \mu_k$ şeklinde ifade edilen H_0 hipotezinin,

H_1 :"En az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir" şeklinde kurulan alternatif ya da karşıt hipoteze karşı test edilmesinde gruplar arası kareler ortalaması (GAKO) ile gruplar içi kareler ortalamasından (GIKO) yararlanılır.

Gruplar arası kareler ortalaması (GAKO) : GAKO $=\frac{GAKT}{GASD}$ şeklinde (3.12)

Gruplar içi kareler ortalaması da (GIKO) : GIKO $=\frac{GIKT}{GISD}$ şeklinde hesaplanır. (3.13)

GIKO; aynı zamanda toplanmış varyans (pooled variance) olarak da adlandırılır. Toplanmış varyans bilinmeyen popülasyon varyansının (σ^2) en iyi tahmini olup, deneme hatasının bir ölçüsüdür. Eğer karşılaştırılan gruplardaki gözlem sayıları eşit ise toplanmış varyans:

$$S^2_{Top}=\frac{\sum_{i=1}^{k} s_i^2}{k} \quad (3.14)$$

şeklinde hesaplanır. Dolayısıyla gruplardaki gözlem sayılarının eşit olması halinde; Toplanmış Varyans; grup varyanslarının ortalamasına eşittir. Ancak, uygulamada her zaman gruplardaki gözlem sayıları eşit olmamaktadır. Bu durumda toplanmış varyans:

$$S^2_{Top}=\frac{\sum(n_{i-1})S_i^2}{\sum(n_{i-1})} = \frac{\sum d_A^2+\sum d_B^2+\ldots+\sum d_k^2}{(n_A-1)+(n_B-1)+\ldots+(n_k-1)} \quad (3.15)$$

şeklinde hesaplanır. Bu iki varyansın ya da kareler ortalamasının (GAKO ve GIKO) birbirine oranı ise F-dağılımı gösterir. Yani, $\frac{GAKO}{GİKO}$ oranı F-dağılımı gösterir.

Dolayısıyla F- dağılımı iki varyansın birbirine oranının gösterdiği bir dağılımdır. Bu durumda $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots\ldots = \mu_k$ şeklinde kurulan kontrol hipotezinin kabul ya da ret edilmesi, bu iki varyansın (GAKO ve GIKO) birbirine oranına göre belirlenir. Diğer bir ifade ile varyans analizinde karar vermek için F=GAKO/GIKO şeklinde tarif edilen F- testi ve dolayısıyla F– dağılımından yararlanılır. Bu oran F-dağılımını gösterdiği için varyans analizinde gruplar arasındaki farklılığın karşılaştırılmasında F–dağılımından yararlanılır. Bundan dolayı varyans analizi kısaca ANOVA-F (Analysis Of Varyans) testi olarak da bilinir (Mendeş, 2013).

Varyans analizi tekniğine ilişkin gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra sıra varyans analizi tablosunu oluşturmaya gelir. Tek yönlü varyans analizi tekniğine göre yürütülmüş denemeye ilişkin varyans analizi tablosu şu şekildedir (Mendeş, 2013).

Çizelge 3.2. Varyans analizi tablosu (Mendeş, 2013)

<table>
<tr><th>Varyans Kaynakları</th><th>SD</th><th>KT</th><th>KO</th><th>F- değeri</th></tr>
<tr><td>Genel Kareler Toplamı</td><td>N-1</td><td>GKT</td><td>---------</td><td rowspan="3">F=GAKO/GIKO</td></tr>
<tr><td>Gruplar Arası Kareler Toplamı</td><td>k-1</td><td>GAKT</td><td>GAKO=GAKT/GASD</td></tr>
<tr><td>Gruplar içi Kareler Toplamı</td><td>N-k</td><td>GKT-GAKT</td><td>GIKO=GIKT/GISD</td></tr>
</table>

Yapılan hesaplamalar sonucunda eğer F=GAKO/GIKO şeklinde hesaplanan F-değeri GASD ve GISD serbestlik derecelerine karşılık gelen kritik F- tablo değerine eşit ya da daha büyük ise H_0 hipotezi ret edilir. Dolayısıyla bu durumda “gözlemler arasındaki farklılıkların oluşmasında muamele gruplarının önemli etkide bulunduğu, diğer bir ifade ile grup ortalamaları arasında gözlenen farkların istatiksel olarak önemli farklar olduğu” sonucuna varılır. Diğer taraftan hesaplanan F değeri, kritik F-tablo değerinden küçükse, bu durumda da “karşılaştırılan gruplar arasında istatiksel olarak önemli farkların bulunmadığı anlamına” gelmemektedir. Çünkü, gruplar arasında fark yoktur diyebilmek için “bütün grup ortalamalarının eşit olması” gerekir (Mendeş, 2013).

3.2. Hipotez (Önemlilik) Testleri

Hipotez testlerinin temel amacı, öne sürülen hipotezlerin gerçekleşip gerçekleşmediğini istatistiksel açıdan incelemek ve bir karara varılmasını sağlamaktır. Bu amaçla, değişik araştırma türlerinden ya da araştırma/deney planlarından yararlanılır. Dolayısıyla, amaçlanan hedefler çerçevesinde düzenlenecek farklı araştırma/deney planları için farklı hipotez testi yöntemi vardır (Alpar, 2018).

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde doğru testin (hipotez testinin) ya da analiz (çözümleme) yönteminin seçilmesi, uygulanması ve elde edilen sonuçların doğru olarak yorumlanması son derece önemlidir; çünkü bu sonuçlar, birçok araştırmacı tarafından "doğru olduğu düşüncesiyle" kullanılabilecektir. Bu nedenle daha araştırmanın en başında (araştırma/deney planlanırken), istatistiksel test sürecinde kullanılabilecek testlerin (veya farklı analiz yöntemlerinin) ve bu testlere (veya farklı analiz yöntemlerine) ilişkin varsayımların belirlenmesi son derece önemlidir; çünkü verinin bir anlamda varsayımlar dikkate alınarak derlenmesi gerekmektedir (Alpar, 2018).

Kurulacak hipotezlere dayanak olacak bazı araştırma düşünceleri ile ilgili örnekler ve açıklamalar aşağıda verilmiştir:

- Üniversite sınavına giren adaylar evreninden çekilecek bir örneklem yardımıyla üç farklı lise mezunlarının fen puanları arasında (fen puanları ortalamaları veya ortancaları arasında) istatistiksel açıdan fark var mıdır?
- A türü baldır sakatlığına sahip ancak iki farklı tedavi yöntemi ile tedavi gören hastaların tedaviden 1 ay sonra 1 dk içinde atabildikleri adım sayıları arasında fark var mıdır?
- A ve B bölgesindeki ailelerin kız çocuklarını liseye gönderme oranları arasında fark var mıdır?

Bu tür sorunlara yanıt verebilmek için gözlemsel ve deneysel araştırmalar planlanır ve evreni temsil ettiği düşünülen örneklem verisi derlendikten sonra hipotez testlerinden yararlanılarak karara varılır. Sonuçlar evrene genellenir (Alpar, 2018).

Yukarıdaki örneklerde; incelenen değişkenin veri türü, grup sayısı, araştırma planı, vb. farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, bu örneklerde belirtilmemekle birlikte bir çalışmadaki gözlem sayısı az ya da çok olabilmektedir. Bu çerçevede, kullanılacak hipotez testleri de araştırma planına, veri türüne, gözlem sayısına, verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine vb. göre değişiklik gösterir. Bir diğer deyişle değişik amaçlar için geliştirilmiş hipotez testleri vardır. Yukarıda da belirtildiği gibi bu testler arasından uygun olanının daha araştırma başlamadan belirlenmesi, ilgili testlerin varsayımlarını dikkate alacak şekilde veri toplanması ve sonuçların doğru olarak yorumlanması gerekir (Alpar, 2018).

3.2.1. Hipotez testlerinin aşamaları

Hipotez testleri genellikle dört aşamada uygulanır. Bunlar;

- Hipotezlerin belirlenmesi
- İstatistik test için anlamlılık düzeyinin belirlenmesi,
- Hipotezler çerçevesinde uygun test ya da test istatistiğine karar verilerek test istatistiğinin elde edilmesi (hesaplanması),
- İstatistik açıdan karar verilmesi ve sonuçların yorumlanması aşamalarıdır.

Uygulamada 2. ve 3. aşama yer değiştirebilmektedir (Alpar, 2018).

3.2.1.1. Hipotezlerin belirlenmesi

Hipotezler doğruluğu bir araştırma ya da deney ile test edilecek olan önermeler/öngörüler olarak tanımlanabilir. Örneğin A ve B gibi iki ilacın etkinlik süresi ortalamalarının (μ_A, μ_B) farklı olduğunu ileri sürmek bir hipotezdir. Araştırmacı çalışması ile ilgili hipotezleri önceki araştırmalar ya da teori temellerinde kendisi belirler. Her hipotezin bir de karşıt hipotezi vardır. Bu nedenle hipotez testlerinde iki hipotez belirlenir. Bunlar H_0 ve H_1 hipotezleridir.

H_0 hipotezi**;** sıfır hipotezi, yokluk hipotezi ya da farksızlık hipotezi olarak adlandırılır. Her zaman eşitlik içerir. Hipotez testleri her zaman H_0 hipotezinin doğru olduğu varsayımı altında yapılır.

H_1 hipotezi ise alternatif hipotez, seçenek hipotezi ya da karşıt hipotez olarak adlandırılır. Her zaman eşitsizlik (farklılık) içerir. Araştırmacının hipotezi (araştırma hipotezi) amaca yönelik olarak bu iki hipotezden biri olabilir. Araştırma hipotezi, araştırmacının öne sürdüğü ve araştırma (veya deney) sonucunda gerçekleşmesini ya da doğrulanmasını arzu ettiği hipotezdir. Genel olarak araştırmacılarca daha fazla kurulan hipotez H_1 hipotezidir. Diğer bir tanımla, gruplar/denemeler arasında fark olmadığına değil, fark olduğuna ilişkin hipotezlerdir. Bu nedenle H_1 hipotezi sıklıkla araştırma hipotezi olarak da tanımlanmaktadır. H_1 hipotezi (araştırma hipotezi); büyüktür (>) veya küçüktür (<) işaretlerini içerecek şekilde tek yönlü ya da eşit değildir (≠) işaretini içerecek şekilde iki yönlü kurulurken, H_0 hipotezi (=) işaretini içerecek şekilde kurulur. Dolayısıyla, bir hipotezin tek ya da çift yönlü olduğunu H_1 hipotezi belirler (Alpar, 2018).

3.2.1.2. İstatistik test için anlamlılık düzeyinin (α) belirlenmesi ve p değeri

Hipotez testleri H_0 hipotezinin doğru olduğu varsayımı altında gerçekleştirilir ve H_0 hipotezinin reddedilip edilmeyeceği test edilir. Bu süreçte verilecek kararların %100 doğruluğundan söz etmek olanaklı değildir; çünkü örneklemler üzerinde çalışılmaktadır (Alpar, 2018).

a) Anlamlılık düzeyi (α): Anlamlılık (ya da yanılma ya da hata) düzeyi çoğunlukla istatistiksel test uygulamadan önce araştırıcı tarafından belirlenir ve α (alfa) olarak tanımlanır. Alfa değeri bir olasılıktır ve 0-1 arasında değişir. H_0 hipotezi gerçekten doğru iken onu yanlışlıkla reddetme olasılığı olarak veya ileride açıklanacağı gibi birinci tür hata için öngörülen en büyük sınır değeri olarak tanımlanır. Diğer bir tanımla alfa yanılma düzeyi, H_0 hipotezi gerçekten doğru ise doğru olan H_0 hipotezini reddetmenin maksimum olasılığını ifade eder. Yanılma düzeyi (hata payı) olarak $\alpha=0.05$; $\alpha=0.01$; $\alpha=0.001$ gibi küçük değerler alınır; çünkü H_0 gerçekten doğru iken reddedilmek istenmez (Not: Bazı kaynaklarda 1- α'ya anlamlılık düzeyi, α'ya ise hata düzeyi denmektedir.) hipotez testine ilişkin karar aşamasında (4. Aşama) belirlenen anlamlılık düzeyi dikkate alınarak H_0 hipotezinin reddedilip reddedilmeyeceğine ilişkin kritik tablo değeri belirlenir (Alpar, 2018)

b) p değeri: Anlamlılık düzeyi ile ilgili daha çok küçük p harfi ile gösterilen p değeridir. p değeri istatiksel testin uygulanması sonrasında hesaplanan test istatistiğine bağlı olarak elde edilir. p değeri bir olasılıktır ve 0-1 arasında değişir. p değeri;

- Birinci tür hatanın test sonucunda hesaplanmış değeridir.

- H_0 hipotezi doğru olduğunda gözlenen değerlere bağlı olarak hipotezin yanlışlıkla reddedilme olasılığıdır. (H_0 reddedildiğinde hata yapma olasılığıdır)
- H_0 hipotezi doğru olduğunda elde edilen araştırma sonuçlarının rastgele ortaya çıkması (şansa bağlı olarak elde edilmesi) olasılığıdır (Alpar, 2018).

p değeri ne kadar küçükse, araştırma bulgusunun rastgele ortaya çıkması olasılığı o kadar azdır denir. Yani bu durumda araştırma bulgusu (ya da örneğin A ve B ilaçları ile tedavi edilenlerin tedavi süreleri ortalamaları arasındaki fark) rastgele ortaya çıkmış bir fark değildir. Diğer bir yaklaşımla p değeri ne kadar küçükse ilgili sonucun/farkın rastlantıya bağlı olarak ortaya çıkmasının o kadar az olduğu söylenir. Örneğin p=0.0032 ise ilgili sonucun rastgele ortaya çıkmadığı ya da bu farkın oluşmasında şansın katkısının ancak %0.32 oranında olduğu söylenir. Hipotez testine ilişkin karar aşamasında (4. Aşama) belirlenen anlamlılık düzeyi ve p değeri dikkate alınarak H_0 hipotezinin reddedilip reddedilmeyeceğine ilişkin karar verilir. İstatistik yazılımlar, sonuç aşamasında elde edilen test istatistiklerine ilişkin p değerlerini p value, significance ya da probability başlığı ile çıktılarda vermektedir (Alpar, 2018).

3.2.1.3. Hipotez testi sonucunda ortaya çıkabilecek hatalar, testin gücü ve etki büyüklüğü

Yapılan çalışmalarda hipotez kontrollerinde kontrol hipotezi karşıt hipoteze karşı test edildiği zaman iki tip hata söz konusudur. Yapılan kontrollerin sonucunda kontrol hipotezi yani H_0 hipotezi ret edildiği zaman meydana gelen hata I. Tip hata olarak adlandırılır. Normalde gruplar arasında fark yok iken çalışmanın sonucunda önemli düzeyde bir farklılığın ortaya çıkmasıdır. I. Tip hata olasılığı α ile gösterilir. II: tip hata ise normalde gruplar arasında fark var iken yapılan çalışma sonucunda gruplar arasında farkın çıkmaması anlamına gelir. II. Tip hata olasılığı β ile gösterilir. (Kocabaş ve Kesici 1998). Alfa ve beta hatalarına sırasıyla I. ve II. tür hata da denir. Hipotez testi sürecinde H_0 hipotezi ile ilgili yanlış kararlar verilebileceği gibi doğru kararlar da verilebilir. Bunlar 1 –α ve 1- β olasılıkları olup aşağıda tanımlanmıştır (Alpar, 2018).

a) α; Gerçekte doğru olan H_0 hipotezini test süreci sonunda kabul etme olasılığı olarak bilinir. Örneğin iki grup arasında gerçekte fark yok iken bu farksızlığın test tarafından da doğru olarak saptanması olasılığıdır. 1 –α'ya güven düzeyi de denir (Alpar, 2018).

b) β; Gerçekte yanlış olan H_0 hipotezinin test süreci sonunda reddedilme olasılığı olarak bilinir. 1- β'ya testin gücü denir. Güç için başka tanımlarda yapılabilir. Buna göre; Güç; testin var olan farklılığı doğru olarak belirleme olasılığı veya testin istatistiksel açıdan önemli olarak nitelendirilebilecek farklılıkları ortay çıkarma becerisidir. Güç, fark vardır dediğimizde bunun doğru olma olasılığıdır. Örneğin, iki grup arasında gerçekte fark var iken testin bu farklılığı doğru olarak saptama olasılığı testin gücüdür. Bir hipotez testi sürecinde H_0'ın reddine veya kabulüne karar verildiğinde ortaya çıkabilecek olan ve yukarıda tanımlanan dört durum Çizelge3.3'te özetlenmiştir (Alpar, 2018).

Çizelge 3.3. Hipotez testinde doğru kararlar ve hatalar (Alpar, 2018)

Hipotez testi sonucundaki durum	H_0 ile ilgili gerçek durum(Evren)	
	H_0 Doğru	H_0 Yanlış
H_0 Kabul	Doğru Karar (1-α)	II. Tür Hata (β)
H_0 Red	I.Tür Hata (α)	Doğru Karar (1-β)

Bir hipotez kabul ya da reddedildiğinde gerçek durum (araştırma evrenindeki gerçek sonuç) tam olarak bilinmediği için bu iki tür hatadan hangisinin ortaya çıktığı da bilinemez; ancak istatistik yöntemler kullanılırken α türü hata (1. tip hata) yapma olasılığı araştırıcı tarafından önceden belirlenir ve 0.05;0.01 gibi küçük değerler alınır; çünkü hipotez testleri H_0'ın doğru olduğu varsayımı altında yapılır ve doğru anlamlılık düzeyi 0.05'tir. Seçilen istatistiksel anlamlılık düzeyi araştırmaların gereç ve yöntem bölümünde genellikle; "İstatistiksel anlamlılık α=0.05 olarak alınmıştır." gibi bir cümle ile belirtilir. Daha önce de belirtildiği gibi istatistiksel anlamlılık düzeyi hipotez testinde oldukça önemli rol oynar; çünkü kuramsal tablolardaki kritik değerler α'ya hipotezin tek ya da iki yönlü olması durumuna göre değişiklik gösterir ve H_0'ın reddedilmesine veya reddedilmemesine neden olur (Alpar, 2018).

β türü hata konusunda genellikle bir denetim yoktur. α veya β türü hatalar arasında ilişki vardır. Buna göre; α küçülürken β artar. Ayrıca α sabit tutulurken gözlem sayısının artması β türü hata olasılığını küçültür. Bununla birlikte anlamlılık düzeyi (α), güç (1- β) etki büyüklüğü (genişliği) ve bazı hipotez testlerinde hipotezin tek veya çift yönlü kurulmasının birlikte düşünüldüğü ve gözlem sayısının (örneklem büyüklüğü genişliğinin) bu kısıtlayıcılar altında araştırmaların planlama aşamasında belirlendiği çalışmalar daha fazla önemsenmektedir. Bu süreç güç analizi olarak bilinir. Temel olarak güç analizi araştırmaya başlamadan önce tamamlanmalıdır. Genellikle bir araştırmada bir tane ana (temel) hipotez vardır. Ancak bazı araştırmalarda birden fazla hipotez olabilir. Eğer bir araştırmada temel bir tane hipotez değil de birden çok hipotez var ise bu hipotezlerden her biri temel hipotez gibi düşünülerek örneklem büyüklüğü hesaplanır ve en büyük örneklem büyüklüğünün olduğu sonuç araştırmanın örneklem büyüklüğünü oluşturur. Gözlem sayısını belirleyebilmek için ilgili teste ilişkin dört faktörün anlamlılık düzeyi (α), güç ($1-\beta$), etki büyüklüğü ve hipotezin tek veya çift yönlü olması belirlenmesi gerekir. Bu çerçevede ilgili formülde araştırmacı bilinmeyeni (bilmek istediğini) bulabilir. Örneğin araştırmacı; çalışmaya 50 denek almak istediğinde ($n=50$), $\alpha=0.05$ yanılma düzeyinde, tek yönlü bir test kullanıldığında ve belirlediği bir etki büyüklüğünde bu örneklem büyüklüğü (genişliği) için testin gücünün ($1-\beta$) ne olacağını hesaplamak isteyebilir. Örneklem büyüklüğü formülleri ile etki büyüklüğü çeşidi ve formülleri çalışmada kullanılacak hipotez testine göre değişiklik gösterir. Bu formüllerde kullanılacak ölçüler (oran, ortalama, standart sapma vb.) alandaki önceki çalışmalardan ya da araştırma öncesi yapılacak küçük çalışmalardan (pilot çalışmalardan) elde edilir (Alpar, 2018).

İlgili tanımlayıcı ölçülerin [örneğin iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testinde gruplara ilişkin evren ortalamaları olan μ_1 ve μ_2 ile gruplara ilişkin standart sapmaların (σ_1 ve σ_2)] alanyazından ya da pilot çalışmalardan elde edilemediği durumlarda etki büyüklüğü ve güç hesaplamaları çalışma sonrasında da yapılabilmektedir. Böylece, çalışmadaki bulgular yardımıyla testin gücünün ve etki büyüklüğünün ne kadar olduğu öğrenilmiş olur. Çalışmadaki bulgular yardımıyla hesaplanan güce, çalışmanın gözlenen gücü (observed power) denirken, çalışmadan elde edilen bulgular yardımıyla elde edilen etki büyüklüğüne gözlenen etki büyüklüğü (observed effect size) denir. Bu bulgular, araştırmanın başında belirlenmesi gereken etki büyüklüğü ve gücün birer kestirimi olarak düşünülür; ancak gözlenen etki büyüklüğü ve gözlenen güç bazı araştırmacılarca pek önemsenmemektedir. Çünkü genelde gruplar arasında fark varken gözlenen güç yüksek, fark yokken gözlenen güç düşük elde edilmektedir (Alpar, 2018).

Bir testte gerek (1-α) gerekse (1-β) olasılıklarının yüksek olması istenir. 1-α genellikle 0.95, 0.99, 0.999 gibi yüksek olasılık değerlerinde tutulurken (Yani $\alpha=0.05$; $\alpha=0.01$; $\alpha=0.001$ olarak anılırken) 1- β'nın yani gücün 0.80'den az olmaması istenir (yani $\beta \leq 0.20$ olması arzu edilir). Diğer bir deyişle, α gibi 1- β için de kabul edilebilir sınırlar vardır. Genellikle α için 0.05'lik hata kabul edilebilir en yüksek değer iken 1- β için kabul edilebilir en düşük değer 0.80'dir. Bir hipotez testi sonucunda gruplar arasında farkın anlamlı olduğunu ve testin gücünün 0.82 olarak bulunduğunu düşünelim. Buna göre, bu testin gerçekte var olan farklılığı doğru bir şekilde yakalama olasılığının yüksek olduğu söylenir. Eğer bir çalışmada (örneğin A ve B gibi iki bağımsız grubun ortalamaları arasında fark olup olmadığının incelendiği bir çalışama) fark saptanamadı ve güç (1- β) düşük ise (Yani β büyük ise) bu çalışmanın bilimsel değerinin düşük olduğu söylenir. Örneğin gücü $1-\beta=0.40$ olan bir çalışmada gruplar arasında fark bulunmadığında gözlem sayısının azlığı nedeniyle ikinci tür hata yapma olasılığı $\beta=1-0.40=0.60$ yüksektir ve testin 0.60 olasılıkla var olan farklılığı belirleyemediği, yani testin var olan farkı ortaya çıkarma becerisinin düşük olduğu söylenir (Alpar, 2018).

3.3. Kareler Toplamı Tipleri (Tip I, Tip II, Tip III)

Bir deneme ya da araştırma sonucunda elde edilen sayısal verilerin değerlendirilmesinde kullanılacak istatistik teknikler; verilerin elde ediliş şekli, alınmış oldukları varsayılan popülasyonların dağılımı, örnek genişliği ve denemenin dengeli veya dengesiz oluşu gibi faktörlere bağlı olarak değişir (Koşkan, 2016).

Faktöryel deneme desenlerinde her hücrede eşit sayıda veri olmaması veya bazı hücrelerin boş olması durumu söz konusu ise, bu durumda deneme deseni "dengelenmemiş deneme deseni" (unbalanced design) olarak tanımlanmaktadır (Searle, 1987).

ANOVA modelleri genel doğrusal modeller yardımıyla çözülür ve kareler toplamlarının hesaplanmasında 1. Tip, 2. Tip, 3. Tip ve 4. Tip kareler toplamları olarak adlandırılan dört farklı yöntem kullanılır. Bu yöntemlerde ana etki ve etkileşimlere ait kareler toplamları farklı şekillerde elde edilir. Varyans analizinde F değerinin hesaplanmasında verilerin dengeli dağılım gösterdiği çalışmalarda bir sorun yaşanmamakla birlikte çeşitli sebeplerle veri kayıplarının yaşandığı durumlarda sorunlar meydana gelmektedir. Hücreler arasındaki dengesizliğin yarattığı sorunları çözmek için literatürde üç tür yaklaşım önerilmektedir (Boyacıoğlu, 2005).

Bu yaklaşımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Veri eklenmesi ile hücrelerin dengelenmesi: Bu yaklaşım pragmatik değildir ve rastgeleliğe aykırıdır.
- Veri çıkarılması ile dengesizliğin giderilmesi: Bu durumda zaten zayıf olan testin gücü veri kaybedilerek daha da azalacaktır. Ayrıca şimdiye kadar yapılan çalışmalarda hangi verinin deneyden çıkarılacağı konusunda yöntemler tanımlanmamıştır.
- Dengesiz veri seti ile varyans analizinin çözümlenmesi: yapılan çalışmalar, bu durum için en iyi çözüm yönteminin bu dengesiz veri seti ile çözümleme yapmak olduğunu göstermiştir. Bu sebepten dolayı kareler toplamlarının hesaplanmasında çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yöntemler, literatürde en genel anlamıyla Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV adını almıştır (Boyacıoğlu, 2005).

3.3.1. Ağırlıklandırılmış ortalamalar (Tip I) yöntemi

Birinci Tip yöntem (Type I SS), her bir ana etki veya etkileşimin sırayla modele eklendiği bir yöntemdir. Bu nedenle bu yöntemle elde edilen etki veya etkileşimlerin kareler toplamı, ardışık kareler toplamı olarak da bilinir (Ergün ve Aktaş, 2009).

Literatürde, Tip I kareler toplamları (Type I SS) yöntemi olarak tanımlanan bu yöntem ile iki-yönlü varyans analizi çözümlemesinde faktörler modele ardışık olarak alınır ve kareler toplamları buna bağlı olarak hesaplanır. Bu sebepten dolayı bu yöntemle ilgili en yaygın tanımlamalardan biri de “Ardışık” (Sequential) kareler toplamları yöntemidir (Boyacıoğlu, 2005).

Tip I yöntemi ile kareler toplamları bulunurken, hesaplamaya ilk katılacak faktör önemlilik kazanır ve diğer hesaplanacak faktör kareler toplamları buna göre hesaplanır. Her bir faktör etkisi öncelik sırasına göre düzeltilir. Ayrıca bu yöntemde ağırlıklandırılmış marjinal ortalamaları hücrelerdeki gözlem sayısına bağlıdır. Bu sebepten dolayı literatürde önerilen ve fazla bir uygulama alanı bulan bir yöntem değildir. Her şeye rağmen dengeli durumun mevcut olmadığı durumlarda faktör etkileri ile ilgili olarak bazı bilgiler veren bir yöntemdir. Literatürde Tip I yöntemi farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Boyacıoğlu, 2005).

- WTM- Weighted Means
- Hierarchical SS
- Yates's method for proportional cell sizes
- SAS Type 1 SS with rows first GKT (LM)
- SS for rows ignoring columns and interactions
- Searle's R (α\µ)

Bu yöntemde her bir hücre ortalaması o hücredeki örneklem sayısına göre ağırlıklandırılmıştır. Tip I yöntemine göre faktör ve kareler toplamlarının hesaplanmasında

- Eğer modele ilk olarak A faktörü alınmışsa, faktör ve etkileşim kareler toplamları aşağıdaki gibi tanımlanır.

$KT_A = KT(A)$ (3.16)

$KT_B = KT(B \backslash A)$ (3.17)

$KT_{AXB} = KT(AXB \backslash A,B)$ (3.18)

A faktörüne ait kareler toplanı düzeltilmeden, B aktörüne ait kareler toplamı A faktörüne göre, etkileşim (AXB) kareler toplamı A ve B faktörüne göre düzeltilerek hesaplanır (Boycıoğlu, 2005).

- Eğer modele ilk olarak B faktörü alınmışsa faktör ve etkileşim kareler toplamları aşağıdaki gibi tanımlanır.

$KT_B = KT(B)$ (3.19)

$KT_A = KT(A \backslash B)$ (3.20)

KT_{AXB}=KT(AXB\A,B) (3.21)

B faktörüne ait kareler toplamı düzeltilmeden, A faktörüne ait kareler toplamı B faktörüne göre, etkileşim (AXB) kareler toplamı A ve B faktörüne göre düzeltilerek hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

3.3.2. Sabit katsayılar (Tip II) yöntemi

Literatürde, "Yates's method of fitting constants" ve "Type II SS" yöntemi olarak adlandırılan bu yöntem ilk olarak Yates (1934) tarafından geliştirilmiştir (Boyacıoğlu, 2005). Kısmi ardışık kareler toplamı olarak bilinen bu yöntem, ana etki ve etkileşimlerin modelde bulunma önceliğinden, diğer bir ifade ile değişkenlerin sırasından etkilenmez (Ergün ve Aktaş, 2009).

(Yates, 1934; Langsrud, 2003) Bu yöntemde, her bir faktörün etki düzeyi (etkileşim terimi dışında), diğer faktöre göre düzeltilerek hesaplanmaktadır. Eğer deneme deseninde boş hücre varsa ve etkileşim önemsiz ise Tip II yöntemi varyans analizi çözümlemesinde en iyi sonucu vermektedir (Boyacıoğlu,2005).

Tip II yöntemi için "Deneysel Araştırmalar için, Geleneksel Varyans Analizi Yapısına Uyan En İyi Yöntem" tanımlamasını yapmışlardır. Literatürde Tip II yöntemi farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- EAD-Each Adjusted for the other
- Yates's fitting constants
- SAS Type 2 SS in GLM
- Default analysis in SPSS
- SS for rows adjusted for columns
- Searle's R(α\μ,β)(Boyacıoğlu,205)

A ve B olarak tanımlanmış iki faktörlü dengelenmemiş bir deneme deseninde faktör ve etkileşim kareler toplamları aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$KT_A = KT(A \backslash B) \tag{3.22}$$

$$KT_B = KT(B \backslash A) \tag{3.23}$$

$$KT_{AXB} = KT(AXB \backslash A, B) \tag{3.24}$$

A faktörüne ait kareler toplamları B faktörüne göre, B faktörüne ait kareler toplamları A faktörüne göre, etkileşim (AXB) kareler toplamları A ve B faktörüne göre düzeltilerek hesaplanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

(Yates, 1934; Shaw vd., 1993) Yukarıda görüldüğü gibi faktör kareler toplamlarının hesaplanmasında etkileşime göre bir düzeltme yapılamamaktadır. Bundan dolayı Tip II yöntemi etkileşim olmadığı durumda en iyi sonucu verir (Boyacıoğlu, 2005).

3.3.3. Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması (Tip III) yöntemi

(Langsrud, 2003; Maxwell vd., 1990; Steel vd., 1960) Literatürde "Yates weighted squares of means" ve "Type 3 SS" şeklinde tanımlanan bu yöntem, deneme deseninde boş hücre olmaması ve etkileşimin önemli olması durumunda, standart varyans analizi çözümlemesine en uygun yöntem olarak tanımlanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

(Langsrud, 2003; Spector vd., 1981) Tip III yönteminde, faktör kareler toplamları, diğer faktör ve etkileşime göre düzeltilerek hesaplanır. Modelde etkileşim önemli ise deneme deseninde boş hücre olmaması koşulu ile Tip III yöntemi iki-yönlü varyans analizinde en iyi sonucu vermektedir. Bu yöntemle kareler toplamları hesaplanırken faktörlerin hesaplamaya alınış sıraları önemli değildir (Boyacıoğlu, 2005).

(Langsrud, 2003) Birçok istatistiksel paket programında (BMDP2V, SYSTAT MGLH, MINITAB GLM) Tip III yöntemi kurulu seçenek olarak tanımlanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

(Searle, 1987; Lewsey vd., 2001; Herr, 1986; Spector vd., 1981) Tip III yönteminin literatürdeki tanımlamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- STP-Standard Parametric
- Unique SS-Regression SS

- Yates’sWeightedSquers of means
- SAS Type 3 SS in GLM
- SS forrowsadjustedforcolumnsandinteractions
- Searle’s R(α\μ,β,ϒ) (Boyacıoğlu, 2005).

(Graybill, 2000; Shaw vd., 1993) A ve B olarak tanımlanmış iki faktörlü dengelenmemiş bir deneme deseninde model denklemine ait faktör ve etkileşim kareler toplamları, Tip III yönteminde aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

KT_A=KT(A\B,AXB) (3.25)

KT_B=KT(B\A,AXB) (3.26)

KT_{AXB}=KT(AXB\A,B) (3.27)

A faktörüne ait kareler toplamları B faktörü ve etkileşime (AxB) göre B faktörüne ait kareler toplamları A faktörü ve etkileşime (AXB) göre, etkileşim kareler toplamları A ve B faktörüne göre düzeltilerek hesaplanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

3.4. Dengelenmemiş Düzende İki-Yönlü Varyans Analizinde Etkileşim ve Faktör Kareler Toplamlarının Hesaplanması

Dengelenmemiş veri seti ile iki-yönlü varyans analizi çözümlemelerinde yöntemlere göre faktör ve etkileşim kareler toplamlarının hesaplanmasında dengesizlik ve etkileşimin durumuna göre farklı hesaplama yöntemleri bulunur (Boyacıoğlu, 2005).

3.4.1. Etkileşim kareler toplamlarının hesaplanması

(Steel vd., 1960; Maxwell vd., 1990) Modeldeki faktörlerin etken sayılarına ve deneme deseninde boş hücre olup olmaması durumuna bağlı olarak etkileşim kareler toplamları farklı hesaplama yöntemleri ile bulunur. Tüm yöntemler (Tip I, Tip II ve Tip III) için bulunacak etkileşim kareler toplamları aynı sonucu verecektir. Çünkü etkileşim kareler toplamları hesaplanırken hücre ölçümleri yerine hücre ölçümlerinin harmonik ortalaması kullanılmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

3.4.1.1. (rx2)'lik Düzende Etkileşim Kareler Toplamlarının Hesaplanması

(Steel vd., 1960; Maxwell vd., 1990) Eğer iki faktörlü deneme deseni (rx2)'lik düzende kurulmuş ise deneme deseninde tüm hücrelerin dolu veya boş olması durumuna göre etkileşim kareler toplamları farklı yöntemlerle hesaplanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

3.4.1.2. Boş hücreli (rx2)'lik düzende etkileşim kareler toplamlarının hesaplanması

Deneme deseninde kare matris düzenini sağlayacak düzenlemeye göre (3.28) nolu formül kullanılarak hesaplama yapılır. Örneğin çizelge 3.4'teki gibi bir hücresi boş olarak oluşturulmuş bir deneme deseninde Y_{11}, Y_{12}, Y_{21}, Y_{22} hücreleri dikkate alınarak etkileşim kareler toplamı hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.4. Boş hücreli (3x2)'lik deneme deseni (Boyacıoğlu, 2005)

	B_1	B_2
A_1	(Y_{11})	(Y_{12})
A_2	(Y_{21})	(Y_{22})
A_3	$(Y3_1)$	------

3.4.1.3. Tüm hücrelerde veri olması durumunda (rx2)'lik düzende etkileşim kareler toplamlarının hesaplanması

Bu durumda, kare matris düzeni sağlanmadığı için (3.28) nolu formül kullanılarak hesaplama yapılamamaktadır. Bu durumda model denklemi

$$X_{ijk}= \mu +A_i+B_j+ (AB)_{ij}+\varepsilon_{ijk} \qquad (3.28)$$

İ=1,…,r

J=1,.2

ve

i, satır sayısı

j, sütun sayısı

$\bar{x}_{i1.}$, i'nci satır, 1. sütun ortalaması,

$\bar{x}_{i2.}$, İ'nci satır, 2. sütun ortalaması

$$W_i=\frac{1}{\sum_{j=1}^{2}\left(\frac{1}{n_{ij}}\right)} \quad ,d_i= \bar{x}_{i1.} - \bar{x}_{i2} \tag{3.29}$$

olmak üzere, A ve B faktörüne ait etkileşim kareler toplamı,

$$KT_{AxB} =\sum_{i=1}^{r} w_i d_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{r} w_i d_i \right)^2}{\sum_{i=1}^{r} w_i} \tag{3.30}$$

şeklinde hesaplanır.

3.4.1.4. (2x2)'lik düzende etkileşim kareler toplamlarının hesaplanması

A ve B gibi iki faktörlü, dengelenmemiş bir deneme deseninde model denklemi,

$$Y_{ijk}= \mu +A_i+B_k+ (AB)_{jk}+\varepsilon_{ijk} \tag{3.31}$$

J=1,2

K=1,2

şeklinde tanımlandığında, etkileşim kareler toplamı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$KT_{AXB} =\frac{(\bar{Y}_{11}-\bar{Y}_{12}-\bar{Y}_{21}+\bar{Y}_{22})^2}{\left(\frac{1}{n_{11}}+\frac{1}{n_{12}}+\frac{1}{n_{21}}+\frac{1}{n_{22}}\right)} \tag{3.32}$$

Yukarıdaki formül yeninden düzenlenecek olursa;

$$KT_{AXB}=\breve{n}(\bar{Y}_{11} - \bar{Y}_{12} - \bar{Y}_{21} + \bar{Y}_{22})^2/4 \tag{3.33}$$

olacaktır. Burada n_{11} , n_{12} , n_{21} , n_{22}'nin harmonik ortalaması

$$\breve{n} =\frac{4}{\left(\frac{1}{n_{11}}+\frac{1}{n_{12}}+\frac{1}{n_{21}}+\frac{1}{n_{22}}\right)} \tag{3.34}$$

şeklinde hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

(2x2)'lik düzende ana etki katsayılarını hesaplamak mümkündür. Çizelge 3.5'te A faktörü için etki katsayılarının hesaplama yöntemleri verilmiştir (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.5. Dengelenmemiş (2x2)'lik düzende ana etki katsayıları (A Faktörü) (Boyacıoğlu, 2005)

	11	12	21	22
TİP I	n_{11} / n_{1+}	n_{11} / n_{1+}	$-n_{21} / n_{2+}$	$-n_{22} / n_{2+}$
TİP II	$n_{11}\, n_{21} / n_{+1}$	$n_{12} n_{22} / n_{+2}$	$-n_{11}\, n_{21} / n_{+1}$	$-\, n_{12} n_{22} / n_{+2}$
TİP III	1/2	1/2	-1/2	-1/2

(Maxwell vd., 1990) Dengelenmemiş düzende herhangi bir faktörün düzey sayısı 2'den fazla olduğu zaman ana etki katsayılarının hesaplanması ile ilgili olarak yukarıdaki hesaplamalarla toplamsallığın sağlanamadığı görülmektedir. Bu sebepten dolayı etkileşim kareler toplamının hesaplanmasında farklı hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

3.4.2. Faktör kareler toplamlarının hesaplanması

(Langsrud, 2003; Steel vd., 1960) Dengelenmemiş veri setiyle iki yönlü varyans analizi çözümlenmesinde faktör kareler toplamlarının hesaplanmasında da dengesizliğin durumuna göre diğer bir ifade ile deneme deseninde boş hücre olup olmaması durumuna ve yöntemlere göre hesaplamalar farklı şekillerde yapılmaktadır. Deneme deseninde boş hücre varsa Tip III kareler toplamları yöntemi ile iki-yönlü varyans analizi çözümlemesi yapılmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

3.4.2.1. Ağırlıklandırılmış ortalamalar (Tip I) yöntemine göre faktör kareler toplamlarının hesaplanması

(Searle, 1987; Steel vd., 1960) Tip I kareler toplamları yönteminde her bir faktör etkisi modele alınma sırasına göre düzeltilmekte ve hesaplamalar buna göre yapılmaktadır. Model denklemi aşağıdaki gibi tanımlandığında

$$y_{ijk}=\mu+A_j +B_k+ (AB)_{jk}+ \varepsilon_{ijk} \quad (3.35)$$

$j= 1,....,a$

$k=1,\ldots,b$

$$\bar{Y}_{j.(w)} = \sum_{k=1}^{b} \frac{n_{jk}\bar{Y}_{jk}}{n_{j+}} \qquad (3.36)$$

$$\bar{Y}_{.k(w)} = \sum_{j=1}^{a} \frac{n_{jk}\bar{Y}_{jk}}{n_{k+}} \qquad (3.37)$$

$$\bar{Y}_{..(w)} = \frac{\sum_{j=1}^{a} n_{j}+\bar{Y}_{j(w)}}{\sum_{j=1}^{a} n_{j+}} \qquad (3.38)$$

olmak üzere faktörlere ait kareler toplamları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

a. 1.Faktör A için;

Tip I yöntemine göre çözümlemede faktörlerin modele alınış sırası çok önemlidir. Eğer birinci faktör A ise, A faktörüne ait kareler toplamları herhangi bir düzeltme yapılmadan hesaplanır. B faktörü A faktörüne göre düzeltilerek hesaplanır. Buna göre,

$$KT_{A(\text{Düzeltilmemiş})} = \sum_{j=1}^{a} n_j + (\bar{Y}_{J.(W)} - \bar{Y}_{..(W)})^2 \qquad (3.39)$$

şeklinde hesaplanır.

B faktörüne ait kareler toplamlarının hesaplanmasında, aşağıdaki adımlar izlenir.

- Deneme deseni dengeliymiş varsayımı ile Deneme, Hata, Genel, A ve B faktörlerine ait kareler toplamları (KTDeneme, KTHata, KTGenel, KTA, KTB)hesaplanır.
- Deneme deseni ve dengesizlik durumu dikkate alınarak, etkileşim kareler toplamları (KTAxB)bulunur.
- Dengesizlikten kaynaklanan ve literatürde "Dengesizlik Düzeltme Terimi" şeklinde tanımlanan değer (3.40) nolu formüldeki gibi hesaplanır.

$$\text{DengesizlikDüzeltmeTerimi} = KT_{\text{Deneme}} – (KT_A + KT_B + KT_{AxB}) \qquad (3.40)$$

Bulunan değer düzeltilmeden hesaplanmış olan B faktörü kareler toplamına eklenerek, düzeltilmiş B faktör kareler toplamı bulunur. Buna göre,

$KT_{B(Düzeltilmiş)} = KT_B + DengesizlikDüzeltmeTerimi$ (3.41)

Buna göre 1. faktör A için oluşturulacak iki-yönlü varyans analizi tablosu "s" : Dolu hücre sayısı, "N" : Toplam Gözlem Sayısı olmak üzere aşağıdaki şekilde oluşturulur (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.6. Ağırlıklandırılmış ortalamalar (Tip I) yöntemine göre iki-yönlü varyans analizi tablosu (1. Faktör A) (Boyacıoğlu, 2005)

Kaynak	Sd	KT(Tip III)	KO	F
A(Düzeltilmemiş)	a-1	$KT_{A(Düzeltilmemiş)}$	$KT_{A(Düzeltilmemiş)}/a-1$	$KO_{A(düzeltilmemiş)}/KO_{hata}$
B(Düzeltilmiş)	b-1	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$	$KT_{B(Düzeltilmiş)}/b-1$	$KOB_{(düzeltilmiş)}/KO_{hata}$
AXB	s-a-b+1	KT_{AxB}	$KT_{AxB}/(s-a-b+1))$	KO_{AxB}/KO_{HATA}
Hata	N-s	KT_{HATA}	$KT_{HATA}/N-s$	
Genel	N-1	KT_{GENEL}		

b. 1. Faktör B için;

(Steel vd., 1960; Searle, 1987) Eğer modele ilk olarak B faktörü alınmışsa, bu durumda B faktörüne ait kareler toplamı düzeltilmeden hesaplanır. A faktörü kareler toplamı ise sadece B faktörüne göre düzeltilerek hesaplanır. Buna göre,

$KT_{B(Düzeltilmemiş)} = \sum_{k=1}^{b} n_{+k}(\bar{Y}_{.k(w)} - \bar{Y}_{..(w)})^2$ (3.42)

A faktörüne ait kareler toplamlarının hesaplanmasında, aşağıdaki adımlar izlenir. Deneme deseni dengeliymiş varsayımı ile Deneme, Hata, Genel, A ve B faktörlerine ait kareler toplamları *(KT_{DENEME}, KT_{HATA}, KT_{GENEL}, KT_A, KT_B)* hesaplanır. Deneme deseni ve dengesizlik dikkate alınarak, Etkileşim Kareler Toplamı (KT_{AXB}) bulunur. Dengesizlikten kaynaklanan ve literatürde "Dengesizlik Düzeltme Terimi" şeklinde tanımlanan değer (3.43) nolu formüldeki gibi hesaplanır.

$DENGESİZLİK\ DÜZELTME\ TERİMİ = KT_{Deneme} - (KT_A + KT_B + KT_{AB})$ (3.43)

Bulunan değer, hesaplanmış olan A faktörü kareler toplamına eklenerek, düzeltilmiş B faktörü kareler toplamı bulunur. Buna göre,

$KT_{A(Düzeltilmiş)} = KT_A + DengesizlikDüzeltmeTerimi$ (3.44)

Yukarıdaki tüm hesaplamalar dikkate alındığında 1. Faktör B için iki-yönlü varyans analizi tablosu aşağıdaki gibi oluşturulur (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.7. Ağırlıklandırılmış ortalamalar (Tip I) yöntemine göre iki-yönlü varyans analizi tablosu (1. Faktör B) (Boyacıoğlu, 2005)

Kaynak	Sd	KT(Tip III)	KO	F
A (Düzeltilmemiş)	b-1	$KT_{A(Düzeltilmemiş)}$	$KT_{A(Düzeltilmemiş)}$/a-1	$KO_{A(Düzeltilmemiş)}/KO_{hata}$
B (Düzeltilmiş)	a-1	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$/b-1	$KOB_{(Düzeltilmiş)}/KO_{hata}$
AXB	s-a-b+1	KT_{AxB}	KT_{AxB}/(s-a-b+1))	KO_{AxB}/KO_{HATA}
Hata	N-s	KT_{HATA}	KT_{HATA}/N-s	
Genel	N-1	KT_{GENEL}		

3.4.2.2. Sabit katsayılar (Tip II) yöntemine göre faktör kareler toplamlarının hesaplanması

(Langsrud, 2003; Herr, 1986; Spector vd., 1981) Tip II kareler toplamları yöntemi, kitlede etkileşimin olmadığı ve deneme deseninde boş hücre olması durumunda kullanılması uygun olan bir yöntemdir. Çünkü bu yöntemle faktör kareler toplamları hesaplanırken etkileşime göre düzeltme yapılamaz (Boyacıoğlu, 2005).

(Steel vd., 1960) Dengelenmemiş ve boş hücreli deneme desenlerinde Tip II kareler toplamları yöntemi ile aynı zamanda, faktör etki düzeyleri hesaplanabildiği için, boş hücreler tahminlenmeye çalışılır (Boyacıoğlu, 2005).

(Yates, 1934) Aşağıdaki bölümlerde deney düzenine göre Tip II yöntemi ile faktör kareler toplamlarının hesaplanma yöntemleri açıklanmıştır.

a) (2xc)'lik düzende Sabit Katsayılar (Tip II) Yöntemine Göre Faktör Kareler toplamlarının Hesaplanması A ve B gibi iki faktörlü (2xc)'lik, dengelenmemiş bir deneme deseninde, kitlede etkileşimin önemsiz olduğu varsayıldığında ve model denklemi;

$$Y_{ijk}=\mu+A_i+B_j+\varepsilon_{ijk} \quad (3.45)$$

$$Y_{ijk}=\hat{\mu}+a_i+b_j+e_{ijk} \quad (3.46)$$

İ=1,2

J=1,2,…...c

kısıtlılıklar,

$$\sum_i a_i = 0 \qquad (3.47)$$

$$\sum_j b_j = 0 \qquad (3.48)$$

şeklinde tanımlandığında, Tip II yöntemine göre faktör kareler toplamlarının hesaplanması 3 aşamada gerçekleştirilir.

1.Aşama: Deneme deseni dengeliymiş varsayımı ile standart varyans analizi çözümleme yöntemleri ile düzeltme terimi (DT) A ve B faktörüne ait kareler toplamları (KTA, KTB) hata ve genel kareler toplamlarıb (KTHATA, KTGENEL)deneme kareler toplamı (KTDENEME) hesaplanır.

2.Aşama: Genel ortalama ($\tilde{\mu}$)'nün ve faktör etki paylarının hesaplanması için y=xb+e'ye göre normal doğru denklemlerinin çözümünde (X'X)b=(X'Y)'ye ait matrisler aşağıdaki şekilde oluşturulur (Boyacıoğlu, 2005).

$$\begin{aligned} &\mathrm{y.1.} = \mathrm{n.1}(\tilde{\mu} + b1) + (n11 - n21)a1 \\ &\mathrm{y.2.} = \mathrm{n.2}(\tilde{\mu} + b2) + (n12 - n22)a1 \\ &\qquad\qquad \vdots \\ &\mathrm{y.c.} = \mathrm{n.c}(\tilde{\mu} + bc) + (n1c - n2c)a1 \\ &\mathrm{y.1..} = \mathrm{n.11}(\tilde{\mu} + b1) + n12(\tilde{\mu} + b1) + \cdots + n1c(\tilde{\mu} + bc) + n1.a1 \end{aligned} \qquad (3.49)$$

elde edilir.

Matrisler,

$$b = \begin{bmatrix} \tilde{\mu} & b_1 \\ \tilde{\mu} & b_2 \\ & . \\ & . \\ \tilde{\mu} & b_1 \\ a_1 & \end{bmatrix} \qquad (3.50)$$

$$X'Y=\begin{bmatrix} y_{.1} \\ y_2 \\ \vdots \\ . \\ y_{.c} \\ y_{1..} \end{bmatrix} \tag{3.51}$$

$$X'X \begin{vmatrix} n_1 & 0 & 0 & . & . & 0 & (n_{11}-n_{21}) \\ 0 & n_2 & 0 & . & . & 0 & (n_{12}-n_{22}) \\ . & & & & & & \\ . & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & . & . & n_{.c} & (n_{1c}-n_{2c}) \end{vmatrix} \tag{3.52}$$

şeklinde oluşturulur. Buradan b matrisi,

$$b=(X'X)^{-1}X'Y \tag{3.53}$$

çözümlemesi ile elde edilir. Böylece

$\tilde{\mu}$,($\tilde{\mu}$ +b_1), ($\tilde{\mu}$+b_2), ($\tilde{\mu}$ +b_3)…. ($\tilde{\mu}$ +b_c),a_1, hesaplanır.

kısıtlıklar dikkate alınarak,

$\sum_{j=1}^{c}(\tilde{\mu}+b_j)=c\tilde{\mu}$ formülü ile,

$\tilde{\mu}, b_1, b_2, \ldots\ldots b_c$ ve

$$\sum_{i=1}^{2} a_1 \tag{3.54}$$

kısıtlılığı dikkate alınarak a_2 etki payı hesaplanır.

3.Aşama: (Steel vd., 1960) Bu adımda standart varyans analizi çözümlemesi yöntemlerine göre, hesaplanmış olan kareler toplamları ve hesaplanmış olan $\tilde{\mu}$ ve faktör etki payları dikkate alınarak, düzeltilmiş deneme kareler toplamları hesaplanır. Bu değer literatürde "Reduction due fitting constants" olarak tanımlanmaktadır (Boyacıoğlu, 2005).

Buna göre,

$KT_{Deneme(Düzeltilmiş)} = \sum_{j=1}^{c} (\tilde{\mu} + b_j)\, y_{.j.} + \sum_{i=1}^{2} a_i y_{i..} - DT$ (3.55)

Buradan, A ve B faktörlerine ait düzeltilmiş kareler toplamları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$KT_{A(Düzeltilmiş)} = KT_{Deneme(Düzeltilmiş)} - KT_B$ (3.56)

$KT_{B(Düzeltilmiş)} = KT_{Deneme(Düzeltilmiş)} - KT_A$ (3.57)

(Searle1987; Steel vd., 1960) Buradan Tip II yöntemine göre varyans analizi tablosu aşağıdaki gibi oluşturulur (Boyacıoğlu,2005).

Çizelge 3.8. Tip II yöntemine göre varyans analizi tablosu (Boyacıoğlu, 2005)

Kaynak	sd	KT(Tip II)	KO	F
Deneme (Düzeltilmiş)	(a-1)+(b-1)	$KT_{Deneme(Düzeltilmiş)}$	$KT_{Denemel(Düzeltilmiş)}$/ (a-1)+(b-1)	
A (Düzeltilmiş)	a-1	$KT_{A(Düzeltilmiş)}$	$KT_{A(Düzeltilmiş)}$/a-1	$KO_{A(Düzeltilmiş)}$ /$KO_{(Hata)}$
B (Düzeltilmiş)	b-1	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$/b-1	$KO_{B(Düzeltilmiş)}$ /$KO_{(Hata)}$
Hata	N-s	KT_{Hata}	KT_{Hata}/N-s	
Genel	N-1	KT_{Genel}		

b) (2x2)’lik Düzende Sabit Katsayılar(Tip II) Yöntemine Göre Faktör Kareler Toplamlarının Hesaplanması

(Steel vd., 1960)A ve B gibi iki faktörlü etkileşimin önemli olmadığı bir deneme deseninde model denklemi;

$X_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \varepsilon_{ijk}$ (3.58)

İ=1,2 j=1,2

Olmak üzere ve kısıtlılıklar,

$\sum_i A_i = 0, \sum_j B_J = 0$ (3.59)

Şeklinde tanımlandığında Tip II yöntemine göre faktörlere ait kareler toplamları aşağıdaki şekilde hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

$\overline{x_{i1}}$ =i’nci satır, 1. Sütunun ortalaması

$\overline{x_{i2}}$ =i’nci satır, 2. Sütunun ortalaması

$$w_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^{2}\left(\frac{1}{n_{ij}}\right)} \qquad (3.60)$$

$$d_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} \qquad (3.61)$$

olmak üzere;

$$KT_{B(Düzeltilmiş)} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{2} w_i d_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{2} w_i} \text{şeklindedir.} \qquad (3.62)$$

(Steel vd., 1960) A faktörüne ait kareler toplamlarının hesaplanmasında ilk olarak standart varyans analizi çözümleme yöntemleri A ve B kareler toplamları (KT_A, KT_B) hata ve genel kareler toplamları (KT_{Genel}, KT_{Hata}) hesaplanır. Düzeltilmeden hesaplanmış olan B kareler toplamı (KT_B) (3.62) nolu formülle hesaplanmış olan düzeltilmiş B faktörü kareler toplamı ($KT_{B(Düzeltilmiş)}$)’ndan çıkarılır.

Orantısızlık Düzeltmesi(CorrectionforDisproportion)= $KT_B - KT_{B(Düzeltilmiş)}$ (3.63)

şeklinde hesaplanan bu fark literatürde “Orantısızlık Düzeltmesi (Correction for Disproportion)” olarak tanımlanır ve düzeltilmeden hesaplanmış olan

A faktörü kareler toplamı (KT_A)’ndan çıkarılarak düzeltilmiş A faktörü kareler toplamı ($KT_{A(Düzeltilmiş)}$) aşağıdaki şekilde hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

$$KT_{A(Düzeltilmiş)} = KT_A - (KT_B - KT_{B(Düzeltilmiş)}) \qquad (3.64)$$

3.4.2.3. Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması(Tip III) yöntemine göre faktör kareler toplamlarının hesaplanması

(Maxwell, 1990; Langsrud, 2003; Steel, 1960; Herr, 1986; Lewsey vd., 2001) Eğer deneme deseninde boş hücre yoksa ve kitlede etkileşim önemli ise Tip III yöntemi ile iki-yönlü varyans analizi çözümlemesi en iyi sonucu verecektir. Tip III yöntemi ile faktör kareler toplamları aşağıdaki şekilde hesaplanır (Boyacıoğlu, 2005).

(Maxwell, 1990; Searle 1987; Steel vd., 1960) A ve B faktörlü bir deneme deseninde model denklemi;

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \mathcal{E}_{ijk} \quad (3.65)$$

j=1,………,a

k=1,……,b

olarak tanımlandığında ve,

$$\tilde{n}_{.k} = \frac{a}{\sum_{j=1}^{a}(1/n_{jk}} \quad (3.66)$$

$$\tilde{n}_{j.} = \frac{a}{\sum_{k=1}^{b}(1/n_{jk}} \quad (3.67)$$

$$\bar{Y}_{J.(\mu)} = \sum_{k=1}^{b} \bar{Y}_{jk}/b \quad (3.68)$$

$$\bar{Y}_{.k(\mu)} = \sum_{j=1}^{a} \bar{Y}_{jk}/a \quad (3.69)$$

$$\bar{Y}_{G(B)} = \frac{\sum_{k=1}^{b} \tilde{n}_{.k} \bar{Y}_{.k(\mu)}}{\sum_{k=1}^{b} \tilde{n}_{.k}} \quad (3.70)$$

$$\bar{Y}_{G(A)} = \frac{\sum_{k=1}^{a} \tilde{n}_{j.} \bar{Y}_{j.(\mu)}}{\sum_{k=1}^{a} \tilde{n}_{j.}} \quad (3.71)$$

olmak üzere,

$$KT_{A(\text{Düzeltilmiş})} = \sum_{j=1}^{a} b\tilde{n}_{j.}(\bar{Y}_{j.(\mu)} - \bar{Y}_{G.(A)})^2 \quad (3.72)$$

$$KTB_{(\text{Düzeltilmiş})} = \sum_{j=1}^{b} a\tilde{n}_{.k}(\bar{Y}_{.k(\mu)} - \bar{Y}_{G.(B)})^2 \quad (3.73)$$

şeklinde hesaplanır. Hata ve genel kareler toplamları *(KT_{Hata}, $KTGenel_{)}$)* ile dengesizliğin durumuna göre hesaplanacak etkileşim kareler toplamı ile Tip III kareler toplamına göre varyans analizi tablosu aşağıdaki gibi oluşturulur (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.9. Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması (Tip III) yöntemine göre iki-yönlü varyans analizi tablosu (Boyacıoğlu, 2005)

Kaynak	Sd	KT(Tip III)	KO	F
A(Düzeltilmiş)	a-1	$KT_{A(Düzeltilmiş)}$	$KT_{A(Düzeltilmiş)}$/a-1	$KO_{A(düzeltilmiş)}/KO_{hata}$
B(Düzeltilmiş)	b-1	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$	$KT_{B(Düzeltilmiş)}$/b-1	$KOB_{(düzeltilmiş)}/KO_{hata}$
AXB	(a-1)(b-1)	KT_{AxB}	KT_{AxB}/(a-1)(b-1)	KO_{AxB}/KO_{HATA}
Hata	N-ab	KT_{HATA}	KT_{HATA}/N-ab	
Genel	N-1	KT_{GENEL}		

(Driscoll vd., 2000) Çizelge 3.9'da dengelenmemiş deneme desenlerinde dengesizliğin durumuna göre iki-yönlü varyans analizi çözümlemelerinde kullanılan yöntemlerin faktörler ve etkileşime göre karşılaştırılması verilmiştir (Boyacıoğlu, 2005).

Çizelge 3.10. Yöntemlerin faktörler ve etkileşime göre karşılaştırılması (Boyacıoğlu, 2005)

Veri Seti	Kaynak	KT Yöntemleri
Dengeli	A B AXB	I=II=III I=II=III I=II=III
Orantılı Dengesizlik	A B AXB	I=II I=II I=II=III
Sistematik olmayan	A B AXB	I≠II≠III I=II I=II=III
Boş Hücreli	A B AXB	I≠II≠III I=II I=II=III

4. BULGULAR

4.1. z– Dağılımı İçin Elde Edilen Simülasyon Sonuçları

Çizelge 4.1. Aynı gözlem sayısına sahip (Dengeli Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB
N=3	0.050	0.049	0.051	0.050	0.050	0.049
N=5	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
N=10	0.005	0.050	0.049	0.060	0.050	0.050
N=20	0.050	0.049	0.049	0.050	0.050	0.060

Çizelge 4.2. Farklı gözlem sayısına sahip (Dengesiz Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB
NA1B'ler 3 ve DİĞERLERİ 2	0.050	0.050	0.049	0.049	0.050	0.050
NA1B'ler 5 ve DİĞERLERİ 2	0.051	0.050	0.050	0.049	0.050	0.050
NA1B'ler 10 ve DİĞERLERİ 2	0.048	0.049	0.049	0.049	0.048	0.049
NA1B'ler 20 ve DİĞERLERİ 2	0.049	0.048	0.049	0.048	0.050	0.050
NA1B'ler 2 ve DİĞERLERİ 5	0.050	0.050	0.049	0.049	0.049	0.049
NA1B'ler 2 ve DİĞERLERİ 10	0.049	0.050	0.050	0.050	0.049	0.050
NA1B'ler 2 ve DİĞERLERİ 20	0.050	0.050	0.048	0.049	0.049	0.050
NA1B'ler 20 ve DİĞERLERİ 4	0.049	0.050	0.049	0.050	0.048	0.049

4.2. Ki-Kare (x^2) Dağılımı İçin Elde Edilen Simülasyon Sonuçları

Çizelge 4.3. Aynı gözlem sayısına sahip (Dengeli Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB
N=3	0.048	0.049	0.046	0.048	0.049	0.045
N=5	0.047	0.046	0.046	0.047	0.046	0.047
N=10	0.048	0.048	0.049	0.048	0.048	0.049
N=20	0.049	0.048	0.049	0.049	0.048	0.050

Çizelge 4.4. Farklı gözlem sayısına sahip (Dengesiz Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1	PPP2	PPP3	PPP1	PPP2	PPP3
	A	B	AXB	A	B	AXB
NA1B’ler 3 ve DİĞERLERİ 2	0.054	0.047	0.047	0.053	0.048	0.047
NA1B’ler 5 ve DİĞERLERİ 2	0.508	0.051	0.047	0.059	0.052	0.048
NA1B’ler 10 ve DİĞERLERİ 2	0.069	0.055	0.048	0.069	0.054	0.047
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 2	0.077	0.057	0.049	0.079	0.055	0.049
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 5	0.053	0.048	0.047	0.053	0.048	0.047
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 10	0.056	0.051	0.048	0.056	0.050	0.047
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 20	0.061	0.050	0.049	0.059	0.059	0.048
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 4	0.058	0.052	0.047	0.059	0.051	0.047

4.3. t- Dağılımı İçin Elde Edilen Simülasyon Sonuçları

Çizelge 4.5. Aynı gözlem sayısına sahip (Dengeli Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri.

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB
N=3	0.048	0.049	0.048	0.049	0.048	0.048
N=5	0.049	0.049	0.048	0.049	0.049	0.049
N=10	0.050	0.050	0.050	0.049	0.049	0.049
N=20	0.049	0.049	0.049	0.049	0.050	0.048

Çizelge 4.6. Farklı gözlem sayısına sahip (Dengesiz Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri.

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1	PPP2	PPP3	PPP1	PPP2	PPP3
	A	B	AXB	A	B	AXB
NA1B’ler 3 ve DİĞERLERİ 2	0.050	0.048	0.048	0.048	0.049	0.048
NA1B’ler 5 ve DİĞERLERİ 2	0.052	0.050	0.049	0.051	0.049	0.049
NA1B’ler 10 ve DİĞERLERİ 2	0.055	0.050	0.050	0.056	0.052	0.048
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 2	0.058	0.052	0.050	0.058	0.051	0.050
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 5	0.050	0.050	0.048	0.051	0.050	0.049
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 10	0.051	0.050	0.050	0.052	0.050	0.049
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 20	0.051	0.050	0.049	0.053	0.051	0.049
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 4	0.052	0.050	0.049	0.052	0.051	0.049

4.4. Beta Dağılımı İçin Elde Edilen Simülasyon Sonuçları

Çizelge 4.7. Aynı gözlem sayısına sahip (Dengeli Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB	PPP1 A	PPP2 B	PPP3 AXB
N=3	0.049	0.050	0.049	0.051	0.051	0.051
N=5	0.049	0.049	0.050	0.050	0.050	0.049
N=10	0.049	0.050	0.049	0.050	0.050	0.049
N=20	0.049	0.049	0.051	0.054	0.052	0.051

Çizelge 4.8. Farklı gözlem sayısına sahip (Dengesiz Deneme Deseni) 16 alt grup için Tip I-Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan 100 000 deneme sonucunda gerçekleşen I. Tip hata değerleri

	TİP 1- TİP 2			TİP 3		
Alt Gruplardaki Gözlem Sayıları	PPP1	PPP2	PPP3	PPP1	PPP2	PPP3
	A	B	AXB	A	B	AXB
NA1B’ler 3 ve DİĞERLERİ 2	0.050	0.048	0.050	0.507	0.049	0.050
NA1B’ler 5 ve DİĞERLERİ 2	0.052	0.051	0.050	0.049	0.049	0.051
NA1B’ler 10 ve DİĞERLERİ 2	0.050	0.049	0.049	0.050	0.050	0.049
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 2	0.050	0.049	0.049	0.051	0.049	0.049
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 5	0.049	0.050	0.049	0.050	0.049	0.050
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 10	0.050	0.050	0.050	0.050	0.048	0.049
NA1B’ler 2 ve DİĞERLERİ 20	0.051	0.051	0.048	0.047	0.049	0.052
NA1B’ler 20 ve DİĞERLERİ 4	0.049	0.049	0.049	0.050	0.048	0.050

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Z dağılımı için yapılan 3, 5, 10 ve 20 gözlem sayılı 16 gruptan oluşan 4 farklı dengeli veri dağılım kombinasyonuyla yapılan 100 000 simülasyon çalışması sonucunda Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları için elde edilen sonuçların I. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

z dağılımında dengesiz deneme desenleri için 8 farklı senaryo belirlendi. Bu senaryolar için 100 000 simülasyon çalışması yapıldı. 12 alt grup için gözlem sayısının 2 geriye kalan 4 alt grup için gözlem sayılarının 3, 5, 10 ve 20 olduğu 4 farklı senaryoda Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamlarında 1. Tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği görülmüştür. 16 alt gruptan 4 tanesindeki gözlem sayısının 2 geriye kalan 12 grup için gözlem sayılarının 5, 10 ve 20 olduğu 3 senaryoda da kareler toplamlarında (Tip I, Tip II ve Tip III) 1. tip hata başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleşmiştir. 4 alt grup için gözlem sayısının 20, 12 alt grup için de gözlem sayısının 4 olduğu senaryoda da 1. Tip hata diğer dengesizlik senaryolarında olduğu gibi 0.05 seviyesinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2).

Ki-Kare dağılımında dengeli deneme deseni için 3, 5, 10 ve 20 gözlem sayısına sahip 4 farklı senaryoda 100 000 simülasyon Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları için yapıldı. Simülasyon çalışması sonucunda I. tip hata başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

z dağılımında olduğu gibi Ki-Kare dağılımında da 8 farklı dengesiz deneme deseni senaryosu için yapılan 100 000 simülasyon çalışmasında ise Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamlarında I. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) seviyesinde gerçekleştiği tespit edildi (Çizelge 4.4).

16 grubun bulunduğu ve gözlem sayılarının 3, 5, 10 ve 20 olarak dengeli dağılım gösterdiği 4 farklı dengeli deneme deseni senaryosunda t- dağılımı için yapılan 100 000 simülasyon çalışmasında da Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları ile yapılan

hesaplamalarda 1. Tip hata başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5).

t- dağılımında da 8 farklı dengesizlik senaryosu için 100 000 simülasyon Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak yapıldı. 100 000 simülasyon sonucunda 1. Tip hata 3 kareler toplamında da I. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak Beta dağılımı için de dengeli ve dengesiz deneme desenleri ile 100 000 simülasyon çalışması yapıldı. Dengeli deneme deseni için farklı gözlem sayılarına sahip 4 senaryo kullanıldı. Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak 3, 5, 10 ve 20 gözlem sayılı 16 gruptan oluşan 4 farklı dengeli veri dağılım kombinasyonu için yapılan 100 000 simülasyon çalışması sonucunda Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları için elde edilen sonuçların I. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Beta- dağılımında da dengesiz deneme desenleri için 8 farklı senaryo kullanıldı.

Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları kullanılarak her bir senaryo için 100 000 simülasyon çalışması yapıldı. 8 farklı dengesiz deneme deseni için yapılan 100 000 simülasyon çalışmasında Tip I, Tip II ve Tip III kareler toplamları için elde edilen sonuçların. I. tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 4.8).

Yaptığımız literatür araştırmasında varyans analizinde kullanılan kareler toplamlarının dengeli ve dengesiz deneme desenleri için yapılan mukayeseleri ile ilgili bir simülasyon çalışmasına rastlamamakla birlikte Tip I ve Tip II kareler toplamı yöntemlerinin dengeli deneme desenleri için uygun olduğu kayıp gözlem içermeyen ve dengeli olmayan Anova modelleri için Tip III yönteminin uygun olduğu belirtilmişse de 4 dengeli deneme deseni senaryosu, 8 de dengesiz deneme deseni senaryosu ile yapılan 100 000 simülasyon çalışması sonucunda 3 yönteminin 4 farklı dağılımda (z, ki-kare, beta, ve t) 1. Tip hatanın başlangıçta kararlaştırılan ($\alpha = 0.05$) değeri seviyesinde gerçekleştiği tespit ettik. Simülasyon sonucunda 1. hatanın dengesiz deneme desenlerinde dengeli deneme desenlerine göre 1. Tip hata başlangıçta kararlaştırılan 0.05 seviyesinden çok az da olsa uzaklaştığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Alpar, R. (2010). *Spor, sağlık ve eğitim bilimlerinden örneklerle uygulamalı istatistik ve geçerlik-güvenirlik*. Ankara, Detay Yayıncılık.

Boyacıoğlu, H. (2004). *Dengelenmemiş Verilerde Varyans Analizi Tekniği, Biyoloji Araştırmalarında Bir Uygulama.* (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Ergün, G., & Aktaş, S. (2009). ANOVA modellerinde kareler toplamı yöntemlerinin karşılaştırılması. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg*, *15*(3), 481-484.

Driscoll, M. F., & Borror, C. M. (2000). Sums of squares and expected mean squares in SAS. *Quality and Reliability Engineering International*,*16*(5), 423-433.

Herr, D. G. (1986). On the history of ANOVA in unbalanced, factorial designs: The first 30 years. *The American Statistician*, *40*(4), 265-270.

Kesici, T., & Kocabaş, Z. (1998). *Biyoistatistik*. Ankara, Ankara Üniversitesi Basımevi.

Koşkan, Ö., & Neslihan, Ş. E. N. (2017). Dengesiz Denemelerde Grup Karşılaştırmalarında Farklı Dağılımlardan Alınmış Örneklerde Toplanmış Varyans Yerine Büyük Grup Varyansının Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *21*(1), 138-145.

Langsrud, Ø. (2003). ANOVA for unbalanced data: Use Type II instead of Type III sums of squares. *Statistics and Computing*, *13*(2), 163-167.

Lewsey, J. D., Gardiner, W. P., & Gettinby, G. (1997). A study of simple unbalanced factorial designs that use type II and type III sums of squares. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, *26*(4), 1315-1328.

Lewsey, J. D., Gardiner, W. P., & Gettinby, G. (2001). A study of type II and type III power for testing hypotheses from unbalanced factorial designs. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, *30*(3), 597-609.

Maxwell, S. E., Delaney, H. D., & Kelley, K. (2017). *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison perspective*. USA, Routledge.

Mendeş, M. (2012). *Uygulamalı bilimler için istatistik ve araştırma yöntemleri*. İstanbul, Kriter Yayınevi.

Searle, S. R. (1971). *Linear models*. John Wiley and Sons Inc. *NY, London, Sydney, Toronto*.

Searle, S. R., Speed, F. M., & Henderson, H. V. (1981). Some computational and model equivalences in analyses of variance of unequal-subclass-numbers data. *The American Statistician*, *35*(1), 16-33.

Searle, S. R. (1987).*Linear models for unbalanced data* (No. 519.5352 S439). Wiley.

Shaw, R. G., & Mitchell-Olds, T. (1993). ANOVA for unbalanced data: an overview. *Ecology*, *74*(6), 1638-1645.

Spector, P. E., Voissem, N. H., & Cone, W. L. (1981). A Monte Carlo study of three approaches to nonorthogonal analysis of variance. *Journal of Applied Psychology*, *66*(5), 535.

Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1960). Principles and procedures of statistics. *Principles and procedures of statistics.*

Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1960). *Principles and Procedures of Statistics*. *New York*, McGraw-Hill Book Co. 16-18.

Steel, R. G., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biological approach*. McGraw-Hill.

Türkbal, A. (2011). *Uygulamalı İstatistik*. Kocaeli, Umuttepe Yayınları.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alper AKTEPE

Doğum Yeri ve Yılı : Muş, 1977

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : alperaktepe@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Mehmet Akif Ersoy Lisesi, 1993

Lisans : Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 2000