



R Programında Varyans Analizi

Doç. Dr. Yüksel KAYA
Siirt Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Bölümü
2019

e-mail: y.kaya@siirt.edu.tr

Bilgi Notu: 2

Atıf yapma şekli:

Kaya, Y. 2019. R Programında Varyans Analizi. Bilgi Notu:2 (30 Sayfa). Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü. Siirt.

Yasal Serbestlik:

Bu bilgi notunun tamamı veya bir kısmı yazara atıf yapılması koşulu ile yasal eğitim programlarında kullanılabilir, çoğaltılabilir, kopyalanabilir ve dağıtılabilir.

Yasal Uyarı:

Bu bilgi notunun tamamı veya bir kısmı, ticari amaç için kullanılamaz, basılamaz, çoğaltılamaz, kopyalanamaz ve dağıtılamaz.

Teşekkür

R (<https://www.r-project.org>), istatistiksel hesaplama ve grafikler için yazılım ortamı olup aynı zamanda programlama dilidir. R Foundation tarafından desteklenen ve GNU Tasarısının parçası olan bir özgür yazılımdır (Vikipedi).

R Yazılımı, Yeni Zelanda Auckland Üniversitesi'nden Prof. Dr. Roos Ihaka ve Prof. Dr. Robert Gentleman tarafından geliştirilmiş ve 1996 yılında dünyaya duyurulmuştur (<https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/R-paper.pdf>). İki değerli bilim insanının isimlerinin baş harflerini taşıyan **R Programı, ücretsizdir.**

Bugün dünyada popüler olan R Programını geliştiren ve insanlığa ücretsiz sunan Prof. Dr. Roos Ihaka ve Prof. Dr. Robert Gentleman'e çok teşekkür ederiz.

Ayrıca, Agricolae modülünü (paketini) geliştirerek R Programının tarımsal araştırmalarda kullanılmasına öncülük eden Peru Lima La Molina Milli Tarım Üniversitesi'nden Prof. Dr. Felipe Mendiburu'ye de çok teşekkür ederiz.

Bu bilgi notu hazırlanırken aşağıda bağlantıdaki videolardan yararlanılmıştır.

https://www.youtube.com/channel/UCV7iMapwdTCI3N_CzCF7GsQ/featured

İçindekiler

Teşekkür	3
R programının kurulumu	5
Excelden R Studio Programına veri aktarımı	6
Tesadüf Blokları Deneme Deseni (TBDD)	8
Tesadüf Parselleri Deneme Deseni (TPDD)	13
Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Denemeler (2 Faktörlü)	17
Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller (2 Faktörlü)	23
Kaynaklar	29
Duyuru	30

R programının kurulumu

<https://www.r-project.org>

R Studio Programının kurulumu

<https://www.rstudio.com>

R programında yazılan modüllerin (paket) çalıştırılması ve basit kod yazımlarıyla R Programını kolayca kullanabilecekler (Bizim gibi) için yaygın olarak R Studio programı tercih edilir.

Agricolae modülünün R Programında kurulması

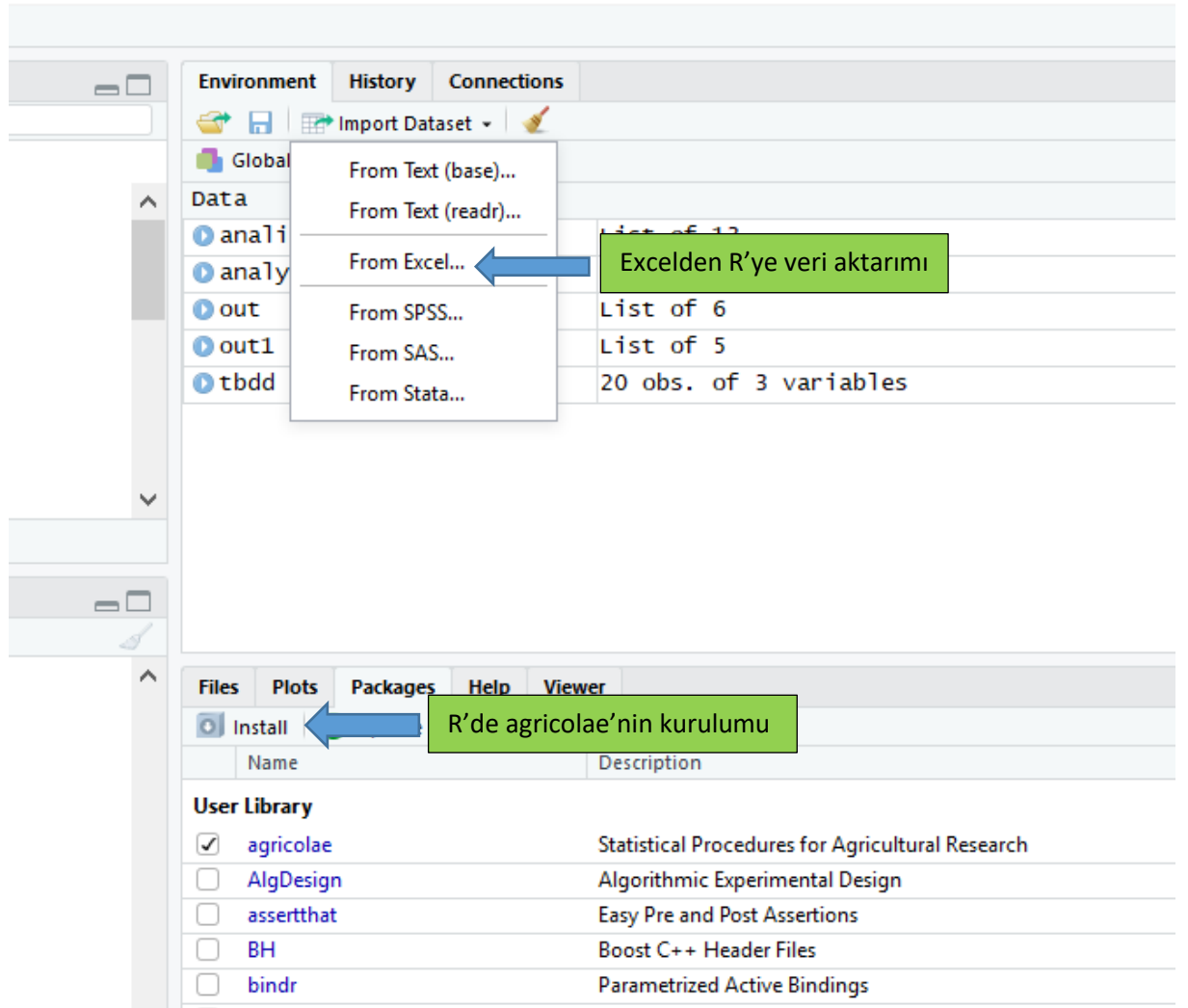
<https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>

Agricolae modülü, tarımsal araştırmalarda varyans analizinin yapılması için kullanılır.

R Programının tanıtımı

http://users.metu.edu.tr/mgultas/r_kurmak.html

Excelden R Studio Programına veri aktarımı



Excelden R Studio Programına veri aktarımı

Agricolae modülü (paketi) seçilerek aktif hale getirilir (Sayfa 6).

Excelden tbdd isimli dosya (sayfa 10'daki Çizelge 1) R Studio Programına aktarılır (Sayfa 6).

```
> library("agricolae", lib.loc=~ /R/win-library/3.5")
> library(readxl)
Warning message:
package 'readxl' was built under R version 3.5.3
> tbdd <- read_excel("C:/Users/Yüksel KAYA/Desktop/araştırma ve deneme metotları/tbdd.xlsx")
> View(tbdd)
```

Yüklenen dosyanın içeriği çağırılır.

```
> head(tbdd)
# A tibble: 6 x 3
  cesit blok verim
  <chr> <chr> <dbl>
1 C1    B1    230
2 C1    B2    250
3 C1    B3    200
4 C1    B4    220
5 C2    B1    150
6 C2    B2    170
.....
```

Dosya içerisindeki varyans unsurlarının karakter tipleri okunur.

```
> str(tbdd)
Classes 'tbl_df', 'tbl' and 'data.frame':      20 obs. of  3 variables:
 $ cesit: chr  "C1" "C1" "C1" "C1" ...
 $ blok : chr  "B1" "B2" "B3" "B4" ...
 $ verim: num  230 250 200 220 150 170 180 160 305 320 ...
```

Varyans unsurları (blok ve cesit) faktöre (factor) dönüştürülür.

```
> tbdd$cesit <- as.factor(tbdd$cesit)
> tbdd$blok <- as.factor(tbdd$blok)
```

Varyans unsurlarının (blok ve cesit) faktöre (factor) dönüştüğü görülür.

```
> str(tbdd)
Classes 'tbl_df', 'tbl' and 'data.frame':      20 obs. of  3 variables:
 $ cesit: Factor w/ 5 levels "C1","C2","C3",...: 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 ...
 $ blok : Factor w/ 4 levels "B1","B2","B3",...: 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...
 $ verim: num  230 250 200 220 150 170 180 160 305 320 ...
```

Tesadüf Blokları Deneme Deseni (TBDD)

Tarla denemelerinde konuların (faktörler) uygulandığı parseller çoğunlukla homojen değildir. Bloklar, daha homojen gruplar oluşturmak ya da heterojenliği azaltmak için deneme alanını oluşturan toprağa karşı yapılır. Böyle durumlarda TBDD'nin tercih edilmesi uygundur.

Tekerrür

Bir denemede araştırma konularının (faktörler) en az 2, 3, 4 veya 5 defa tekrar etmesidir. Tekerrür sayısının en az 3 (en uygunu 4) olması tavsiye edilir.

Blok

Bir denemede araştırma konularının (faktörler) tekerrürleri ile birlikte uygulanabilmesi için alan (örneğin arazi veya tarla), eşit ve homojen şekilde bölümlere ayrılır. Her bölüme blok denir. Deneme konuları her bloğa bir kez uygulanır ki buna da uygulamanın tekerrürü denir. Her blok konu (faktör) sayısı kadar parsele bölünür. Blokların her biri kendi içinde maksimum homojenliğe sahip iken bloklar arasında maksimum heterojenlik oluşturulur.

Bir denemede konuların (faktörler) seviyelerinin uygulandığı parselin karşılığı serada saksı, laboratuvarında petri kabı veya arazide 3, 5 veya 10 m²'lik toprak parçası olabilir.

Tekerrür ve blok terimleri aynı anlamda birbirinin yerine kullanılabilir mi?

Çoğunlukla tarlada yürütülen denemelerde bir bloğun, bitişiğindeki bloktan farklı yapıya (örneğin toprak özellikleri vb.) sahip olduğu kabul edilir. Bu kabullenme bazı durumlarda teorik, bazı durumlarda gözleme dayalı olabilir. Fakat her ne sebeple olursa olsun bir tarla denemesinde bloklama yapılyorsa, tarlanın homojen olmadığı dolayısıyla tüm blokların birbirinden farklı olduğu varsayılıyor demektir.

Blokların oluşturulduğu deneme alanının (örneğin arazi vb.) heterojenitesi, araştırmacı tarafından tamamen kontrol altına alınamaz. Böylece heterojen toprak yapısının oluşturduğu blok içi ve bloklar arası varyasyonlar, bir blok ile bitişiğindeki diğer blokların, uygulama konularına farklı etkilerde bulunmasına neden olur.

Blok, deneme konularının uygulandığı yerdir ve çoğunlukla heterojen bir yapıdadır. Tekerrür ise bloğa uygulanan deneme konuları (uygulanan faktörler) ve/veya onların farklı seviyeleridir. Dolayısıyla blok ile tekerrürün teknik terim olarak birbirinin yerine kullanılması mümkün değildir. Ancak bir denemedeki blokların tümünün birbirinin aynı özelliklere (tamamen homojen) sahip olduğu ve blok etkilerinin teorik olarak sıfır (veya sıfıra çok yakın) olduğu denemelerde tekerrür ile blok terimleri aynı anlamda kullanılabilir. Böylesi bir duruma, tarla denemelerinde rastlanması, neredeyse imkânsızdır.

TBDD’de varyans analizi

Soru 1: Tarla şartlarında 5 ekmeklik buğday çeşidi, 4 blokta tane verimlerini ölçmek için denemeye alınıyor. Çeşitlerin bloklar üzerinden tane verimi değerleri (kg/da) Çizelge 1’de verilmiştir. Çeşitler arasında tane verimi yönüyle farklılık var mıdır?

Çizelge 1. 5 Ekmeklik buğday çeşidinin 4 blok üzerinden elde edilen tane verimi değerleri (kg/da)

cesit	blok	verim
C1	B1	230
C1	B2	250
C1	B3	200
C1	B4	220
C2	B1	150
C2	B2	170
C2	B3	180
C2	B4	160
C3	B1	305
C3	B2	320
C3	B3	330
C3	B4	280
C4	B1	400
C4	B2	390
C4	B3	380
C4	B4	440
C5	B1	300
C5	B2	250
C5	B3	280
C5	B4	290

Kısaltmalar:

cesit, Çeşitler

C1, Çeşit 1

C2, Çeşit 2

C3, Çeşit 3

C4, Çeşit 4

C5, Çeşit 5

B1, Blok 1

B2, Blok 2

B3, Blok 3

B4, Blok 4

verim, Tane verimi (kg/da)

Varyans analizi yapmak için Çizelge 1’deki veriler, Excelden R Programına tbdd ismi ile aktarılmıştır.

Varyans analizi

```
> analysis <- lm(verim~cesit+blok, tbdd)
> anova(analysis)
```

Analysis of Variance Table

Response: verim

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
cesit	4	128050	32013	57.7669	9.706e-08 ***
blok	3	44	15	0.0263	0.9939
Residuals	12	6650	554		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Varyans analizi (ANOVA) sonucunda, deneme konuları arasındaki farklılıklar F testine göre önemli çıkarsa, hangi konuların birbirinden farklı olduğunu belirlemek için çoklu karşılaştırma (multiple pairwise comparison test) testleri (örneğin LSD vb.) ya da çoklu aralık (multiple ranges comparison test) testleri (örneğin Duncan vb.) kullanılır.

Pratikte her iki test grubuna da kısaca karşılaştırma testleri denir. Çoğunlukla ilk gruba ikili karşılaştırma testleri, ikinci gruba ise çoklu karşılaştırma testleri denir. Bu isimlendirme her ne kadar, test gruplarının gerçek isimlerinin tam karşılığı olmasa da bu bilgi notunda testlerin pratikteki isimleri tercih edilecektir.

Bu bilgi notunda yer alan deneme konularının ikili karşılaştırmalarında LSD testi, çoklu karşılaştırmalarında ise Duncan testi kullanılmıştır. Deneme konularına, ANOVA sonuçlarına göre belirlenen önemlilik seviyeleri dikkate alınarak karşılaştırma testleri uygulanmıştır. LSD testi uygulanırken konu sayıları dikkate alınarak hata tip 1 için α (H_0 hipotezi doğru olduğu halde, kabul etmeme bölgesi) seviyesinde bir düzeltme yapılmamıştır. LSD testi, bilindiği üzere t testidir ve iki konunun karşılaştırılmasında önerilir. Karşılaştırılacak konu sayısı arttıkça, α değeri artar ve doğru olduğu halde H_0 hipotezini kabul etmeme ihtimali artar. Örneğin denememizde 5 ekmeklik buğday çeşidi % 1 LSD değeri olan 50.84532 kg/da tane verimi ile karşılaştırılmıştır. LSD (α 0.01 ve hata sd: 12) değerinin hesaplanmasında kullanılan t_{α} 0.01'in anlamı, aynı şartlarda denememizi 100 kez tekrar etmiş olsak şans eseri sadece 1 denemede 5 çeşitten bir tanesinin diğerlerinden farklı tane verimi ortalamasına sahip olabileceğini iddia edebiliriz demektir. Geriye kalan 99 denemenin tümünde 5 çeşidin tane verimi ortalamaları arasındaki farklılıkların birbirine eşit veya birbirine çok yakın olduğunu iddia edebiliriz demektir.

Hangi istatistik programında LSD testi ile çeşitleri karşılaştırsak karşılaştıralım fark etmez, 5 çeşidi, t_{α} % 1 değil, % 22.62 seviyesinde karşılaştırmış olacağız. Çünkü 5 çeşidin karşılaştırılmasında t_{α} değeri $(1-(1-0.01)^5)=0.2262$ yani %22.62 olarak tahmin edilecektir. α değerinin yükselmesi demek H_0 hipotezi doğru iken kabul edilmeme ihtimalinin (hata tip 1) artması demektir (Armstrong, 2014).

Yukarıda açıklanan ve açıklanmayan eksikliklerini gidermek için LSD testinin, Bonferroni düzeltmesiyle birlikte kullanılması tavsiye edilir. Bonferroni yöntemi haricinde başka yöntemlerde vardır. Fakat pratikte çoğu araştırmacı, LSD testinde düzeltme yapmadan kullandığı için bizde bu bilgi notunda LSD testini düzeltme yapmadan yani yalın haliyle sunuyoruz. LSD testinde düzeltmek yapmak için aşağıdaki kodları kullanabilirsiniz.

```
> out1 <- LSD.test(analysis, "cesit", alpha = 0.01, p.adj= c("bonferroni"), console = TRUE)
```

Çeşitlerin tane verimi ortalamaları arasındaki farklar, istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli çıktığı için ikili (örnek LSD) ve çoklu (örnek Duncan) karşılaştırma testlerine geçilebilir.

LSD ikili karşılaştırma testi

```
> out1 <- LSD.test(analysis, "cesit", alpha = 0.01)
> out1
```

\$statistics

MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD
554.1667	12	276.25	8.521537	3.05454	50.84532

\$parameters

test	p.adjusted	name	t	ntr	alpha
Fisher-LSD	none	cesit	5	0.01	

\$means

verim	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
C1	225.00	20.81666	4	189.0469	260.9531	200	250	215.00	225.0	235.0
C2	165.00	12.90994	4	129.0469	200.9531	150	180	157.50	165.0	172.5
C3	308.75	21.74665	4	272.7969	344.7031	280	330	298.75	312.5	322.5
C4	402.50	26.29956	4	366.5469	438.4531	380	440	387.50	395.0	410.0
C5	280.00	21.60247	4	244.0469	315.9531	250	300	272.50	285.0	292.5

\$groups

verim	groups
C4 402.50	a
C3 308.75	b
C5 280.00	b
C1 225.00	c
C2 165.00	d

Duncan çoklu karşılaştırma testi

```
> out <- duncan.test(analysis, "cesit", alpha = 0.01)
> out
```

\$statistics

MSerror	Df	Mean	CV
554.1667	12	276.25	8.521537

\$parameters

test	name	t	ntr	alpha
Duncan	cesit	5	0.01	

\$duncan

Table CriticalRange

2	4.319771	50.84532
3	4.504079	53.01468
4	4.622182	54.40481
5	4.705315	55.38331

\$means

	verim	std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q75
C1	225.00	20.81666	4	200	250	215.00	225.0	235.0
C2	165.00	12.90994	4	150	180	157.50	165.0	172.5
C3	308.75	21.74665	4	280	330	298.75	312.5	322.5
C4	402.50	26.29956	4	380	440	387.50	395.0	410.0
C5	280.00	21.60247	4	250	300	272.50	285.0	292.5

\$comparison

NULL

\$groups

	verim	groups
C4	402.50	a
C3	308.75	b
C5	280.00	bc
C1	225.00	c
C2	165.00	d

Tesadüf Parselleri Deneme Deseni (TPDD)

Kontrollü şartlarda (sera ve/veya laboratuvar vb.) yürütülen denemelerde tesadüf parselleri deneme deseninin tercih edilmesi tavsiye edilir.

Soru 2. Beş ekmeklik buğday çeşidi, 4 tekerrürlü olarak çimlendirme denemesine alınmıştır. Deneme, bitki yetiştirme kabininde yürütülmüş ve çimlendirme oranları (%) sayılarak elde edilmiştir (Çizelge 2). Çeşitler, çimlenme oranları yönüyle farklı mıdır?

Çizelge 2. Beş ekmeklik buğday çeşidinin çimlenme oranları (%)

cesit	tek	cimorani
c1	1	89
c2	1	87
c3	1	92
c4	1	78
c5	1	81
c1	2	94
c2	2	89
c3	2	94
c4	2	82
c5	2	82
c1	3	91
c2	3	90
c3	3	89
c4	3	87
c5	3	83
c1	4	84
c2	4	92
c3	4	90
c4	4	88
c5	4	85

Kısaltmalar:

cesit, Çeşitler

c1, Çeşit 1

c2, Çeşit 2

c3, Çeşit 3

c4, Çeşit 4

c5, Çeşit 5

tek, Tekerrür

cimorani, Çimlenme oranı(%)

Varyans analizi yapmak için Çizelge 2'deki veriler, Excelden R Programına tpdd ismi ile aktarılmıştır.

Varyans analizi öncesi varsayımların test edilmesi (1)

Deneme konusu (çeşitler) ait çimlenme oranlarının normal dağılışa uygunluğu test edilir.

```
> shapiro.test(cimorani)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: cimorani

W = 0.95821, p-value = 0.5088

Çeşitlerin çimlenme oranları normal dağılışa uygundur ($0.5088 > 0.05$).

Varyans analizi öncesi varsayımların test edilmesi (2)

Deneme konusuna (çeşitler) ait çimlenme oranlarının varyansları, homojenlik için test edilir.

```
> bartlett.test(cimorani~cesit, tpdd)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: cimorani by cesit

Bartlett's K-squared = 4.1813, df = 4, p-value = 0.382

Deneme konusuna (çeşitler) ait çimlenme oranlarının varyansları, homojendir ($0.382 > 0.05$).

Varyans analizi yapılabilmesi için varsayımlar sağlanmıştır.

Uygulama konusunun faktör olarak belirlenmesi

Varyans analizinden önce deneme konusu olan çeşitlerin (cesit) faktör olarak tanımlanması gerekir. Deneme konularının faktör olarak tanımlanması, tesadüf blokları deneme deseninde gösterilmektedir (Sayfa 7 ve 8).

Varyans Analizi

```
> analysis <- lm(cimorani~cesit, tpdd)
```

```
> anova(analysis)
```

Analysis of Variance Table

Response: cimorani

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
cesit	4	234.30	58.575	5.6961	0.005407 **
Residuals	15	154.25	10.283		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Deneme konularının (çeşitler) çimlenme oranlarına ait ortalamaları arasındaki farklar, varyans analizi (ANOVA) sonucuna göre istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur ($0.005407 < 0.01$). Dolayısıyla çeşitler, çimlenme oranlarına göre ikili veya çoklu karşılaştırma testleri ile karşılaştırılabilir.

LSD ikili karşılaştırma testi

```
> out1 <- LSD.test(analysis, "cesit", alpha = 0.01)
```

```
> out1
```

\$statistics

	MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD
	10.28333	15	87.35	3.671166	2.946713	6.681743

\$parameters

	test	p.adjusted	name	t	ntr	alpha
	Fisher-LSD	none	cesit	5	0.01	

\$means

	cimorani	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75
c1	89.50	4.203173	4	84.77529	94.22471	84	94	87.75	90.0	91.75
c2	89.50	2.081666	4	84.77529	94.22471	87	92	88.50	89.5	90.50
c3	91.25	2.217356	4	86.52529	95.97471	89	94	89.75	91.0	92.50
c4	83.75	4.645787	4	79.02529	88.47471	78	88	81.00	84.5	87.25
c5	82.75	1.707825	4	78.02529	87.47471	81	85	81.75	82.5	83.50

\$comparison

NULL

\$groups

	cimorani	groups
c3	91.25	a
c1	89.50	ab

```
c2  89.50  ab
c4  83.75  bc
c5  82.75   c
```

```
attr("class")
[1] "group"
```

Duncan çoklu karşılaştırma testi

```
> out <- duncan.test(analysis, "cesit", alpha = 0.01)
```

```
> out
```

```
$statistics
```

```
  MSerror Df  Mean    CV
10.28333 15 87.35 3.671166
```

```
$parameters
```

```
test name.t ntr alpha
Duncan cesit  5 0.01
```

```
$duncan
```

```
Table CriticalRange
2 4.167281    6.681743
3 4.346367    6.968886
4 4.463076    7.156014
5 4.546699    7.290095
```

```
$means
```

```
  cimatorani  std r Min Max  Q25  Q50  Q75
c1  89.50 4.203173 4 84 94 87.75 90.0 91.75
c2  89.50 2.081666 4 87 92 88.50 89.5 90.50
c3  91.25 2.217356 4 89 94 89.75 91.0 92.50
c4  83.75 4.645787 4 78 88 81.00 84.5 87.25
c5  82.75 1.707825 4 81 85 81.75 82.5 83.50
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
  cimatorani groups
c3  91.25    a
c1  89.50   ab
c2  89.50   ab
c4  83.75    b
c5  82.75    b
```

Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Denemeler (2 Faktörlü)

Tesadüf blokları deneme deseninde (TBDD) her blok içine faktörlerin (bizim denememizde 2 faktör) kombinasyonu tesadüfi olarak dağıtılır. Bloklarda ana ve alt parseller oluşturulmaz. Aşağıda deneme planı verilmiştir.

Soru 3. Bir denemede 2 buğday çeşidine (Çeşit 1 ve 2) 3 azot (N) dozu (0, 7 ve 14 kg/da) uygulanıyor. Deneme tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseninde 4 blokta yürütülüyor (Çizelge 3). Çeşitlerin tane verimi üzerine azot dozlarının etkili olup olmadığını belirleyiniz?

Çizelge 3. İki buğday çeşidi ve 3 azot dozundan elde edilen tane verimi değerleri (kg/da)

blok	cesit	azot	verim
1	C1	N0	160
2	C1	N0	170
3	C1	N0	180
4	C1	N0	190
1	C1	N7	250
2	C1	N7	260
3	C1	N7	240
4	C1	N7	230
1	C1	N14	240
2	C1	N14	230
3	C1	N14	200
4	C1	N14	220
1	C2	N0	150
2	C2	N0	170
3	C2	N0	170
4	C2	N0	160
1	C2	N7	230
2	C2	N7	240
3	C2	N7	220
4	C2	N7	210
1	C2	N14	250
2	C2	N14	260
3	C2	N14	220
4	C2	N14	240

Kısaltmalar

C1, Çeşit 1

C2, Çeşit 2

N0, Azot dozu (0 kg/da)

N7, Azot dozu (7 kg/da)

N14, Azot dozu (14 kg/da)

TBDD’de faktöriyel (2 faktörlü) deneme planı

Blok 4	C2N7	C1N7	C2N0	C1N0	C2N14	C1N14
--------	------	------	------	------	-------	-------

Blok 3	C1N14	C2N0	C1N7	C2N7	C1N0	C2N14
--------	-------	------	------	------	------	-------

Blok 2	C2N0	C1N7	C2N14	C1N14	C2N7	C1N0
--------	------	------	-------	-------	------	------

Blok 1	C1N14	C2N0	C1N0	C1N7	C2N14	C2N7
--------	-------	------	------	------	-------	------

Kısaltmalar

C1, Çeşit 1

C2, Çeşit 2

N0, Azot dozu (0 kg/da)

N7, Azot dozu (7 kg/da)

N14, Azot dozu (14 kg/da)

Varyans analizi yapmak için Çizelge 3’deki veriler, Excelden R Programına tbdd2faktor ismi ile aktarılmıştır.

Varyans analizi yapmadan önce blok ve 2 faktör (çeşit ve azot dozu), R programına factor olarak tanıtlılır.

```
> tbdd2faktor$blok <- as.factor(tbdd2faktor$blok)
> tbdd2faktor$cesit <- as.factor(tbdd2faktor$cesit)
> tbdd2faktor$azot <- as.factor(tbdd2faktor$azot)
> str(tbdd2faktor)
```

Classes ‘tbl_df’, ‘tbl’ and ‘data.frame’: 24 obs. of 4 variables:

\$ blok : Factor w/ 4 levels "1","2","3","4": 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...

\$ cesit : Factor w/ 2 levels "C1","C2": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...

\$ azot : Factor w/ 3 levels "N0","N14","N7": 1 1 1 1 3 3 3 3 2 2 ...

\$ verim : num 160 170 180 190 250 260 240 230 240 230 ...

Varyans Analizi

```
> analysis <- aov(verim~blok+cesit*azot, tbdd2faktor)
> anova(analysis)
```

Analysis of Variance Table

Response: verim

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
blok	3	945.8	315.3	1.8336	0.1844
cesit	1	104.2	104.2	0.6058	0.4485
azot	2	22558.3	11279.2	65.5977	3.834e-08 ***
cesit:azot	2	1808.3	904.2	5.2585	0.0186 *
Residuals	15	2579.2	171.9		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Çeşitler (ilk faktör) için LSD testinin uygulanması

Denememizde ilk faktör olan çeşitlerin ortalama tane verimleri arasındaki farklılık, ANOVA’da önemsiz çıkmıştır ($0.1844 > 0.05$). Bu durumda ikili (LSD testi vb.) veya çoklu (Duncan testi vb.) karşılaştırma testlerini uygulamaya gerek yoktur. Denememizde çeşitler için LSD testini uygulamamızın sebebi, Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Denemeler yürütüldüğünde, faktörlerin ana etkilerine LSD testinin, R programında nasıl uygulanacağını göstermek içindir.

```
> out1 <- LSD.test(analysis, c("cesit"), alpha = 0.05, console = TRUE)
```

Study: analysis ~ c("cesit")

LSD t Test for verim

Mean Square Error: 171.9444

cesit, means and individual (95 %) CI

	verim	std r	LCL	UCL	Min	Max
C1	214.1667	33.15483	12	206.0984	222.2349	160 260
C2	210.0000	37.89939	12	201.9318	218.0682	150 260

Alpha: 0.05 ; DF Error: 15
Critical Value of t: 2.13145

least Significant Difference: 11.41021

Treatments with the same letter are not significantly different.

	verim	groups
C1	214.1667	a
C2	210.0000	a

Azot dozları (ikinci faktör) için LSD testinin uygulanması

Denememizde ikinci faktör olan azot dozlarının tane verimlerinin ortalamaları arasındaki farklar, ANOVA sonuçlarına göre %1 seviyesinde ($3.834e-08 < 0.01$) önemli bulunmuştur. Bu durumda azot dozlarının sıralamaları örneğin LSD testi ile yapılabilir. LSD testi için önem seviyesi (α) 0.01 yani % 1 olarak alınmalıdır. Çünkü azot dozlarının önemlilik düzeyi ANOVA’da %1 seviyesinde ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur.

Genellikle araştırmacılar, yürüttükleri denemelerin varyans analiz (ANOVA) sonuçlarını değerlendirirken ikili veya çoklu karşılaştırma testlerini kullandıklarında, faktörlerin ana ve interaksiyon etkilerinin ANOVA’da hangi seviyelerde (% 5 veya % 1) önemli çıktığını dikkate almazlar. Deneme konularına ikili veya çoklu karşılaştırma testlerini uygularken tümüyle ya % 1 ya da % 5 önem seviyesinde değerlendirirler. Böyle bir yolun takip edilmesinin bazı gerekçeleri olabilir. Bazen araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde genel bir uyum olsun kabulü ya da istatistiksel analizlerin yapıldığı programların (örneğin JMP vb.) yetersizlikleri, araştırmacıları çaresiz bırakabilir.

Bir denemede konuların (faktörler) ana ve interaksiyon etkileri, ANOVA sonuçlarında hangi seviyelerde önemli çıkıyorsa, o önem seviyelerinde ikili veya çoklu karşılaştırma testlerini yapmak tavsiye edilir. Örneğin bir denemenin değerlendirilmesi esnasında yapılan ANOVA’da birinci faktör % 5, yine aynı denemede ikinci faktör % 1 seviyesinde önemli çıkabilir. Böyle bir durumda ikili veya çoklu karşılaştırma testleri uygulanacaksa birinci faktörün % 5, ikinci faktörün % 1 önem seviyesinde karşılaştırılması tavsiye edilir. R programında faktörler, ana ve interaksiyon etkileri göre hem % 5 ve hem de % 1 önem seviyelerinde ikili veya çoklu karşılaştırma testleri ile karşılaştırılabilmektedir.

```
out1 <- LSD.test(analysis, c("azot"), alpha = 0.01, console = TRUE)
```

```
Study: analysis ~ c("azot")
```

```
LSD t Test for verim
```

```
Mean Square Error: 171.9444
```

```
azot, means and individual ( 99 %) CI
```

	verim	std r	LCL	UCL	Min	Max
N0	168.75	12.46423	8 155.0889	182.4111	150	190
N14	232.50	19.08627	8 218.8389	246.1611	200	260
N7	235.00	16.03567	8 221.3389	248.6611	210	260

```
Alpha: 0.01 ; DF Error: 15
```

```
Critical Value of t: 2.946713
```

```
least Significant Difference: 19.31977
```

```
Treatments with the same letter are not significantly different.
```

	verim	groups
N7	235.00	a

N14 232.50 a
N0 168.75 b

Çeşit x azot dozu interaksyonu (iki faktörün etkileşimi) için LSD testinin uygulanması

```
> out1 <- LSD.test(analysis, c("cesit", "azot"), alpha = 0.05,  
+ main = "verim~blok+cesit+azot+cesit:azot", console = TRUE)
```

Study: verim~blok+cesit+azot+cesit:azot

LSD t Test for verim

Mean Square Error: 171.9444

cesit:azot, means and individual (95 %) CI

	verim	std r	LCL	UCL	Min	Max
C1:N0	175.0	12.909944	4 161.0254	188.9746	160	190
C1:N14	222.5	17.078251	4 208.5254	236.4746	200	240
C1:N7	245.0	12.909944	4 231.0254	258.9746	230	260
C2:N0	162.5	9.574271	4 148.5254	176.4746	150	170
C2:N14	242.5	17.078251	4 228.5254	256.4746	220	260
C2:N7	225.0	12.909944	4 211.0254	238.9746	210	240

Alpha: 0.05 ; DF Error: 15
Critical Value of t: 2.13145

least Significant Difference: 19.76306

Treatments with the same letter are not significantly different.

verim groups	
C1:N7	245.0 a
C2:N14	242.5 ab
C2:N7	225.0 bc
C1:N14	222.5 c
C1:N0	175.0 d
C2:N0	162.5 d

Duncan çoklu karşılaştırma testini uygulamak için aşağıda verilen kodları kullanabilirsiniz.

Çeşitler (ilk faktör) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- duncan.test(analysis, c("cesit"), alpha = 0.05, console = TRUE)
```

Azot dozları (ikinci faktör) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- duncan.test(analysis, c("azot"), alpha = 0.05, console = TRUE)
```

Çeşit x azot dozu interaksyonu (iki faktörün etkileşimi) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- duncan.test(analysis, c("cesit", "azot"), alpha = 0.05,  
+ main = "verim~blok+cesit+azot+cesit:azot", console = TRUE)
```

Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller (2 Faktörlü)

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller mi ya da bölünmüş bloklar mı?

Bir denemede yapılan işlemlerin doğru tanımlanması, varyans analizinin doğru yapılmasına yardımcı olacaktır. TBDD’de bölünmüş parseller oluşturulurken aslında blokların bölünmesi ile alt bloklar (yaygın olarak bilindiği şekliyle biz buna ana parseller diyoruz) ve alt blokların bölünmesi ile de parseller (bu da alt parseller diyoruz) oluşturulur. Gerçekte bloklar, en alt birim olan parsellere bölünmeden önce daha büyük birimlere bölünüyorsa bu birimlere bölünmüş bloklar demek daha uygun olacaktır. Bölünmüş blok terimi (split-block), tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme deseni (split-plot) ile tesadüf bloklarında bölünmüş bloklar (split-block) deneme deseninin ayırt edilmesine yardımcı olacaktır. Araştırmacılar, yaygın olarak bilindiği şekliyle, tesadüf parselleri deneme deseninde parsellerin alt parsellere bölünmesiyle oluşturulan bölünmüş parseller (split-plot) terimini, tesadüf blokları deneme deseninde blokların bölünmesiyle oluşturulan bölünmüş blokları (split-block) tanımlamak için kullanmaktadırlar. Yaygın olarak yapılan bu hatanın düzeltilmesi gerektiğine vurgu yaparken, bu bilgi notunda mevcut haliyle yanlış terim kullanmaya devam edeceğiz.

Bölünmüş parsellere hangi koşullarda ihtiyaç duyulur?

Bölünmüş parseller deneme deseninde, ana parsellere genelde küçük parsellere uygulanması zor olan sulama yöntemleri, ekim zamanları, sürüm şekilleri vb. traktör, alet veya ekipman ile yapılabilecek konular (faktörler) dağıtılır. Bilindiği gibi ana parsellere dağıtılan konular daima alt parsellere dağıtılan uygulamalara göre daha az hassasiyetle test edilirler. Zira bir blok içerisinde ana parsel konuları sadece bir kez tekrarlanırken, alt parsel konuları bir blokta ana parsel sayısı kadar tekrarlanır. Örneğin bizim denememizdeki 1. blokta çeşit 1 (C1) ana parselin birinde, çeşit 2 (C2) ana parselin diğerinde olmak üzere her iki çeşitte 1. blokta sadece bir kez yer almışlardır. Fakat 1. bloğun iki ana parselinin alt parsellerine dağıtılan azot dozları, ikişer kez tekrarlanmıştır. Böylece alt parsel konuları, ana parsel konularından daha hassas test edilmektedir. Bir başka deyişle ana parsel konuları blok içi ve bloklar arası varyasyondan kaynaklanan hataya daha fazla maruz kalmaktadır. Hâlbuki alt parsel konuları gerek blok içi ve gerekse bloklar arası varyasyonu, her blokta iki kez tekrar ederek azaltmaktadır.

TBDD’de her bir blok kendi içinde bölünerek ana parseller ve ana parsellerin bölünmesi ile alt parseller oluşturulur. Denememizde ana parsellere çeşitler ve alt parsellere azot dozları dağıtılmıştır. Deneme planı aşağıda verilmiştir (Sayfa 25).

Soru 4. Tarla şartlarında yürütülen bir denemede 2 buğday çeşidine (Çeşit 1 ve 2) 3 azot (N) dozu (0, 7 ve 14 kg/da) uygulanıyor. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 blokta yürütülüyor (Çizelge 4). Ana parsellere çeşitler ve alt parsellere azot dozları dağıtılıyor. Çeşitlerin tane verimleri üzerine azot dozlarının etkili olup olmadığını belirleyiniz?

Çizelge 4. İki buğday çeşidi ve 3 azot dozundan elde edilen tane verimi değerleri (kg/da)

blok	cesit	azot	verim
1	C1	N0	160
2	C1	N0	170
3	C1	N0	180
4	C1	N0	190
1	C1	N7	250
2	C1	N7	260
3	C1	N7	240
4	C1	N7	230
1	C1	N14	240
2	C1	N14	230
3	C1	N14	200
4	C1	N14	220
1	C2	N0	150
2	C2	N0	170
3	C2	N0	170
4	C2	N0	160
1	C2	N7	230
2	C2	N7	240
3	C2	N7	220
4	C2	N7	210
1	C2	N14	250
2	C2	N14	260
3	C2	N14	220
4	C2	N14	240

Kısaltmalar

C1, Çeşit 1

C2, Çeşit 2

N0, Azot dozu (0 kg/da)

N7, Azot dozu (7 kg/da)

N14, Azot dozu (14 kg/da)

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller (2 faktörlü) deneme deseni planı

Blok 4	C2N14	C2N0	C2N7	C1N0	C1N14	C1N7
--------	-------	------	------	------	-------	------

Blok 3	C1N0	C1N7	C1N14	C2N7	C2N0	C2N14
--------	------	------	-------	------	------	-------

Blok 2	C2N7	C2N14	C2N0	C1N14	C1N7	C1N0
--------	------	-------	------	-------	------	------

Blok 1	C1N14	C1N0	C1N7	C2N0	C2N14	C2N7
--------	-------	------	------	------	-------	------

Kısaltmalar

C1, Çeşit 1

C2, Çeşit 2

N0, Azot dozu (0 kg/da)

N7, Azot dozu (7 kg/da)

N14, Azot dozu (14 kg/da)

Varyans analizi yapmak için Çizelge 4'deki veriler, Excelden R Programına tbdd2faktor ismi ile aktarılmıştır.

Varyans Analizi

```
> model <- with(tbdd2faktor, sp.plot(blok, cesit, azot, verim))
```

ANALYSIS SPLIT PLOT: verim

Class level information

cesit : C1 C2

azot : N0 N7 N14

blok : 1 2 3 4

Number of observations: 24

Analysis of Variance Table

Response: verim

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
blok	3	945.8	315.3	6.4857	0.07948 .
cesit	1	104.2	104.2	2.1429	0.23944
Ea	3	145.8	48.6		
azot	2	22558.3	11279.2	55.6233	8.52e-07 ***
cesit:azot	2	1808.3	904.2	4.4589	0.03564 *

Eb 12 2433.3 202.8

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv(a) = 3.3 %, cv(b) = 6.7 %, Mean = 212.0833

LSD ikili karşılaştırma testi

Ana parsel (çeşitler) için serbestlik derecesi ve hatanın tahmin edilmesi

```
> gla <- model$gl.a  
> Ea <- model$Ea
```

Alt parsel (azot) ve interaksiyon (çeşit x azot) için serbestlik derecesi ve hatanın tahmin edilmesi

```
> glb <- model$gl.b  
> Eb <- model$Eb
```

LSD testinin ana parsel (çeşitler) için uygulanması

Ana parsellerin konusu olan çeşitler arasındaki tane verimi farklılığı, varyans analizi (ANOVA) sonucuna göre istatistiksel olarak önemli çıkmamasına rağmen LSD testi yapılmıştır. ANOVA sonucunda, konular arasında farklılık belirlenemezse ikili veya çoklu karşılaştırma testleri nin yapılamayacağına dair genel bir kanı vardır. Fakat ANOVA sonuçları dikkate alınmadan ikili ve veya çoklu karşılaştırma testleri ile konuların karşılaştırılması mümkündür (Yurtsever, 1984; Sayfa 200).

Denememizde ana parsel konuları (iki buğday çeşidi) arasındaki farklılık ANOVA’da önemsiz çıkmış ve aynı zamanda LSD ikili karşılaştırma testinde de aynı grupta yer almışlardır. Denememizde ana parsel konuları için LSD testi yapmamızın amacı, ana parsel konuları için LSD testinin yapılması esnasında hangi serbestlik derecesi ve hatanın teriminin kullanılacağını göstermek içindir.

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, LSD.test(verim, cesit, gla, Ea, alpha = 0.05, p.adj= c("none"), group = TRUE, main = NULL, console = FALSE))  
> out1
```

\$statistics

MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD
48.61111	3	212.0833	3.287466	3.182446	9.058436

\$parameters

test	p.adjusted	name	t	ntr	alpha
Fisher-LSD	none	cesit	2	0.05	

```
$means
  verim   std r   LCL   UCL Min Max  Q25 Q50 Q75
C1 214.1667 33.15483 12 207.7614 220.5719 160 260 187.5 225 240
C2 210.0000 37.89939 12 203.5947 216.4053 150 260 170.0 220 240
```

```
$groups
  verim groups
C1 214.1667   a
C2 210.0000   a
```

LSD testinin alt parsel (azot dozları) için uygulanması

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, LSD.test(verim, azot, glb, Eb, alpha = 0.01))
```

```
> out1
```

```
$statistics
  MSerror Df   Mean   CV t.value   LSD
202.7778 12 212.0833 6.714345 3.05454 21.74833
```

```
$parameters
  test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD   none  azot  3 0.01
```

```
$means
  verim   std r   LCL   UCL Min Max  Q25 Q50  Q75
N0  168.75 12.46423 8 153.3716 184.1284 150 190 160.0 170 172.5
N14 232.50 19.08627 8 217.1216 247.8784 200 260 220.0 235 242.5
N7  235.00 16.03567 8 219.6216 250.3784 210 260 227.5 235 242.5
```

```
$comparison
NULL
```

```
$groups
  verim groups
N7  235.00   a
N14 232.50   a
N0  168.75   b
```

LSD testinin ana parsel ile alt parselin etkileşimi (çesit x azot dozu interaksyonu) için uygulanması

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, LSD.test(verim, cesit:azot, glb, Eb, alpha = 0.05))
```

```
> out1
```

```
$statistics
  MSerror Df   Mean   CV t.value   LSD
202.7778 12 212.0833 6.714345 2.178813 21.93891
```

\$parameters

```
test p.adjusted name.t ntr alpha  
Fisher-LSD none cesit:azot 6 0.05
```

\$means

```
verim std r LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75  
C1:N0 175.0 12.909944 4 159.4868 190.5132 160 190 167.5 175 182.5  
C1:N14 222.5 17.078251 4 206.9868 238.0132 200 240 215.0 225 232.5  
C1:N7 245.0 12.909944 4 229.4868 260.5132 230 260 237.5 245 252.5  
C2:N0 162.5 9.574271 4 146.9868 178.0132 150 170 157.5 165 170.0  
C2:N14 242.5 17.078251 4 226.9868 258.0132 220 260 235.0 245 252.5  
C2:N7 225.0 12.909944 4 209.4868 240.5132 210 240 217.5 225 232.5
```

\$groups

```
verim groups  
C1:N7 245.0 a  
C2:N14 242.5 ab  
C2:N7 225.0 ab  
C1:N14 222.5 b  
C1:N0 175.0 c  
C2:N0 162.5 c
```

Duncan çoklu karşılaştırma testini uygulamak için aşağıda verilen kodları kullanabilirsiniz.

Çeşitler (ana parsellere uygulanan faktör) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, duncan.test (verim, cesit, gla, Ea, alpha = 0.05, console = TRUE))
```

Azot dozları (alt parsellere uygulanan faktör) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, duncan.test (verim, azot, glb, Eb, alpha = 0.01, console = TRUE))
```

Çeşit x azot dozu etkileşimi (ana ve alt parsellere uygulanan iki faktörün etkileşimi) için Duncan testinin uygulanması

```
> out1 <- with(tbdd2faktor, duncan.test (verim, cesit:azot, glb, Eb, alpha = 0.05, console = TRUE))
```

Kaynaklar

<https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/R-paper.pdf>

<https://www.r-project.org>

<https://www.rstudio.com>

<https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>

<https://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/>

https://www.youtube.com/channel/UCV7iMapwdTCI3N_CzCF7GsQ/videos

Armstrong, R. A. 2014. When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic Physiol Opt.*, 34: 502– 508. doi: [10.1111/opo.12131](https://doi.org/10.1111/opo.12131)

Gomez, K.A and Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research (2 ed.). John Wiley and Sons, NewYork, 680p.

Yıldız, N ve Bircan, H. 1994. Araştırma ve Deneme Metotları. (II) Baskı. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 697, Ziraat Fakültesi No: 305, Ders Kitapları Serisi No: 57. Erzurum.

Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 121, Teknik Yayın No: 56. Ankara.

Duyuru

Bu bilgi notunda zaman içerisinde hatalı ve yanlış bilgilerin düzeltilmesi ve yeni bilgilerin ilave edilmesi için güncellemeler yapılacaktır.

İçerik hakkında yorum, bilgi, düşünce, fikir, eleştiri ve önerilerinizi aşağıdaki e-mail adresine gönderebilirsiniz.

e-mail: y.kaya@siirt.edu.tr