

Alt Gruplarda Gözlem Adetleri Eşit Olan Faktöriyel Denemelerde Tip 1, Tip 2, Tip 3 Kareler Toplamı Tiplerinin Testin Gücü Bakımından Karşılaştırılması

Merve ÇAKIR*¹, Özgür KOŞKAN¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 2,
Sayfa 130-138, 2021

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 2,
Page 130-138, 2021

Özet: Bu çalışmada faktöriyel düzende dengeli denemelerde, farklı örnek genişlikleri, farklı dağılım, farklı varyans oranlarında ve ortalamalar arasında standart sapma cinsinden farklı genişliklerde kombinasyonlar oluşturularak, yaygın kullanılan tip 1, tip 2 ve tip 3 kareler toplamlarının kullanımı sonucu oluşacak testin gücü değerlerinin karşılaştırılması planlanmıştır. Bu çalışmasının materyalini Microsoft Developer Studio'nun IMSL kütüphanesinden faydalanarak üretilen tesadüf sayıları meydana getirmektedir. Dengeli denemelerde 3, 5, 10 ve 20 gözlem sayılı 2 faktörlü ve her bir faktörün seviye sayısının da 4 olduğu 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 yapılmıştır. Çalışmada dengeli denemelerde tip 3 kareler toplamı ve tip 2, tip 1 kareler toplamlarının benzer güç değerleri verdiği görülmektedir. Bu durum paket programların öncelikle tip 3 kareler toplamının kullanım nedenini de açıklamaktadır. Fakat bu çalışmada eğri dağılımlarda dengeli deneme desenlerinde tip 2 ve tip 1 kareler toplamlarının az da olsa daha yüksek güç değerleri aldıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Faktöriyel düzende varyans analizi, kareler toplamı tipleri (type1, type2 ve type3), testin gücü, dengeli ve dengesiz denemeler

Type 1, Type 2, Type 3 of Sum Of Squares Types in Factorial Balanced Designs Comparison of in Terms of The Power of Test

Abstract: In this study, in the balanced experiments in factorial order, it is planned to compare the power values of the test that will be formed as a result of the use of the sum of commonly used Type 1, type 2 and type 3 squares by creating combinations of different widths in terms of standart deviation between combinations of different sample widths, different distribution, different variance ratios and averages. The material of this thesis work consists of random numbers produced by using the IMSL library of Microsoft Developer Studio. 100 000 simulations for 4 different distributions were made (Z, Chi-Square) by using the sum of Type I-Type II and Type III squares according to 16 subgroup combinations with 2 factors with 3, 5, 10 and 20 observation numbers in balanced trials and each factor is 4 in the number of levels. (T and Beta). In the study, the sum of type 3 squares and the sum of type 2, type 1 squares give similar power values in balanced trials. This situation explains the reason for using the sum of type 3 squares in package programs. However, in this study, it was observed that the sum of type 2 and type 1 squares received slightly higher power values in balanced trial patterns in curve distributions.

Keywords: Factorial analysis of variance, squares sum types (type1, type2 and type3), power of the test, balanced and unbalanced trials

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
cakirmerve-94@windowslive.com

Alınış (Received): 07/05/2021
Kabul (Accepted): 29/09/2021

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

İngiliz Bilim adamı R.A. Fisher tarafından 1920'lerde geliştirilen Varyans Analizi, araştırmacıların en çok kullandığı istatistik yöntemlerden biridir. Normal dağılım

gösteren bir popülasyondan tesadüfen alındığı varsayılan örneklerin yardımıyla grup ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılan en etkili yöntemlerin başında Varyans Analizi tekniği gelir. Tek bir unsurun ya da faktörün seviye ortalamaları arasındaki farklılığın önem

kontrolünde kullanıldığı gibi aynı zamanda Varyans Analizi tekniği genel olarak gerekli görülen çok faktörlü denemelerin yapılması ve bu çok faktörlü denemelerin çeşitli düzenlerde geliştirilmesinde de kullanılmaktadır. Varyans analizi araştırmacılara hem zaman hem de maddi tasarruf sağlayarak, deneme hatasının daha küçük çıkmasını sağlayacak denemeler planlayarak ve bu denemeleri güvenilir şekilde yürütme imkânını sağlamaktadır. Gerek bitki gerekse hayvan ıslahında kullanılan yöntemlerin isabet ile belirlenmesi için gerekli olan parametrelerin tahmin edilmesinde de varyans analizinden yararlanılmaktadır.

Tek faktörlü bir deneme ki Tesadüf Parselleri Deneme Tertibi (TPDT) adını almaktadır (One-Way ANOVA). Bu denemenin matematik modeli;

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

y_{ij} : Üzerinde durulan karakter bakımından tespit edilen bireysel değer,

μ : Popülasyon ortalaması veya genel ortalama

α_i : Muamelenin etkisi

e_{ij} : Hata etkisi

Varyans analizi tekniği;

- Deneme materyalinin yapısına (homojenlik/heterojenlik)
- 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 olup olmayacağına göre farklılık göstermektedir. Eğer ki veriler tek faktör bakımından gruplandırılmışsa bu durumda varyans analizi; tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ya da Tesadüf Parselleri Deneme Tertibi (TPDT) adını almaktadır (Mendes, 2012). Üzerinde durulan özelliğe aynı anda birden fazla faktörün etkisinin incelendiği denemeler ise çok faktörlü denemeler olarak adlandırılmaktadır.

Faktöriyel denemelerde varyans analiz tekniğinden yararlanırken en küçük kareler yöntemi adı verilen ve varyasyon unsurlarını belirlemede kullanılan kareler toplamlarından yararlanılmaktadır. Kareler toplamlarının hesaplanmasında dört değişik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler Tip 1, Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 kareler toplamları olarak isimlendirilmektedir. Bunlar arasında pek çok

araştırmacının ve paket programın öncelikli tercihi tip 3 kareler toplamı olmaktadır. Diğer tip kareler toplamlarının da yaygın kullanımı literatürde bildirilmektedir.

Tesadüf parselleri faktöriyel düzende bir araştırmanın matematik modeli;

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

y_{ij} : Üzerinde durulan karakter bakımından tespit edilen bireysel değer

μ : Popülasyon ortalaması veya genel ortalama

α_i : A faktörünün etkisi

β_j : B faktörünün etkisi

$(\alpha\beta)_{ij}$: İnteraksiyon etkisi

e_{ij} : Hata etkisi

Şeklinde ifade edilmektedir.

Varyans analizinde kareler toplamı tiplerinin (Tip 1, Tip 2, Tip 3) hesaplama şekilleri farklı olduğundan, dengeli ve dengesiz veri dağılımlarında farklı sonuçlar göstermektedirler. Analiz için kullanılan paket programlarda varsayılan olarak Tip 3 atanmış durumdadır. Varyans analizinde elindeki verinin dengeli veya dengesiz dağılımını göz ardı eden araştırmacı paket programlar ile analiz yapmak istediğinde program tarafından varsayılan olarak atandığından sonucu Tip 3'e göre değerlendirip çıkarımlarını da buna göre yapacaktır. Kareler toplamı tiplerinin (Tip 1, Tip 2 ve Tip 3) dengeli ve dengesiz veri dağılımlarında verdiği sonuçlar üzerinden araştırmacının elindeki veriye göre doğru tercihi yaparak analizini yapması durumunda oluşacak testin gücünü ortaya koymak için bu çalışma yapılmak istenmektedir.

Dolayısıyla bu tez çalışmasında dengeli ve dengesiz denemelerde, farklı örnek genişlikleri, farklı dağılım, farklı varyans oranlarında ve ortalamalar arasında standart sapma cinsinden farklı genişliklerde kombinasyonlar oluşturularak en yaygın kullanılan tip 1, tip 2 ve tip 3 kareler toplamlarının kullanımı sonucu oluşacak testin gücü değerlerinin karşılaştırılması planlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

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 2 faktörlü ve her

bir faktörün seviye sayısının 4 olduğu 16 alt grup kombinasyonuna göre Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 kareler toplamları kullanılarak 100 000 simülasyon 4 farklı dağılım (Z, Ki-Kare, T ve Beta) için yapılmıştır. Elde edilen güç değerleri araştırma bulguları başlığı altındaki tablolarda gösterilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kareler toplamı tipleri (Tip I, Tip II, Tip III)

Bir araştırma veya deneme sonunda elde edilen sayısal verilere kullanılacak olan istatistiki teknikler bazı faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler verilerin elde edilmiş şekli, alınmış olduğu varsayılan popülasyonların dağılımı, örnek genişliği ve denemenin dengeli ya da dengesiz oluşudur (Koşkan, 2016).

Kayıp gözlemlerin söz konusu olduğu faktöriyel denemelerde farklı nedenlerden dolayı kayıp gözlemler söz konusu olmaktadır. Kayıp gözlem sayısı ancak kayıp gözlem adedinin çok fazla olmadığı durumlarda tahmin edilir (Mendeş, 2012).

Genel doğrusal modeller yardımı ile çözülen ANOVA modelleri ve kareler toplamlarının hesaplanmasında dört değişik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, 1. Tip, 2. Tip, 3. Tip ve 4. Tip kareler toplamları olarak isimlendirilmektedir. Farklı biçimlerde elde edilen kareler toplamı yöntemleri esas etki ve etkileşimlere aittir. İstatistiki verilerin dengeli dağılım gösterdiği çalışmaların varyans analizinde F değerinin hesaplanmasında bir problem görülmemektedir (Ergün ve Aktaş, 2009). Bununla beraber çeşitli nedenlerle kaybolan verilerin olduğu durumlarda problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemler hücreler içerisinde dengesizliğe yol açmaktadır. Literatürde bu şekildeki problemleri çözmek için üç çeşit yaklaşım tavsiye edilmektedir (Boyacıoğlu, 2004).

Bu yaklaşımlar aşağıdaki gibi sıralanır.

- Veri eklenerek hücrelerin dengelenmesi: Bu yaklaşım yararlı olmamakla birlikte rastgeleliğe karşıdır.
- Dengesiz denemelerdeki dengeyi sağlamak için verinin çıkarılması: Böyle bir durumda veri kaybedilerek normalde zayıf durumda olan testin gücü daha da azalacak olup aynı zamanda denemeden çıkarılacak verinin belirlenmesinde yapılmış olan çalışmalarda şimdiye kadar bir yöntem geliştirilememiştir.
- Dengesiz veri setinin yardımı ile varyans analizinin çözülmesi: Yapılan çalışmalar arasında en iyi çözüm yolunun bu yaklaşım olduğu görülüp bu yaklaşımda dengesiz veri setinin yardımıyla çözümleme yapılmıştır. Bundan dolayı çeşitli yöntemler geliştirilerek kareler

toplamlarının hesaplanması literatürde genel bir ifadeyle Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV ismini almaktadır (Boyacıoğlu, 2004).

“Dengesiz deneme deseni (unbalanced trial design)” olarak bilinen deneme deseni faktöriyel deneme desenlerinde her bir hücrede eşit sayıda veri olmaması ya da bazı hücrelerin boş olması durumu söz konusu olduğunda tanımlanmaktadır (Searle, 1987).

2.2.2. Tip I (ağırlıklandırılmış ortalamalar) yöntemi

Bu yöntem, kareler toplamı yönteminin hiyerarşik yer alması olarak da bilinir. Her terim yalnızca modelde kendisinden önce gelen terime göre ayarlanır. Tip I kareler toplamları aşağıdaki durumlarda yaygın olarak kullanılır:

Herhangi bir birinci dereceden interaksiyon etkisinden önce herhangi bir esas etkinin belirtildiği dengeli bir ANOVA modeli, herhangi bir ikinci dereceden interaksiyon etkisinden önce herhangi bir birinci dereceden interaksiyon etkisinin belirtildiği vb. yani herhangi bir alt merteye terimin herhangi bir üst merteye teriminden önce belirtildiği bir polinom regresyon modelidir.

Birinci belirtilen etkinin ikinci belirtilen etki içinde iç içe yerleştirildiği tamamen ikinci bir model, ikinci belirtilen etki üçüncü içinde iç içe geçer, vb. (Bu iç içe yerleştirme biçimi yalnızca sözdizimi kullanılarak belirtilebilir). Her bir ana etki ya da etkileşimin sırası ile modele alındığı bir yöntem olan birinci tip yöntem ile elde edilmiş etki ya da etkileşimlerin kareler toplamı, ardışık kareler toplamı olarak da bilinmektedir. Bu yöntem modelde dengeli ANOVA düzenlerinde kullanılmalıdır (Ergün ve Aktaş, 2009).

Literatürde, iki yönlü varyans analizinin çözümlenmesinde faktörler modele sıralı bir şekilde Tip I kareler toplamları (Type I SS) yöntemi olarak bilinen bu yöntem ile alınmakta ve buna bağlı olarak kareler toplamları hesaplanmaktadır. Tip I kareler toplamları yöntemi ile ilgili bu sebepten dolayı en geniş tanımlardan biri de “Sıralı (Sequential)” kareler toplamları yöntemidir.

Kareler toplamları Tip I yöntemi ile bulunurken, hesaplamaya ilk katılacak faktör önem kazanır ve diğer hesaplanacak faktör kareler toplamları bu öneme göre hesaplanmaktadır. Her bir faktörün etkisi öncelik sırasına göre düzeltilmektedir. Bu yöntem literatürde fazla bir uygulama alanı bulan ve önerilen bir yöntem değildir. Çünkü Tip I yönteminde ağırlıklandırılmış marjinal ortalamaları hücrelerdeki gözlem sayısına bağlıdır. Yine de bu yöntem, dengeli durumun mümkün olmadığı durumlarda faktör etkilerine yönelik bazı bilgiler vermektedir. Tip I yöntemi literatürde farklı şekillerde tanımlanmıştır.

Tip I kareler toplamları yönteminde her bir hücre ortalaması o hücredeki örnek sayısına göre ağırlıklandırılmış olup bu yöntemde göre faktör ve kareler toplamlarının hesaplanmasında;

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

$$KT_A = KT(A)$$

$$KT_B = KT(B \setminus A)$$

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

A faktörüne ait kareler toplamı düzeltilmeden, etkileşim (AXB) kareler toplamı A ve B faktörüne göre, B faktörüne ait kareler toplamı A faktörüne göre düzeltilerek hesaplanmaktadır (Boyacıoğlu, 2004)

Eğer modelde ilk olarak B faktörü alınmışsa etkileşim ve faktör etkileşim karelerin toplamı aşağıdaki gibi belirtilmektedir.

$$KT_A = KT(A)$$

$$KT_B = KT(B \setminus A)$$

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

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, 2004).

2.2.3. Tip II (Sabit Katsayılar) yöntemi

Bu yöntem, modeldeki diğer tüm "uygun" etkiler için ayarlanan bir etkinin karelerinin toplamını hesaplar. Uygun bir etki, incelenmekte olan etkiyi içermeyen tüm etkilere karşılık gelen etkidir. Tip II kareler toplamı yöntemi yaygın olarak aşağıdaki durumlarda kullanılır:

Dengeli bir ANOVA modeli olduğunda, Sadece ana faktör etkileri olan herhangi bir modelde, herhangi bir regresyon modelinde ve tamamen iç içe bir model olduğu durumlarda kullanılır.

Bu yöntem ilk olarak literatürde "Yates's method of fitting constants" ve "Type II SS" yöntemi olarak adlandırılarak Yates (1934) tarafından belirtilmiştir (Boyacıoğlu, 2004). Ana etki ve etkileşimlerin modele girme önceliği, farklı bir söyleyişle değişkenlerin modele girme sırasından etkilenmeyen bu yöntemde kısmi ardışık kareler toplamı veya diğer bir ifade ile sabit katsayılar yöntemi de denir (Ergün ve Aktaş, 2009).

Her bir faktördeki etki düzeyi (etkileşim terimi dışında) bu yöntemde diğer faktöre göre hesaplanması için düzeltilmektedir (Yates, 1934; Langsrud, 2003). Tip II yönteminin varyans analizinin çözümlenmesinde en iyi sonucu vermesi için deneme deseninde etkileşimin önemli olmaması ve bu deneme deseninde boş hücrenin var olması gerekmektedir (Boyacıoğlu, 2004).

Araştırmacılar "Deneysel Araştırmalar için Geleneksel Varyans Analizi Yapısına Uyan En İyi Yöntem" olarak Tip II yöntemini (sabit katsayılar yöntemi) tanımlamışlardır. Literatürdeki Tip II yöntemi için farklı tanımlamalar yapılmıştır.

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

$$KT_A = KT(A)$$

$$KT_B = KT(B \setminus A)$$

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

Etkileşim (AXB) kareler toplamları A ve B faktörüne göre, A faktörüne ait kareler toplamları B faktörüne göre, B faktörüne ait kareler toplamları A faktörüne göre düzeltilip hesaplanmalıdır (Boyacıoğlu, 2004).

Faktör kareler toplamlarının hesaplanmasında etkileşime ait bir düzeltme yukarıda da görüldüğü üzere yapılamamaktadır (Yates, 1934; Shaw ve ark., 1993). Bu sebepten dolayı Tip II yöntemi etkileşim olmadığı durumlarda en iyi sonucu vermektedir (Boyacıoğlu, 2004).

2.2.4. Tip III (Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması) yöntemi

Bu yöntem, denemedeki bir etkinin karelerinin toplamlarını, etki içermeyen diğer etki için ayarlanan ve etki içeren etkilere (varsa) ortogonal olan karelerin toplamı olarak hesaplar. Tip III karelerin toplamları, tahmin edilebilirlik genel şekli sabit kaldığı sürece alt grup gözlem adetlerine göre değişmez olmaları bakımından büyük bir avantaja sahiptir. Bu nedenle, bu tür karelerin toplamı genellikle eksik gözlem olmayan dengesiz bir model için yararlı kabul edilir. Eksik gözlem olmayan faktöriyel bir tasarımda, bu yöntem Yates'in ağırlıklı kareler yöntemine eşdeğerdir. Tip III kareler toplamı yöntemi yaygın olarak aşağıdakiler için kullanılır:

Tip I ve Tip II'de listelenen tüm durumlar ve eksik kombinasyon içermeyen herhangi bir dengeli veya dengesiz model olduğu durumlarda kullanılır.

Deneme deseninde eksik kombinasyon olmaması ve interaksiyonun önemli olması durumunda standart

varyans analizi yöntemine en uygun yöntem olarak tanımlanan bu yöntem literatürde “Yates weighted squares of means” ve “Type 3 SS” olarak tanımlanmaktadır (Steel, 1960; Maxwell ve ark., 1990; Langsrud, 2003; Boyacıoğlu, 2004).

Ağırlıklandırılmış kareler ortalaması yönteminde, faktör kareler toplamları etkileşime ve diğer faktöre göre düzeltilip hesaplanmaktadır (Spector ve ark., 1981; Langsrud, 2003). Tip III yönteminde iki-yönlü varyans analizinde en iyi sonucu vermesi için modelde etkileşim önemli ise deneme deseninde boş hücrenin olmaması koşulu sağlanmalıdır. Faktörlerin hesaplanmaya alınış sıraları bu yöntemle kareler toplamları hesaplanırken önemli değildir (Boyacıoğlu, 2004).

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

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

$$KT_A = KT(A \setminus B, AXB)$$

$$KT_B = KT(B \setminus A, AXB)$$

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

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, 2004).

3. Bulgular

Tablo 1. incelendiğinde dengeli denemelerde dağılım Z iken ve varyanslar homojenken n ve Δ lar büyüdükçe testin gücü değerlerin de artacağı bilinmektedir. Bu durum Tablo 1’de gerek tip 3 gerekse de tip 1 ve tip 2 kareler toplamlarında görülmektedir. Gerek interaksiyon gerekse de esas etkiler bakımından benzer güç değerleri görülse de bazı durumlarda interaksiyona ilişkin hipotez kontrolünde tip 1 ve tip 2 kareler toplamlarının tip 3 kareler toplamına göre az da olsa nispeten yüksek güç değerleri aldığı görülmektedir. İnteraksiyon bakımından tip 3 kareler toplamı ve tip 1-2 kareler toplamları hesaplama yöntemleri testin gücü bakımından karşılaştırıldığında her durumda (n, Δ, S²x) benzer güç değerleri aldığı görülmektedir. Nispeten tip 1-2 kareler toplamlarını hesaplama yönteminin tip 3 kareler toplamından daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Esas etkiler

bakımından irdelendiğinde ise tip 3 kareler toplamı hesaplama yönteminin az da olsa nispeten daha yüksek güç değerleri aldığı görülmektedir. Örneğin, n=3, Δ=2 ve varyanslar eşitken tip 3 kareler yönteminin güç değerleri interaksiyon, A, B için sırası ile 0,543, 0,995 ve 0,224’ken tip 1-2 kareler yönteminin güç değerleri ise aynı durumda sırası ile 0,646, 0,990 ve 0,247 olarak bulunmuştur.

Tablo 2. incelendiğinde yine dengeli denemelerde dağılımın şekli ise simetrik bir dağılım olan t dağılımı ve varyanslar homojenken n ve Δ lar büyüdükçe Z dağılımında olduğu gibi testin gücü değerlerin de arttığı Tablo 2’ de, gerek tip 3 gerekse de tip 1 ve tip 2 kareler toplamlarının güç değerleri incelendiğinde görülmektedir. Gerek interaksiyon gerekse de esas etkiler bakımından benzer durum görülmektedir. İnteraksiyon bakımından tip 3 kareler toplamı ve tip 1-2 kareler toplamları hesaplama yöntemleri testin gücü bakımından karşılaştırıldığında her durumda (n, Δ, S²x) benzer güç değerleri aldığı görülmektedir. Nispeten tip 1-2 kareler toplamlarını hesaplama yönteminin tip 3 kareler toplamından daha yüksek güç değerleri aldığı görülmektedir. Esas etkiler bakımından irdelendiğinde ise tip 3 kareler toplamı hesaplama yönteminin az da olsa nispeten daha yüksek güç değerleri aldığı görülmektedir. Örneğin, n=3, Δ=1 ve varyanslar eşitken tip 3 kareler yönteminin güç değerleri interaksiyon, A, B için sırası ile 0.172, 0.521 ve 0.091’ken tip 1-2 kareler yönteminin güç değerleri ise aynı durumda sırası ile 0.172, 0.521 ve 0.091 olarak bulunmuştur.

Tablo 3. incelendiğinde dağılım Ki-Kare iken ve varyanslar homojenken n ve Δ lar büyüdükçe testin gücü değerlerin de artacağı bilinmektedir. Bu durum Tablo 3’te gerek tip 3 gerekse de tip 1 ve tip 2 kareler toplamlarının güç değerleri incelendiğinde görülmektedir. Gerek interaksiyon gerekse de esas etkiler bakımından benzer güç değerleri aldıkları görülmektedir. İnteraksiyon bakımından tip 3 kareler toplamı ve tip 1-2 kareler toplamları hesaplama yöntemleri testin gücü bakımından karşılaştırıldığında her durumda (n, Δ, S²x) benzer güç değerleri aldığı görülmektedir. Nispeten tip 1-2 kareler toplamlarını hesaplama yönteminin tip 3 kareler toplamından daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Esas etkiler bakımından irdelendiğinde ise tip 3 kareler toplamı hesaplama yönteminin az da olsa nispeten daha yüksek güç değerleri aldığı görülmektedir. Örneğin, n=3, Δ=2 ve varyanslar eşitken tip 3 kareler yönteminin güç değerleri interaksiyon, A, B için sırası ile 0.543, 0.995 ve 0.224’ken tip 1-2 kareler yönteminin güç değerleri ise aynı durumda sırası ile 0.646, 0.990 ve 0.247 olarak bulunmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Sonuç olarak dağılımlar simetrik Z ve t olduğundaki güç değerleri dağılımın şekli eğri olduğu ki-kare dağılımından daha yüksek güç değerlerine sahip olduğu literatürdeki

pek çok çalışma ile paralellik göstermektedir. Yine beklenildiği üzere alt gruplardaki gözlem adedi sayısı arttıkça güç değerleri artmaktadır. Bunun yanı sıra varyansların homojenliği bozuldukça güç değerleri düşmekte, ortalamalar arası standart sapma cinsinden fark arttıkça güç değerleri artmaktadır. Tüm bu sonuçlar literatürde belirtilen sonuçlarla paralellik gösteren beklenen sonuçlardır. Bu durum Başpınar ve ark., 1999; Başpınar ve Gürbüz, 2000; Başpınar, 2001; Keskin, 2002; Koşkan, 2009; Mendes, 2002; Weber, 2006'da da benzer şekilde bildirilmiştir.

Kareler toplamı tipleri açısından bakıldığında çalışmanın genelinde yani dengeli denemelerde, farklı dağılım, farklı varyans oranlarında ve ortalamalar arasında standart sapma cinsinden farklı genişliklerde kombinasyonlar oluşturularak kullanılan tip 1, tip 2 ve tip 3 kareler toplamalarının kullanımı sonucu oluşacak testin gücü değerleri incelendiğinde, tüm kombinasyonlarda hemen hemen benzer sonuçlar çıkmıştır. Sadece küçük örnek genişliği ve dağılımın eğri olduğu durumlarda tip 1 ve tip 2 kareler toplamına ait güç değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 1. Dağılım Z iken İnteraksiyon ve esas etkilere ilişkin oluşan güç değerleri (dengeli denemelerde)

n	Delta	varyans	Tip3KT _{INT}	Tip3KT _A	Tip3KT _B	Tip1-2KT _{INT}	Tip1-2KT _A	Tip1-2KT _B
3	0,5	1	0.114	0.167	0.060	0.074	0.152	0.060
3	0,5	5	0.093	0.122	0.066	0.096	0.111	0.064
3	0,5	10	0.071	0.113	0.076	0.117	0.102	0.075
3	1	1	0.150	0.561	0.091	0.169	0.515	0.091
3	1	5	0.135	0.316	0.083	0.144	0.287	0.084
3	1	10	0.142	0.228	0.086	0.147	0.209	0.086
3	1,5	1	0.315	0.912	0.151	0.375	0.881	0.154
3	1,5	5	0.212	0.618	0.112	0.229	0.576	0.111
3	1,5	10	0.184	0.428	0.103	0.198	0.399	0.105
3	2	1	0.543	0.995	0.224	0.646	0.990	0.247
3	2	5	0.312	0.867	0.156	0.352	0.830	0.154
3	2	10	0.245	0.661	0.130	0.265	0.620	0.128
5	0,5	1	0.244	0.257	0.127	0.129	0.133	0.125
5	0,5	5	0.102	0.157	0.065	0.106	0.147	0.065
5	0,5	10	0.113	0.125	0.066	0.115	0.117	0.067
5	1	1	0.283	0.810	0.130	0.309	0.788	0.131
5	1	5	0.185	0.412	0.094	0.196	0.468	0.093
5	1	10	0.162	0.328	0.085	0.169	0.310	0.084
5	1,5	1	0.616	0.993	0.246	0.681	0.990	0.245
5	1,5	5	0.335	0.854	0.148	0.360	0.832	0.148
5	1,5	10	0.249	0.640	0.118	0.263	0.610	0.116
5	2	1	0.887	0.999	0.417	0.930	0.999	0.420
5	2	5	0.519	0.984	0.227	0.570	0.979	0.229
5	2	10	0.363	0.881	0.165	0.390	0.865	0.165
10	0,5	1	0.164	0.488	0.088	0.171	0.477	0.090
10	0,5	5	0.133	0.263	0.071	0.136	0.256	0.070
10	0,5	10	0.125	0.178	0.067	0.127	0.175	0.067
10	1	1	0.624	0.986	0.227	0.653	0.984	0.228
10	1	5	0.327	0.809	0.134	0.339	0.800	0.134
10	1	10	0.239	0.586	0.104	0.245	0.572	0.105
10	1,5	1	0.959	1.000	0.478	0.971	0.999	0.478
10	1,5	5	0.621	0.993	0.257	0.648	0.992	0.256
10	1,5	10	0.428	0.924	0.175	0.438	0.915	0.175
10	2	1	0.999	1.000	0.748	0.999	1.000	0.750
10	2	5	0.861	0.999	0.434	0.888	0.999	0.430
10	2	10	0.643	0.996	0.284	0.664	0.995	0.278
20	0,5	1	0.335	0.815	0.133	0.341	0.807	0.131
20	0,5	5	0.198	0.492	0.089	0.203	0.484	0.091
20	0,5	10	0.166	0.319	0.078	0.162	0.316	0.076
20	1	1	0.598	0.999	0.436	0.956	0.999	0.433
20	1	5	0.594	0.986	0.232	0.606	0.986	0.231
20	1	10	0.400	0.889	0.158	0.408	0.886	0.157
20	1,5	1	0.999	1.000	0.809	0.999	1.000	0.807
20	1,5	5	0.919	1.000	0.483	0.927	1.000	0.485
20	1,5	10	0.715	0.998	0.312	0.728	0.998	0.315
20	2	1	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	0.973
20	2	5	0.995	1.000	0.754	0.996	1.000	0.755
20	2	10	0.985	0.999	0.289	0.930	1.000	0.525

Tablo 2. Dağılım t iken İnteraksiyon ve esas etkilere ilişkin oluşan güç değerleri (dengeli denemelerde)

n	Delta	varyans	Tip3KT _{INT}	Tip3KT _A	Tip3KT _B	Tip1-2KT _{INT}	Tip1-2KT _A	Tip1-2KT _B
3	0,5	1	0.113	0.154	0.058	0.074	0.154	0.058
3	0,5	5	0.094	0.116	0.064	0.948	0.111	0.063
3	0,5	10	0.073	0.102	0.073	0.114	0.101	0.073
3	1	1	0.172	0.521	0.091	0.172	0.521	0.091
3	1	5	0.143	0.295	0.081	0.142	0.294	0.080
3	1	10	0.145	0.216	0.082	0.142	0.214	0.083
3	1,5	1	0.383	0.880	0.156	0.383	0.881	0.153
3	1,5	5	0.232	0.585	0.111	0.233	0.584	0.112
3	1,5	10	0.196	0.403	0.103	0.196	0.403	0.102
3	2	1	0.655	0.988	0.250	0.657	0.988	0.252
3	2	5	0.361	0.834	0.157	0.361	0.833	0.157
3	2	10	0.270	0.629	0.129	0.270	0.628	0.131
5	0,5	1	0.099	0.247	0.068	0.098	0.245	0.067
5	0,5	5	0.103	0.148	0.065	0.106	0.150	0.064
5	0,5	10	0.114	0.118	0.066	0.115	0.117	0.066
5	1	1	0.312	0.787	0.130	0.316	0.787	0.131
5	1	5	0.197	0.475	0.095	0.196	0.472	0.094
5	1	10	0.169	0.317	0.085	0.168	0.317	0.084
5	1,5	1	0.683	0.989	0.247	0.681	0.989	0.246
5	1,5	5	0.364	0.834	0.147	0.365	0.833	0.149
5	1,5	10	0.266	0.623	0.118	0.265	0.621	0.117
5	2	1	0.929	0.999	0.422	0.929	0.999	0.418
5	2	5	0.577	0.976	0.232	0.577	0.976	0.233
5	2	10	0.399	0.861	0.170	0.397	0.866	0.167
10	0,5	1	0.171	0.479	0.088	0.174	0.477	0.086
10	0,5	5	0.134	0.257	0.072	0.137	0.261	0.071
10	0,5	10	0.126	0.175	0.067	0.128	0.176	0.066
10	1	1	0.653	0.984	0.229	0.654	0.983	0.229
10	1	5	0.343	0.799	0.138	0.342	0.801	0.135
10	1	10	0.245	0.577	0.104	0.246	0.579	0.104
10	1,5	1	0.970	0.999	0.480	0.971	0.999	0.480
10	1,5	5	0.650	0.991	0.258	0.650	0.990	0.258
10	1,5	10	0.445	0.915	0.175	0.443	0.914	0.176
10	2	1	0.999	1.000	0.748	0.999	1.000	0.749
10	2	5	0.886	0.999	0.436	0.885	0.999	0.435
10	2	10	0.674	0.993	0.285	0.670	0.994	0.283
20	0,5	1	0.346	0.807	0.132	0.344	0.809	0.134
20	0,5	5	0.203	0.487	0.090	0.202	0.485	0.090
20	0,5	10	0.167	0.315	0.076	0.162	0.317	0.075
20	1	1	0.956	0.999	0.440	0.956	0.999	0.437
20	1	5	0.608	0.984	0.233	0.608	0.984	0.234
20	1	10	0.412	0.884	0.160	0.411	0.886	0.158
20	1,5	1	0.999	1.000	0.808	0.999	1.000	0.808
20	1,5	5	0.928	0.999	0.486	0.929	1.000	0.478
20	1,5	10	0.731	0.998	0.316	0.728	0.998	0.314
20	2	1	1.000	1.000	0.973	1.000	1.000	0.973
20	2	5	0.996	1.000	0.755	0.996	1.000	0.755
20	2	10	0.931	1.000	0.529	0.930	1.000	0.530

Tablo 3. Dağılım Ki-kare iken İnteraksiyon ve esas etkilere ilişkin oluşan güç değerleri (denge denemelerde)

n	Delta	varyans	Tip3KT _{INT}	Tip3KT _A	Tip3KT _B	Tip1-2KT _{INT}	Tip1-2KT _A	Tip1-2KT _B
3	0,5	1	0.111	0.155	0.072	0.073	0.161	0.057
3	0,5	5	0.094	0.111	0.065	0.114	0.112	0.059
3	0,5	10	0.072	0.102	0.059	0.140	0.099	0.067
3	1	1	0.172	0.522	0.091	0.182	0.539	0.093
3	1	5	0.143	0.296	0.081	0.184	0.313	0.078
3	1	10	0.144	0.214	0.084	0.187	0.225	0.078
3	1,5	1	0.381	0.881	0.154	0.406	0.876	0.161
3	1,5	5	0.233	0.585	0.110	0.291	0.611	0.110
3	1,5	10	0.195	0.404	0.101	0.255	0.434	0.981
3	2	1	0.652	0.988	0.249	0.671	0.983	0.262
3	2	5	0.359	0.833	0.157	0.417	0.836	0.163
3	2	10	0.273	0.629	0.130	0.339	0.658	0.133
5	0,5	1	0.100	0.024	0.066	0.099	0.256	0.065
5	0,5	5	0.103	0.150	0.064	0.126	0.152	0.061
5	0,5	10	0.114	0.118	0.067	0.138	0.117	0.061
5	1	1	0.314	0.788	0.128	0.329	0.791	0.131
5	1	5	0.199	0.473	0.094	0.242	0.495	0.092
5	1	10	0.169	0.315	0.085	0.214	0.338	0.080
5	1,5	1	0.680	0.989	0.249	0.690	0.985	0.258
5	1,5	5	0.363	0.834	0.147	0.411	0.834	0.154
5	1,5	10	0.264	0.622	0.118	0.319	0.641	0.117
5	2	1	0.927	0.999	0.421	0.919	0.999	0.433
5	2	5	0.578	0.976	0.233	0.598	0.970	0.242
5	2	10	0.399	0.863	0.167	0.445	0.861	0.174
10	0,5	1	0.170	0.481	0.872	0.174	0.488	0.088
10	0,5	5	0.133	0.257	0.069	0.159	0.262	0.070
10	0,5	10	0.124	0.176	0.067	0.154	0.181	0.065
10	1	1	0.658	0.983	0.228	0.660	0.981	0.230
10	1	5	0.344	0.801	0.134	0.379	0.800	0.137
10	1	10	0.246	0.580	0.105	0.285	0.591	0.104
10	1,5	1	0.970	1.000	0.481	0.964	0.999	0.486
10	1,5	5	0.650	0.991	0.260	0.654	0.988	0.266
10	1,5	10	0.445	0.915	0.175	0.477	0.910	0.183
10	2	1	0.999	1.000	0.750	0.998	1.000	0.752
10	2	5	0.885	0.999	0.434	0.856	0.999	0.447
10	2	10	0.674	0.994	0.285	0.666	0.991	0.295
20	0,5	1	0.344	0.807	0.132	0.349	0.808	0.133
20	0,5	5	0.203	0.487	0.090	0.228	0.492	0.091
20	0,5	10	0.163	0.316	0.075	0.187	0.319	0.075
20	1	1	0.953	0.999	0.438	0.950	0.999	0.439
20	1	5	0.609	0.984	0.283	0.612	0.983	0.238
20	1	10	0.411	0.886	0.158	0.435	0.885	0.160
20	1,5	1	0.999	1.000	0.807	0.999	1.000	0.809
20	1,5	5	0.732	0.998	0.316	0.905	0.999	0.495
20	1,5	10	0.732	0.998	0.316	0.720	0.997	0.323
20	2	1	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	0.971
20	2	5	0.995	1.000	0.754	0.988	1.000	0.758
20	2	10	0.928	0.999	0.525	0.904	0.999	0.538

Kaynaklar

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

Başpınar E, Gürbüz F (2000). 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, Ögüş E, Gürbüz F (1999). Normal, Beta, Gamma ve Weibull dağılımlarının ikili kombinasyonlarından alınan örneklerin karşılaştırılmasında I. tip hata olasılıkları. Tarım Bilimleri Dergisi, 5 (3): 124-131.

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.
- Boyacıoğlu H (2004). Dengelenmemiş Verilerde Varyans Analizi Tekniği, *Biyoloji Araştırmalarında Bir Uygulama*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Brandt AE (1933). The analysis of variance in a 2x_s table with disproportionate frequencies. *Journal of the American Statistical Association*, 28 (182): 164-173.
- Ergün G, Aktaş S (2009). ANOVA modellerinde kareler toplamı yöntemlerinin karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15 (3): 481-484.
- Elston RC, Bush N (1964). The hypotheses that can be tested when there are interactions in an analysis of variance model. *Biometrics*, 20 (4): 681-698.
- Driscoll MF, Borrer CM (2000). Sums of squares and expected mean squares in SAS. *Quality and Reliability Engineering International*, 16 (5), 423-433.
- Gallo PP (2000). Center-weighting issues in multicenter clinical trials. *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 10, 145-163.
- Herr DG (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 Üniversitesi Basımevi.
- Keskin S (2002). Varyansların homojenliğini test etmede kullanılan bazı yöntemlerin I. tip hata ve testin gücü bakımından irdelenmesi. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Koşkan Ö, Gürbüz F (2009). Yeniden Örnekleme ve F Testinin I. Tip Hata ve Testin Gücü Bakımından Simülasyon Yöntemi ile Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15 (1): 105- 111.
- Koşkan Ö, Neslihan Ş (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 JD, Gardiner WP, 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 JD, Gardiner WP, 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 SE, Delaney HD, Kelley K (2017). *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison perspective*. USA, Routledge.
- Mendeş M (2002). Normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarının gerçekleşmediği durumlardavaryans analizi tekniğinin yerine kullanılabilecek bazı parametrik testlerin 1. tip hata ve testin gücü bakımından irdelenmesi. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Mendeş M (2012). *Uygulamalı bilimler için istatistik ve araştırma yöntemleri*. İstanbul, Kriter Yayınevi.
- Searle SR (1971). *Linear models*. John Wiley and Sons Inc. NY, London, Sydney, Toronto.
- Searle SR, Speed FM, Henderson HV (1981). Some computational and model equivalences in analyses of variance of unequal-subclass-numbers data. *The American Statistician*, 35 (1): 16-33.
- Searle SR (1987). *Linear models for unbalanced data* (No. 519.5352 S439). Wiley.
- Shaw RG, Mitchell-Olds T (1993). ANOVA for unbalanced data: an overview. *Ecology*, 74 (6): 1638-1645.
- Spector PE, Voissem NH, Cone WL (1981). A Monte Carlo study of three approaches to nonorthogonal analysis of variance. *Journal of Applied Psychology*, 66 (5): 535-540.
- Steel RGD, Torrie JH (1960). *Principles and procedures of statistics*. Principles and procedures of statistics.
- Steel RG, Torrie JH (1960). *Principles and Procedures of Statistics*. New York, McGraw-Hill Book Co. 16-18.
- Steel RG, Torrie JH, Dickey DA (1997). *Principles and procedures of statistics: A biological approach*. McGraw-Hill.
- Türkbal A (2011). *Uygulamalı İstatistik*. Kocaeli, Umuttepe Yayınları.
- Weber M (2006). Robustness and power of the t, permutation t and Wilcoxon tests. PhD thesis (unpublished), University of Wayne State University, Detroit, Michigan, USA.