



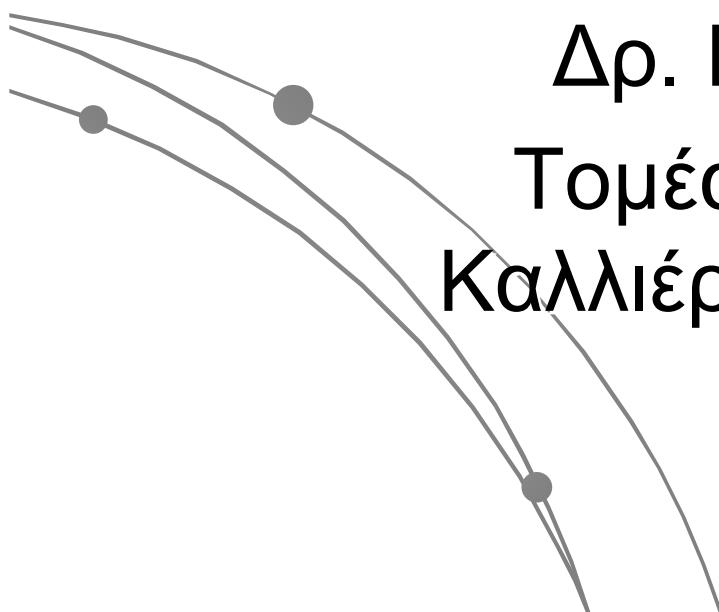
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
Α.Π.Θ.

Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο

Δρ. Γεώργιος Μενεξές
Τομέας Φυτών Μεγάλης
Καλλιέργειας και Οικολογίας



Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (*Completely Randomized Design-CRD*)

Παράδειγμα 21 (Φασούλας, 2008, σ. 103).

Σε ένα πείραμα δοκιμάστηκαν 10 διαφορετικοί γενότυποι κριθαριού, για να φανεί κατά πόσο διαφέρουν ως προς την πρωϊμότητα ξεσταχιάσματος. Στο χωράφι σπάρθηκαν 10 φυτά από κάθε γενότυπο, οι δε αποστάσεις μεταξύ των φυτών ήταν αρκετές ώστε να αποκλείεται ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών.

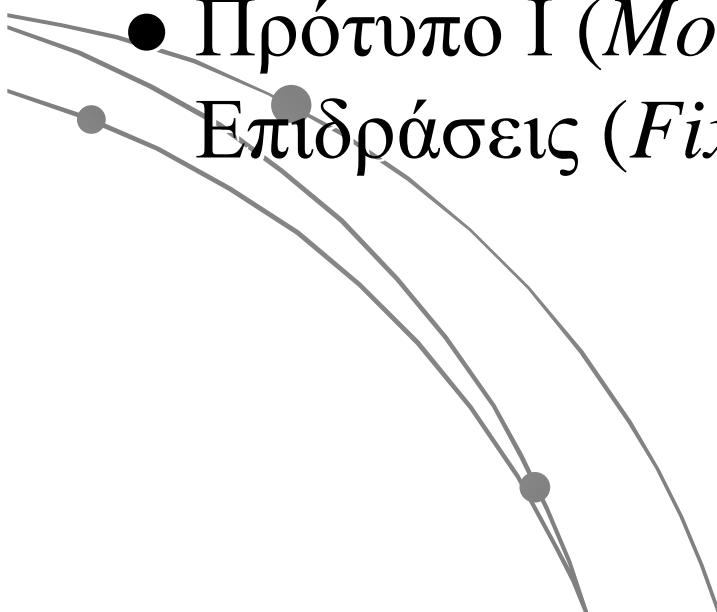
Να ελεγχθεί αν οι γενότυποι παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Παραμετροποίηση -1

- Πειραματικό Σχέδιο (*Experimental Design*): Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (...χωρίς Ομάδες)
- Πλήθος Παραγόντων (*Factors*): 1 (Γενότυπος)
- Πλήθος Επιπέδων (*Levels*) του Παράγοντα (π): 10
- Αρ. Επαναλήψεων (*Replications*) (n): 10
- Συνολικό πλήθος μετρήσεων (N): 100
- Σχέδιο: Ισορροπημένο (*Balanced*), δηλ. ίδιος αριθμός επαναλήψεων σε κάθε επέμβαση

Παραμετροποίηση -2

- Εξαρτημένη μεταβλητή (*Depended Variable*):
Πρωϊμότητα ξεσταχιάσματος (ημέρες)
- Ανεξάρτητη μεταβλητή-Παράγοντας
(*Independed Variable*) : Γενότυπος
- Πρότυπο I (*Model type I*) : Καθορισμένες
Επιδράσεις (*Fixed Effects*)

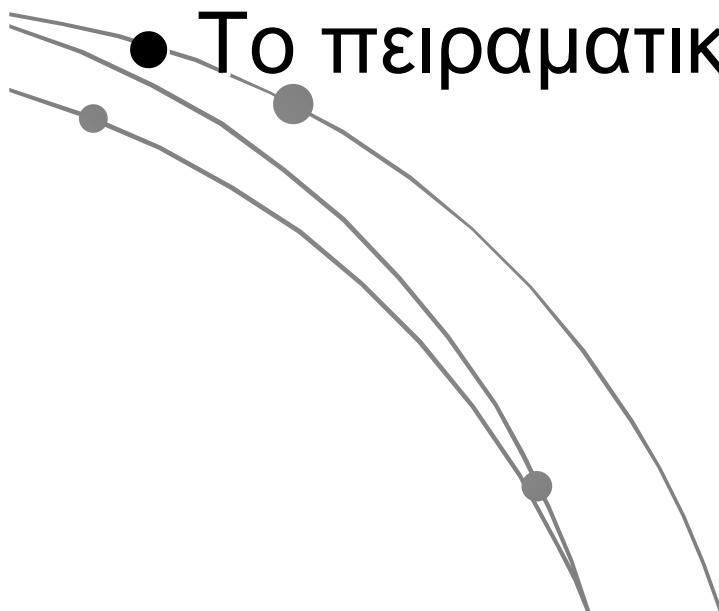


Μεθοδολογία Εγκατάστασης Πειράματος

- Προηγούμενη εμπειρία και γνώση σχετικά με το πειραματικό υλικό
- Εμπειρία και γνώση σχετικά με προηγούμενα πειράματα στον ίδιο πειραματικό αγρό
- Έλεγχοι ομοιομορφίας και ομοιογένειας πειραματικού υλικού
- Διαστάσεις πειραματικών τεμαχίων
- Πλήθος φυτών
- Αποστάσεις
- Καλλιεργητική φροντίδα
- Περίοδος πειραματισμού
- Μέθοδος μέτρησης εξαρτημένης μεταβλητής
- Εγκυρότητα-Αξιοπιστία μετρήσεων
- Εδαφολογικά στοιχεία
- Κλιματολογικά στοιχεία
- Τήρηση Ημερολογίου Πειράματος

Πότε εφαρμόζεται το CRD

- Οι παράγοντες δεν επηρεάζονται από το περιβάλλον.
- Το περιβάλλον μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο.
- Το πειραματικό υλικό είναι ομοιογενές.



Πίνακας Δεδομένων

Γενότυποι	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Σύνολα
A	5	6	6	5	2	3	2	2	5	5	41
B	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	25
Γ	2	7	6	3	2	1	3	3	2	3	32
Δ	3	2	9	3	2	2	3	3	4	3	34
E	8	5	9	4	4	3	4	4	6	5	52
Z	1	8	8	4	3	2	4	2	3	1	36
H	8	8	1	5	2	2	2	3	2	1	34
Θ	7	3	3	2	1	2	4	2	3	2	29
I	4	9	9	4	3	2	2	3	3	3	42
K	3	4	6	3	3	3	3	3	3	3	34
Σύνολα	43	55	60	36	25	23	29	27	33	28	359

Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης)

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F
Γενότυποι (ή Παράγοντας)	$\pi-1$	ΑΤΠ	$MT\Pi = \frac{AT\Pi}{\pi-1}$	$F = \frac{MT\Pi}{MT\Sigma}$
Σφάλμα (ή Υπόλοιπο)	$\pi(n-1)$	ΑΤΣ	$MT\Sigma = \frac{AT\Sigma}{\pi(n-1)}$	
Ολική	$\pi n - 1$	ΣΑΤ		

Η δειγματική τιμή F συγκρίνεται με την Κρίσιμη Τιμή (θεωρητική) της F -Κατανομής με $(\pi-1)$ και $[\pi(n-1)]$ β.ε., σε επίπεδο σημαντικότητας α .

One Way ANOVA Table (I)

Source of Variation	Degrees of Freedom (df)	Sum of Squares (SS)	Mean Squares (MS)	F
Treatments or Factor A (Genotype)	$\pi-1$	Treatment SS (SSA)	$MSA = \frac{Treatment\ SS}{\pi-1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
Error	$\pi(n-1)$	Error SS (SSE)	$MSE = \frac{Error\ SS}{\pi(n-1)}$	
Total	$\pi n - 1$	Total SS (SST)		

One Way ANOVA Table (II)

Source of Variation
Between Treatments
Within Treatments
Total

Πίνακας Δεδομένων

Γενότυποι	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Σύνολα
A	5	6	6	5	2	3	2	2	5	5	41
B	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	25
Γ	2	7	6	3	2	1	3	3	2	3	32
Δ	3	2	9	3	2	2	3	3	4	3	34
E	8	5	9	4	4	3	4	4	6	5	52
Z	1	8	8	4	3	2	4	2	3	1	36
H	8	8	1	5	2	2	2	3	2	1	34
Θ	7	3	3	2	1	2	4	2	3	2	29
I	4	9	9	4	3	2	2	3	3	3	42
K	3	4	6	3	3	3	3	3	3	3	34
Σύνολα	43	55	60	36	25	23	29	27	33	28	359

Υπολογισμοί (I)

Διορθωτικός Όρος (*Correction Term*), $\Delta O = \frac{359^2}{100} = 1.288,81$

Συνολικό Άθροισμα Τετραγώνων, $\Sigma AT = (5^2 + 6^2 + 6^2 + \dots + 3^2 + 3^2 + 3^2) - \Delta O = 400,19$

Άθροισμα Τετραγώνων Παραγόντων, $AT\pi = \left(\frac{41^2 + 25^2 + \dots + 34^2}{10} \right) - \Delta O = 51,49$

Άθροισμα Τετραγώνων Σφαλμάτων, $AT\Sigma = \Sigma AT - AT\pi = 400,19 - 51,49 = 348,70$

Υπολογισμοί (II)

$$\text{ΑΤΠ} = SSA = SS_{Treatments} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\pi} \left(\sum_{j=1}^n (Y_{ij}) \right)^2 - \frac{(Y_{\bullet\bullet})^2}{\pi \cdot n}$$

$$\Sigma \text{AT} = SST = SS_T = \sum_{i=1}^{\pi} \sum_{j=1}^n (Y_{ij})^2 - \frac{(Y_{\bullet\bullet})^2}{\pi \cdot n}$$

Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης)

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F	$F_{0,05}$
Γενότυποι (Παράγοντας)	9	51,49	5,72	1,48	1,99
Σφάλμα	90	348,70	3,87		
Ολική	99	400,19			

Κρίσιμη Τιμή $F(9, 90)=1,99$, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$

Επειδή $1,48 < 1,99 \Rightarrow$ Οι γενότυποι δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Συντελεστής Παραλλακτικότητας (Coefficient of Variation), CV

$$CV = \frac{\sqrt{MT\Sigma}}{\bar{Y}..} \times 100 = \frac{\sqrt{MSE}}{\bar{Y}..} \times 100$$

$$\text{Στο παράδειγμα, } CV = \frac{1,97}{3,59} \times 100 = 54,87\%$$

- Εκφράζει το βαθμό ακρίβειας με την οποία συγκρίνονται οι επεμβάσεις.
- Εκφράζει την αξιοπιστία του πειράματος.
- Αποδεκτές τιμές: Ανάλογα με τη φύση του πειραματικού υλικού και το τι μετρούμε.

Παράδειγμα:

Για το ρύζι όταν μετρούμε την απόδοση.

6%-8% για τη σύγκριση ποικιλιών

10%-12% για τη σύγκριση λιπασμάτων

Για την απόδοση 10%, για το ύψος 3%

Το Γενικό Γραμμικό Πρότυπο (*General Linear Model*)

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

i : αναφέρεται στην κύρια επίδραση της επέμβασης i ($i=1,\dots,\pi$)

j : αναφέρεται στην μέτρηση ή παρατήρηση j ($j=1,\dots,n$)

Παράμετρος Πληθυσμού	Εκτιμητής
μ	$\bar{Y}_{..}$
t_i	$\bar{Y}_{i\cdot} - \bar{Y}_{..}$
$\mu + t_i$	$\bar{Y}_{i\cdot}$
σ_e^2	$s_e^2 = \text{MT}\Sigma (\text{MSE})$

Παρατηρούμενα (Δειγματικά) και Αναμενόμενα (Θεωρητικά) Μέσα Τετράγωνα (Expected Mean Squares)

Παρατηρούμενα ΜΤ	Αναμενόμενα
ΜΤΠ (MSA)	$\sigma_e^2 + n\sigma_a^2 = \sigma_e^2 + n \frac{\sum_{i=1}^{\pi} t_i^2}{\pi - 1}$
ΜΤΣ (MSE)	σ_e^2

Εκτιμητές:

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^{\pi} (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2}{\pi - 1}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \text{ΜΤΣ} = MSE$$

Παραδοχές και Προϋποθέσεις

Παραδοχές:

$$\sum_{i=1}^{\pi} t_i = 0$$

$$e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$$

Προϋποθέσεις:

Οι παρατηρήσεις προέρχονται από τυχαία δείγματα

Οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη

Οι πληθυσμοί των παρατηρήσεων ακολουθούν Κανονική Κατανομή

Οι διασπορές των πληθυσμών είναι ίσες (Ομοσκεδαστικότητα)

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΈΛΕΓΧΟΙ

Μηδενικές Υποθέσεις

$$H_0 : t_i = 0$$

$$H_0 : \sigma_a^2 = 0$$

$$H_0 : E(Y_{ij}) = 0$$

$$H_0 : t_1 = t_2 = \dots = t_\pi$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_\pi$$

Εναλλακτικές Υποθέσεις

$$H_1 \not\sim H_\alpha : \exists k \ (k = 1, \dots, \pi) : t_k \neq 0$$

$$H_1 \not\sim H_\alpha : \sigma_a^2 > 0$$

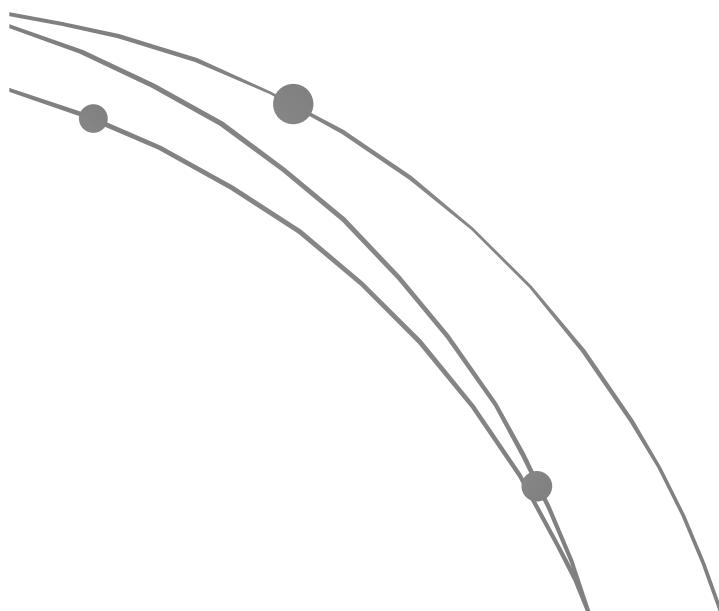
$$H_1 \not\sim H_\alpha : E(Y_{ij}) \neq 0$$

$$H_1 \not\sim H_\alpha : \text{μία τουλάχιστον κύρια επίδραση } t_k \neq 0, k = 1, \dots, \pi$$

$$H_1 \not\sim H_\alpha : \text{τουλάχιστον 2 μέσοι όροι διαφέρουν}, \exists k, z, (k, z = 1, \dots, \pi) : \mu_k \neq \mu_z$$

Άλλες Στατιστικές Αναλύσεις

- Αν η ANOVA ανιχνεύσει στατιστικά σημαντικές διαφορές ακολουθούν συγκρίσεις μέσων όρων



Σχέδιο: Μη Ισορροπημένο (Unbalanced Design): Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης), Δείγματα Άνισα

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F
Γενότυποι (ή Παράγοντας)	$\pi-1$	ΑΤΠ	$MT\Pi = \frac{AT\Pi}{\pi-1}$	$F = \frac{MT\Pi}{MT\Sigma}$
Σφάλμα (ή Υπόλοιπο)	$N-\pi$	ΑΤΣ	$MT\Sigma = \frac{AT\Sigma}{N-\pi}$	
Ολική	$N-1$	ΣΑΤ		

Υπολογισμοί

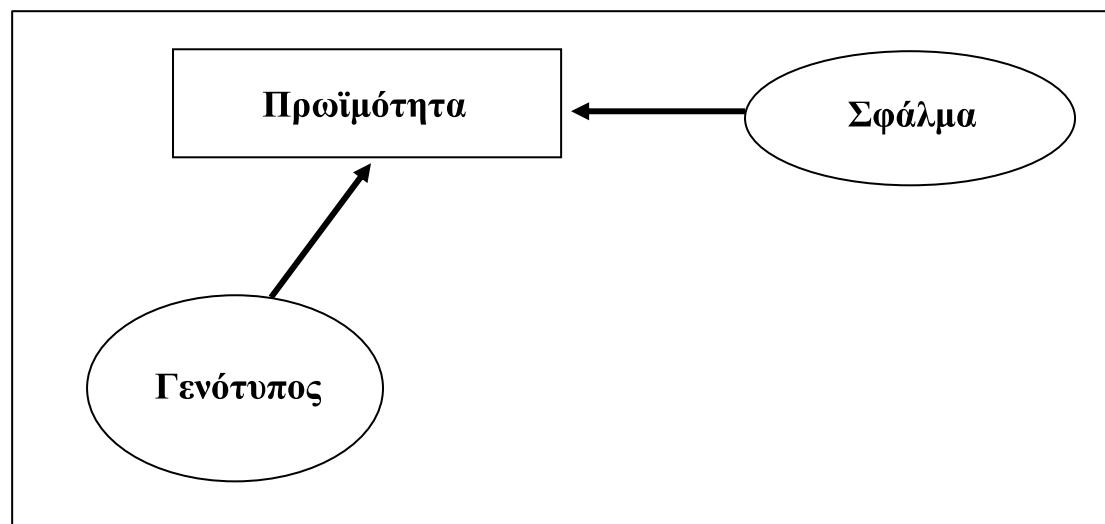
Οι υπολογισμοί γίνονται όπως και στο Ισορροπημένο Σχέδιο με τη διαφορά:

$$\text{Άθροισμα Τετραγώνων Παραγόντων, } \text{ΑΤΠ} = \left(\frac{\Pi_1^2}{n_1} + \frac{\Pi_2^2}{n_2} + \dots + \frac{\Pi_\pi^2}{n_\pi} \right) - \Delta O,$$

Η δειγματική τιμή F συγκρίνεται με την Κρίσιμη Τιμή (θεωρητική) της F -Κατανομής με **(π-1) και ($N-\pi$) β.ε., σε επίπεδο σημαντικότητας α .**

όπου n_i είναι το πλήθος δειγμάτων (επαναλήψεων) στην i επέμβαση και Π_i είναι το άθροισμα των παρατηρήσεων της i επέμβασης ($N =$ Συνολικό πλήθος μετρήσεων)

Διαγραμματική Αναπαράσταση του Υποδείγματος



Πρότυπο II (Model type II): Πρότυπο Τυχαίων Επιδράσεων – (*Random Effects Model*)

Τα στοιχεία του πίνακα της ANOVA υπολογίζονται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και στο Πρότυπο I.

Διαφορές:

- $H_0 : \sigma_a^2 = 0$
 $H_1 \text{ ή } H_\alpha : \sigma_a^2 > 0$
- Δεν έχει νόημα η σύγκριση μέσων όρων
- Μελετώνται οι συνιστώσες της παραλλακτικότητας (*Variance Components*)

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_a^2 \quad \hat{\sigma}_a^2 = \frac{\text{ΜΤΠ} - \text{ΜΤΣ}}{n} = \frac{MSA - MSE}{n}$$

Στο παράδειγμα

Εκφράζει τη παραλλακτικότητα μεταξύ
των γενοτύπων

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{MSA - MSE}{n} \Rightarrow \hat{\sigma}_a^2 = \frac{5,721 - 3,874}{10} = \frac{1,847}{10} = 0,185$$

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_a^2 \Rightarrow \hat{\sigma}^2 = 3,874 + 0,185 = 4,06$$

Εκφράζει το 95,4% της
Ολικής
Παραλλακτικότητας

Εκφράζει το 4,6% της
Ολικής
Παραλλακτικότητας

Άλλες Εφαρμογές των Συνιστωσών Παραλλακτικότητας

$$\text{Intraclass Correlation : } \rho_I = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

- Εκφράζει το βαθμό ομοιότητας των παρατηρήσεων μέσα στις ομάδες σε σχέση με την ομοιότητα των παρατηρήσεων μεταξύ των ομάδων
- Στη Γενετική εκφράζει την κληρονομικότητα ποσοτικών χαρακτηριστικών
- Εκφράζει την αξιοπιστία, εσωτερική συνοχή ή συνέπεια, μεταξύ παρατηρήσεων που προέκυψαν από την ίδια διαδικασία
- Εκφράζει την επαναληψιμότητα διαδοχικών μετρήσεων στην ίδια πειραματική μονάδα

Συγκρίσεις Μέσων Όρων

Το Κριτήριο της Ελάχιστης (Στατιστικά) Σημαντικής Διαφοράς
(ΕΣΔ-LSD)

Ισορροπημένο Σχέδιο:

$$\text{ΕΣΔ} = t_{\pi(n-1);a} \sqrt{\frac{2 \times \text{MTΣ}}{n}} = t_{\pi(n-1);a} \sqrt{\frac{2 \times MSE}{n}}$$

Όπου $t_{\pi(n-1);a}$: Κρίσιμη τιμή της t -Κατανομής με $\pi(n-1)$ β.ε., σε επίπεδο σημαντικότητας α

Μη Ισορροπημένο Σχέδιο:

$$\text{ΕΣΔ} = t_{(n_i+n_j-2);a} \sqrt{\frac{(n_i + n_j) \times \text{MTΣ}}{n_i \times n_j}} = t_{(n_i+n_j-2);a} \sqrt{\frac{(n_i + n_j) \times MSE}{n_i \times n_j}}$$

Όπου $t_{n_i+n_j-2;a}$: Κρίσιμη τιμή της t -Κατανομής με $n_i + n_j - 2$ β.ε., σε επίπεδο σημαντικότητας α

Στο Παράδειγμα

$$\text{ΕΣΔ} = 1,99 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,89}{10}} = 1,99 \times \sqrt{\frac{7,78}{10}} = 1,99 \times \sqrt{0,778} = 1,99 \times 0,882 = 1,75, \text{ σε}$$

επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

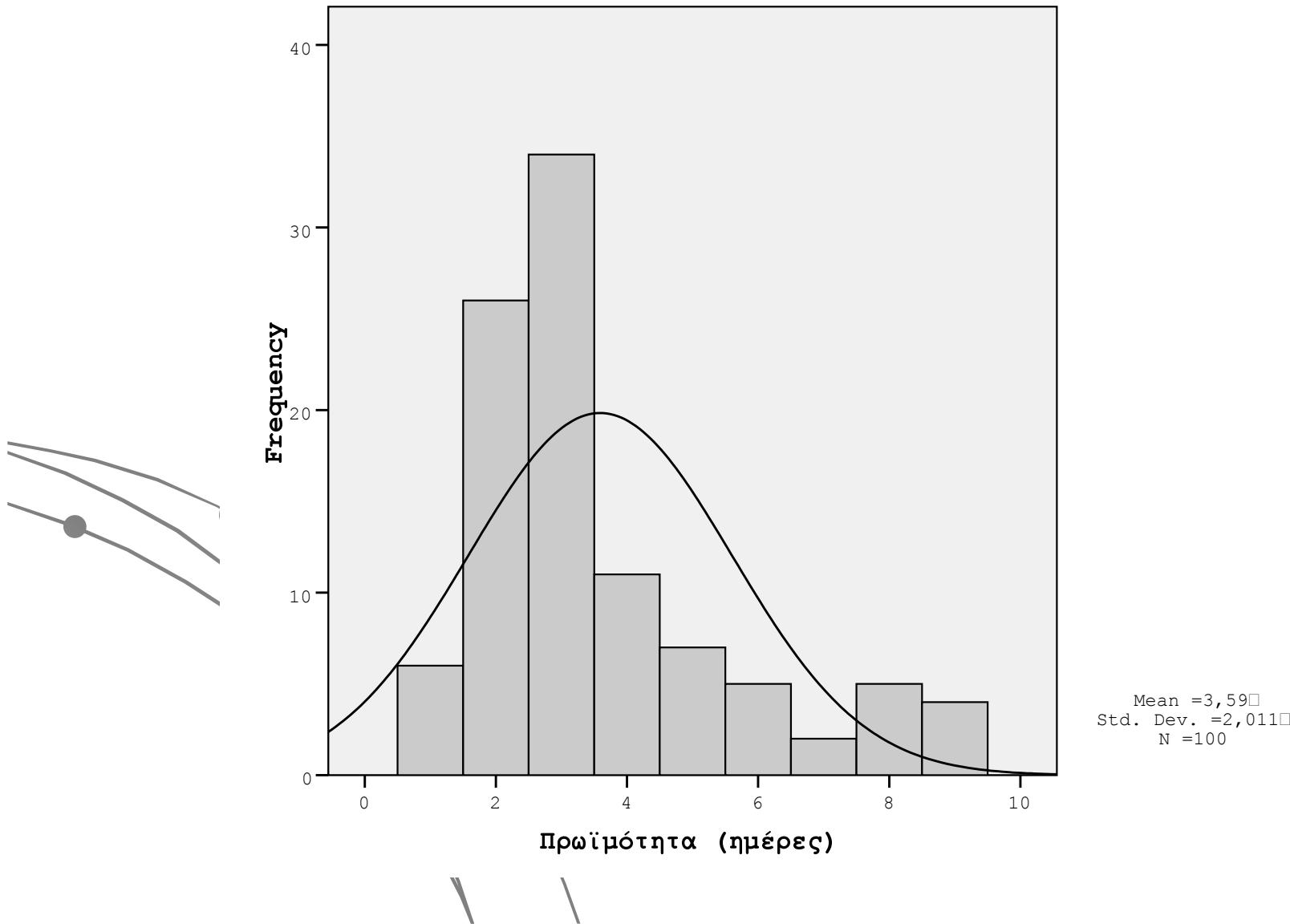
Στο Παράδειγμα

Γενότυποι	ΜΟ	ΤΑ	<i>N</i>
A	4,10	1,66	10
B	2,50	0,53	10
Γ	3,20	1,87	10
Δ	3,40	2,07	10
E	5,20	1,93	10
Z	3,60	2,55	10
H	3,40	2,67	10
Θ	2,90	1,66	10
I	4,20	2,62	10
K	3,40	0,97	10
EΣΔ _{0,10}	1,46		
EΣΔ _{0,05}	1,75		
EΣΔ _{0,01}	2,32		
EΣΔ _{0,0011}	2,97		

Αποτελέσματα με το SPSS (1)

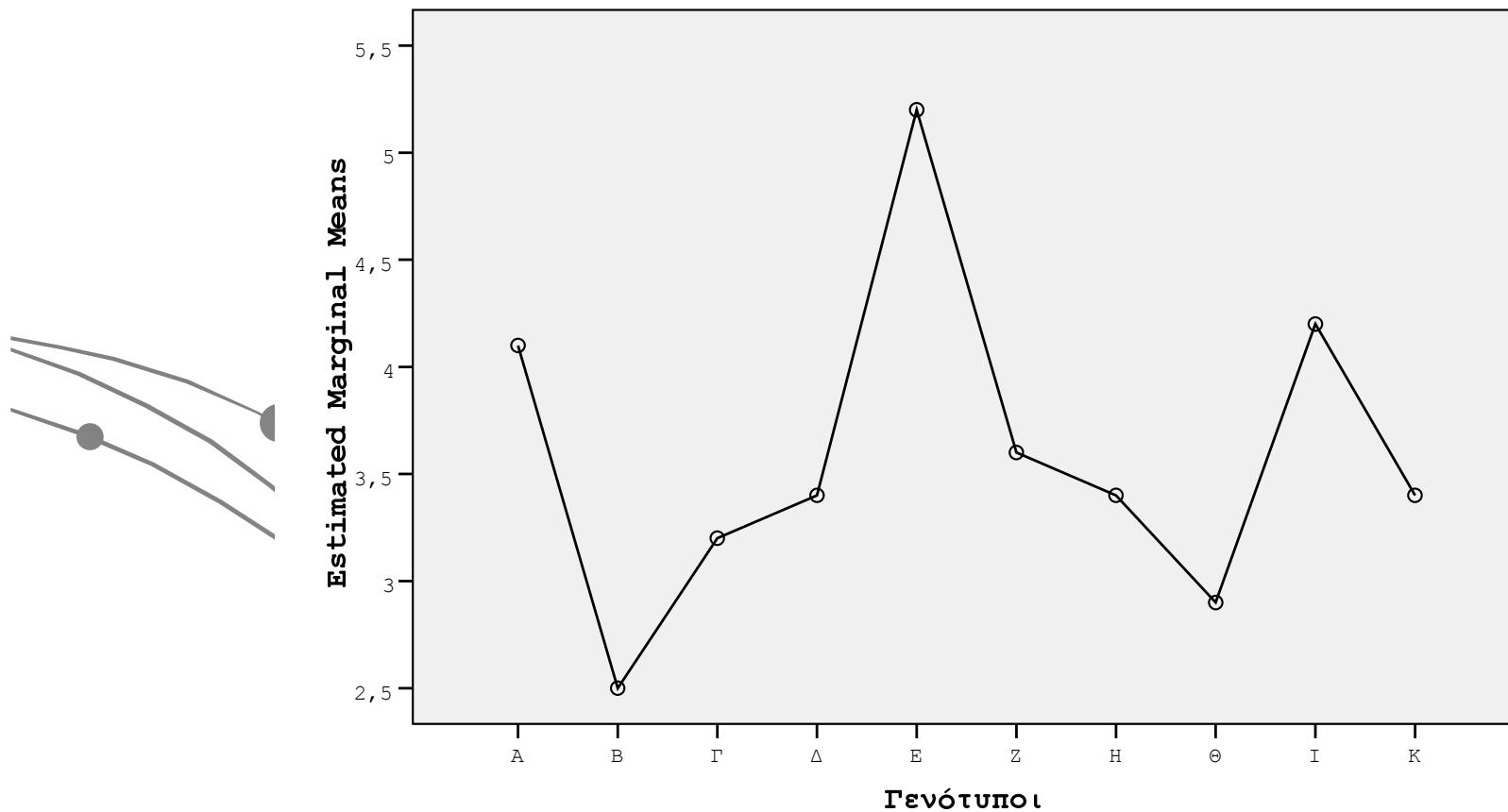
		Πρωϊμότητα (ημέρες)
N	Statistic	100
Range	Statistic	8
Minimum	Statistic	1
Maximum	Statistic	9
Mean	Statistic	3.59
	Std. Error	.201
Std. Deviation	Statistic	2.011
Variance	Statistic	4.042
Skewness	Statistic	1.289
	Std. Error	.241
Kurtosis	Statistic	.995
	Std. Error	.478

Αποτελέσματα με το SPSS (2)



Αποτελέσματα με το SPSS (3)

Estimated Marginal Means of Πρωϊμότητα (ημέρες)



Αποτελέσματα με το SPSS (4)

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Observed Power(a)
Corrected Model	51.49(b)	9	5.72	1.48	.169	.667
Intercept	1288.81	1	1288.81	332.64	.000	1.000
Genotype	51.49	9	5.72	1.48	.169	.667
Error	348.70	90	3.87			
Total	1689.00	100				
Corrected Total	400.19	99				

$R^2=0.129$ (Συντελεστής Προσδιορισμού)

Αποτελέσματα με το SPSS (5)

- Έλεγχος Ομοιογένειας της Παραλλακτικότητας (π.χ. Έλεγχος του Levene)

F	df1	df2	Sig.
1.981	9	90	.051

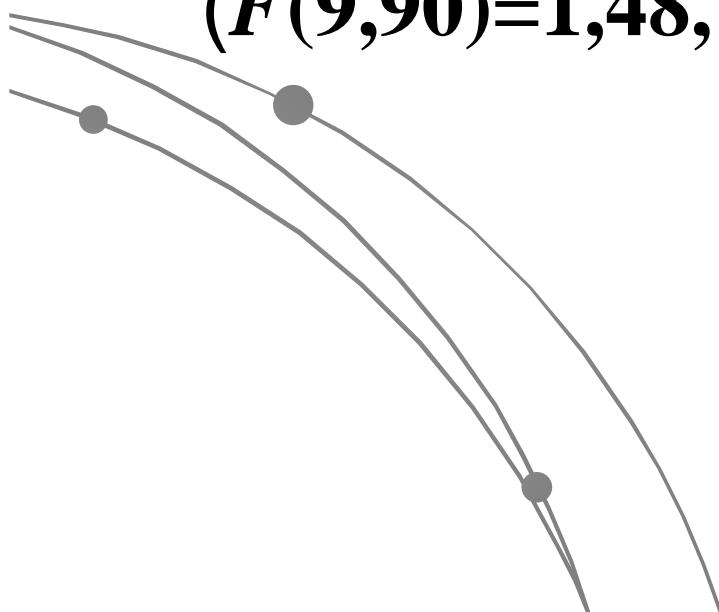
Αποτελέσματα με το SPSS (5)

	Γενότυποι	Subset	
		2	1
Tukey HSD(a,b)	B	2.50	
	Θ	2.90	
	Γ	3.20	
	Η	3.40	
	Δ	3.40	
	Κ	3.40	
	Z	3.60	
	A	4.10	
	I	4.20	
	E	5.20	
	Sig.	.080	
Duncan(a,b)	B	2.50	
	Θ	2.90	
	Γ	3.20	3.20
	Η	3.40	3.40
	Δ	3.40	3.40
	Κ	3.40	3.40
	Z	3.60	3.60
	A	4.10	4.10
	I	4.20	4.20
	E		5.20
	Sig.	.107	.054

Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων 1

Η ANOVA έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, μεταξύ των 10 Γενοτύπων:

$$(F(9,90)=1,48, p=0,169>0,05)$$

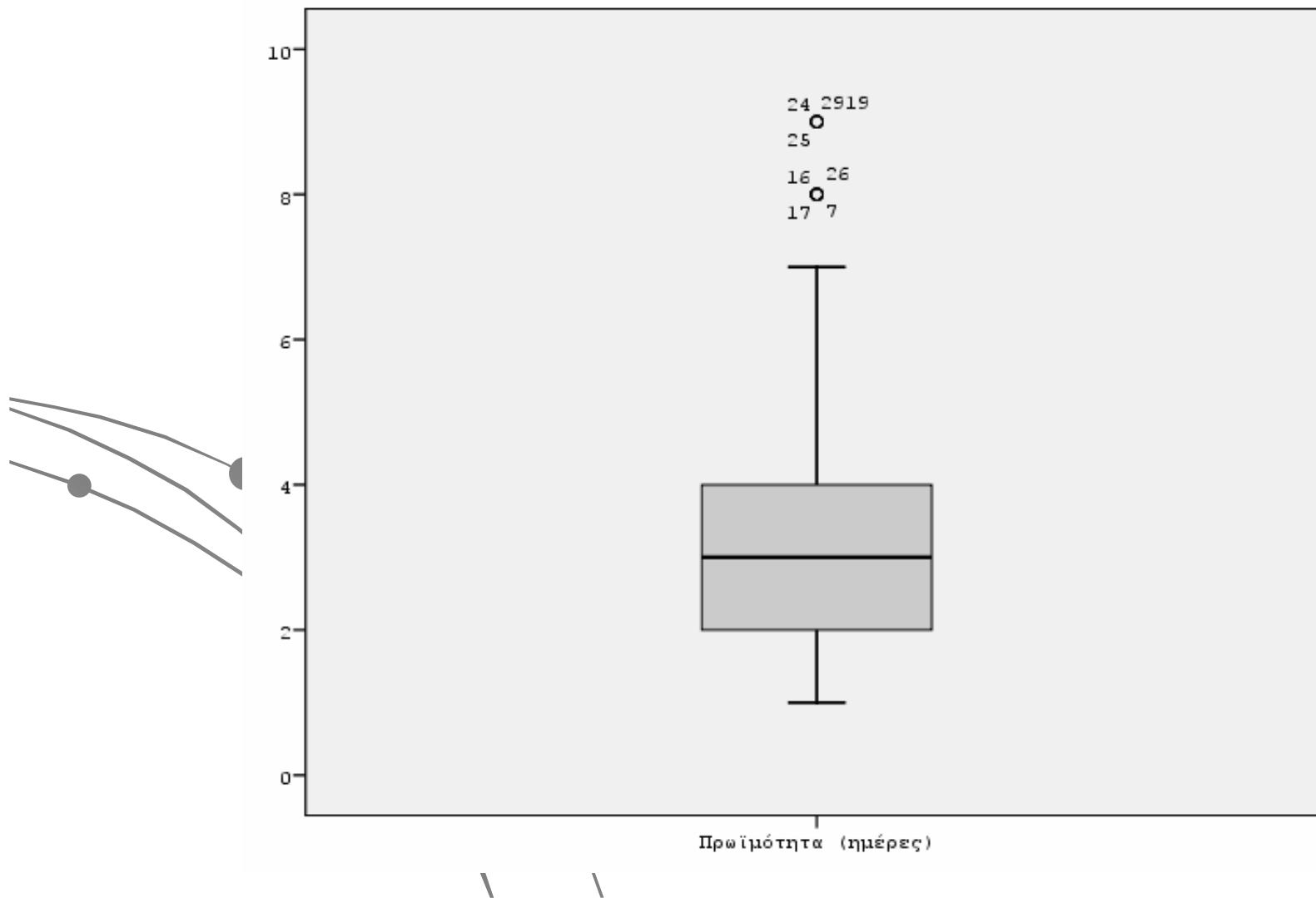


Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων 2

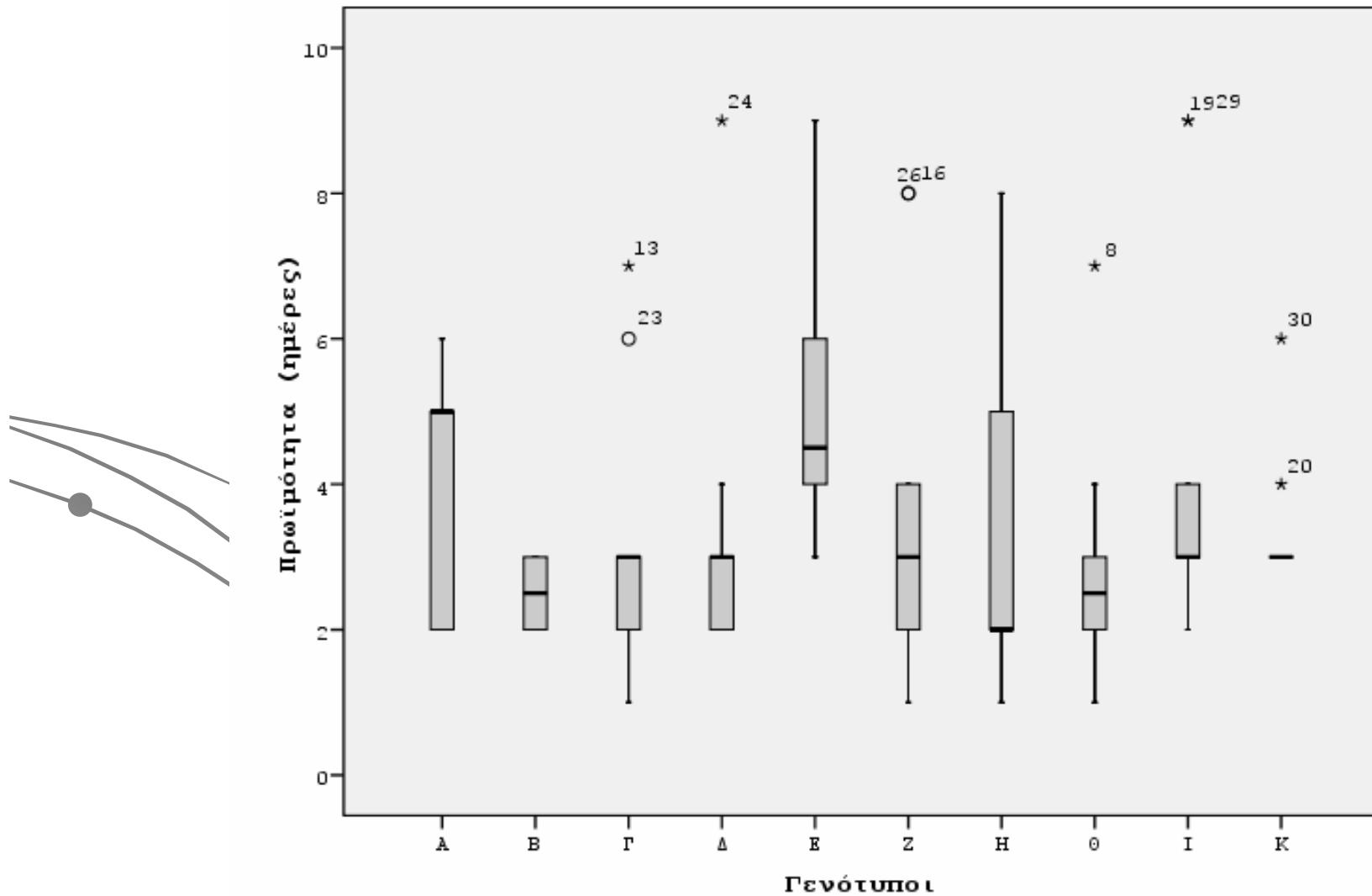
Γενότυποι	ΜΟ	ΤΑ	N
A	4,10 ab	1,66	10
B	2,50 b	0,53	10
Γ	3,20 ab	1,87	10
Δ	3,40 ab	2,07	10
E	5,20 a	1,93	10
Z	3,60 ab	2,55	10
H	3,40 ab	2,67	10
Θ	2,90 b	1,66	10
I	4,20 ab	2,62	10
K	3,40 ab	0,97	10

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από
διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά
σημαντικά, σε επίπεδο σημαντικότητας
 $\alpha=0,05$, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του
ελέγχου Duncan

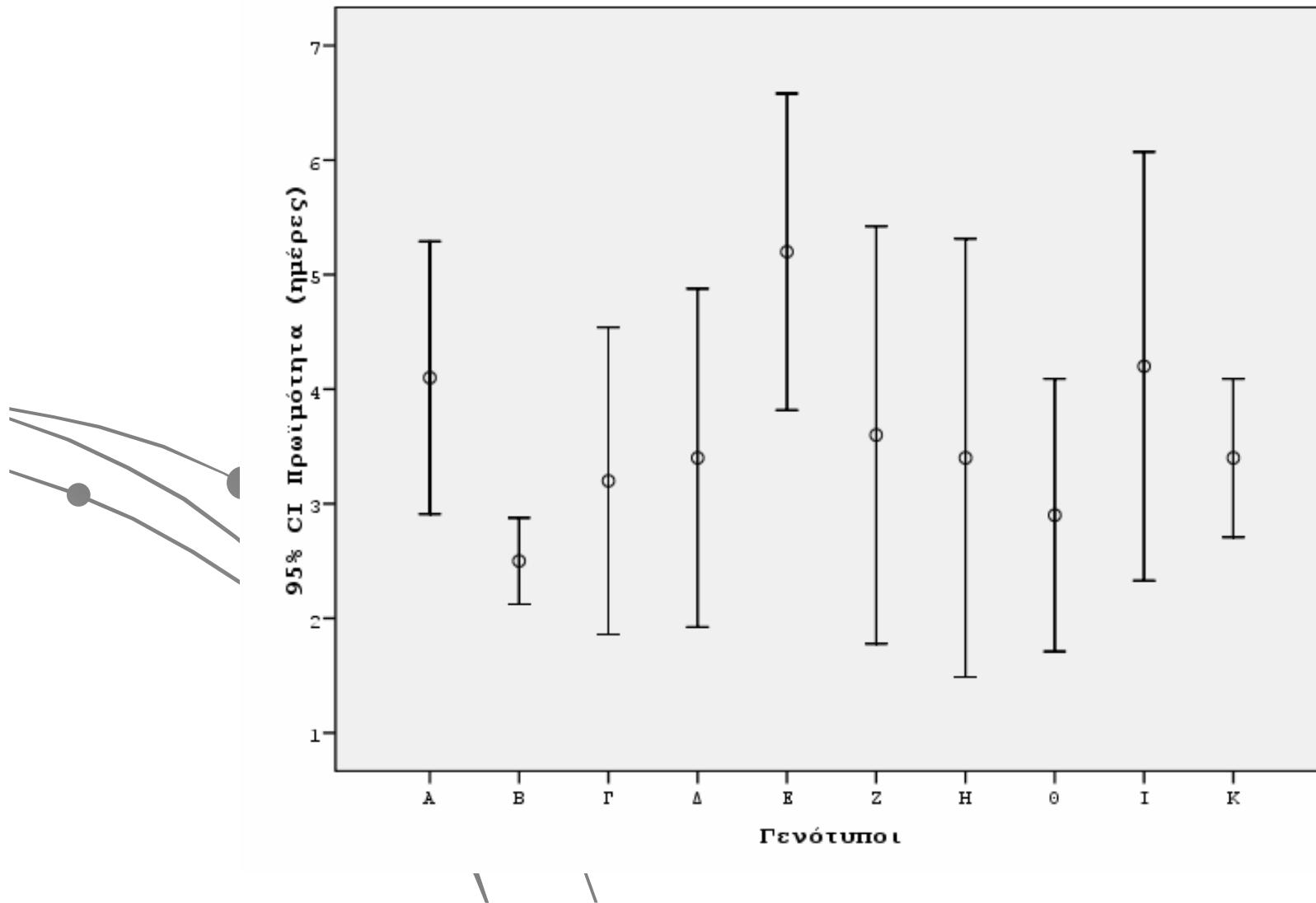
Άλλες Μορφές Διαγραμμάτων: *Box Plot*



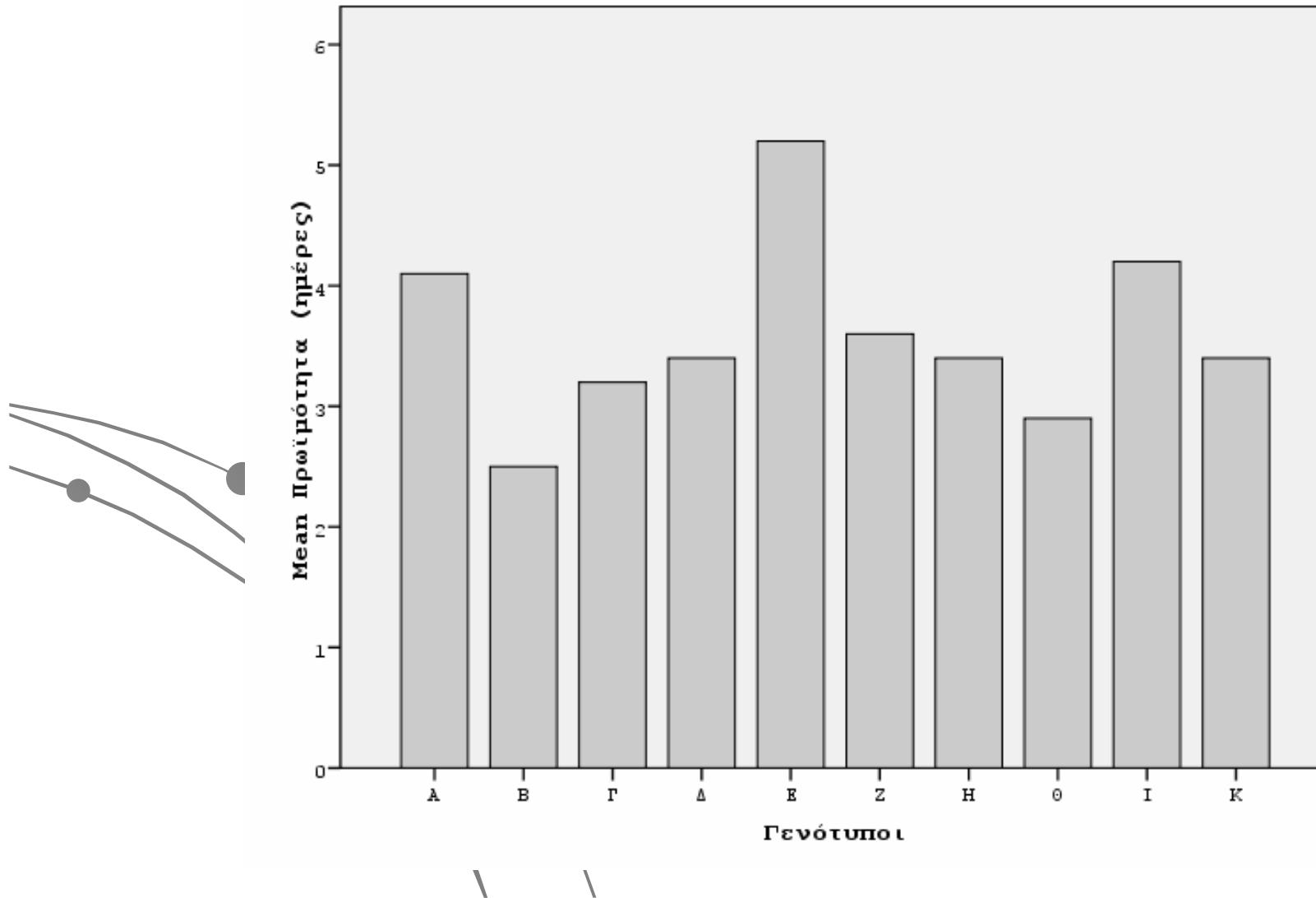
Συγκριτικό Διάγραμμα *Box Plot*



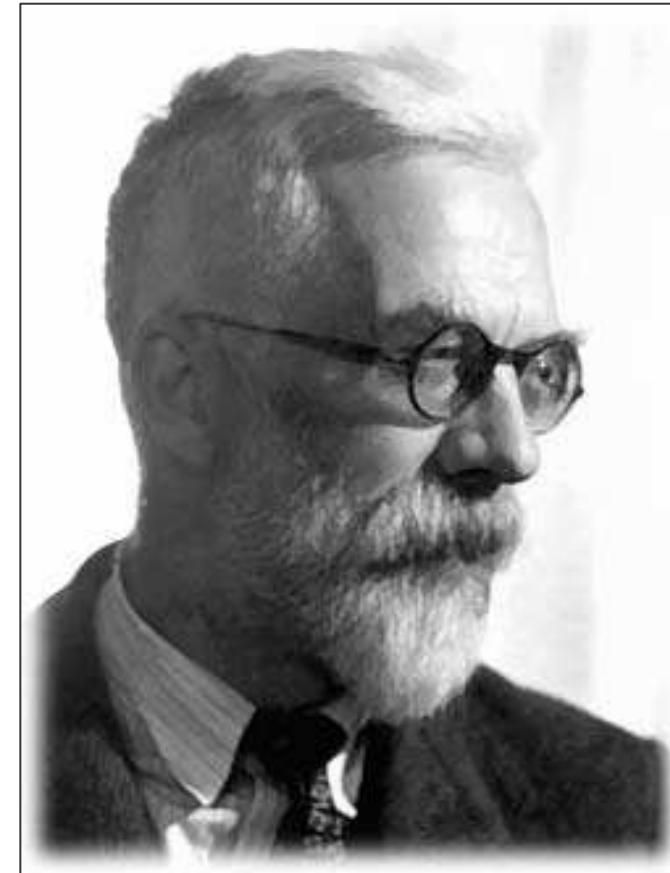
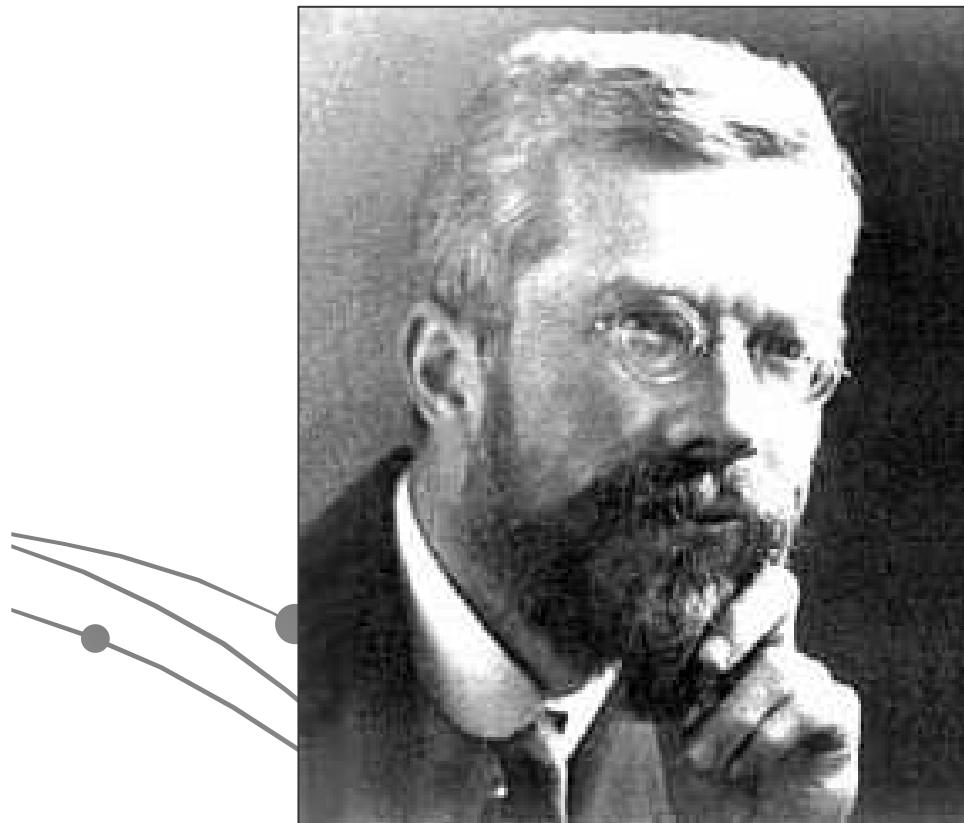
Διάγραμμα *Error bar*



Ραβδόγραμμα

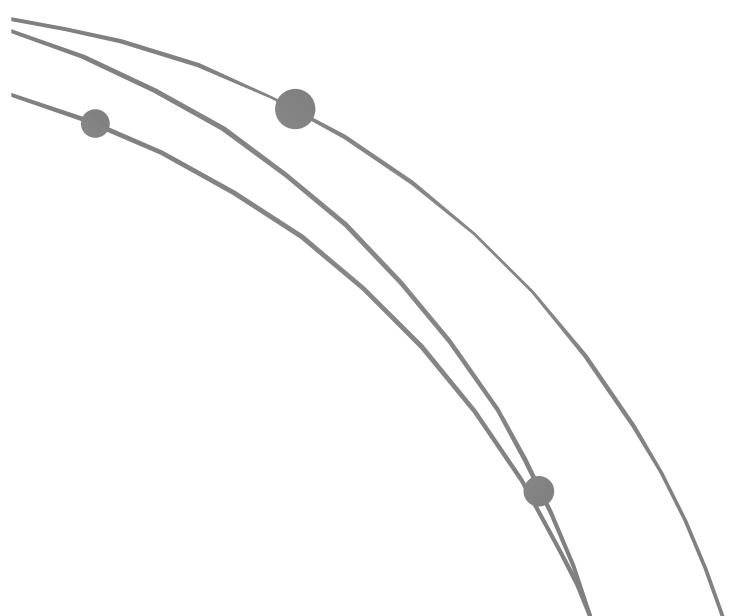
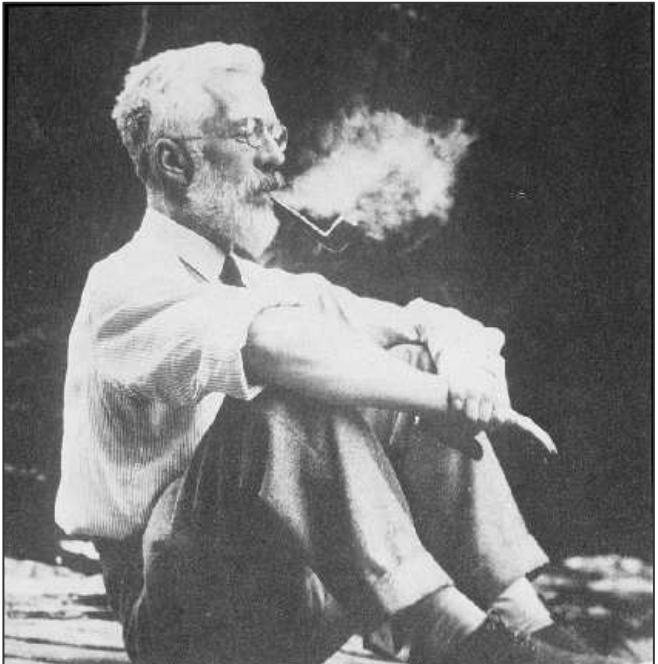


Η “ανακάλυψη” της μεθόδου ANOVA αποδίδεται
επίσημα στον...

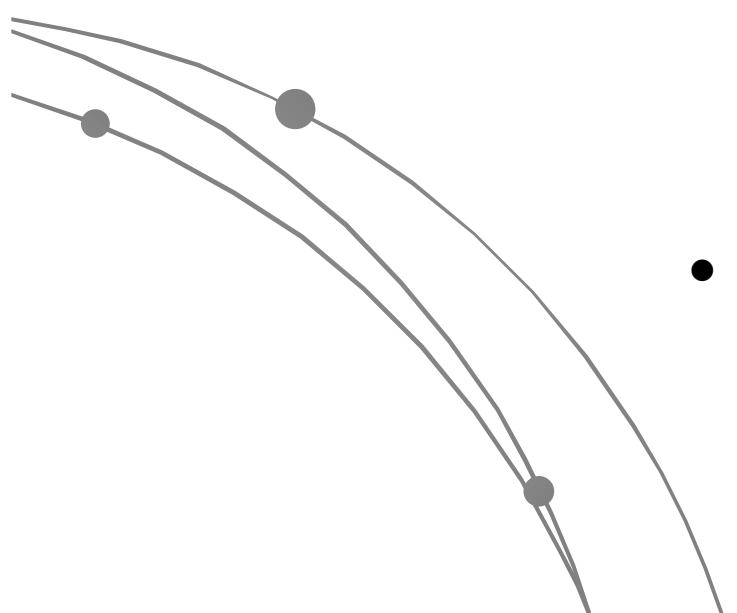


Sir Ronald Aylmer Fisher (1890-1962)

Born	17 February 1890 East Finchley, London, England	Fisher's fundamental theorem Maximum likelihood Fisher information Analysis of variance Fisher-Kolmogorov equation
Died	29 July 1962 (aged 72) Adelaide, Australia	
Residence	England Australia	Known for Coining the term 'null hypothesis' Fiducial inference Fisher's exact test Fisher's principle Fisherian runaway F-distribution
Nationality	British Statistician	
Fields	Evolutionary biologist Geneticist	
Institutions	Rothamsted Experimental Station University College London Cambridge University CSIRO	Influences Leonard Darwin Joseph Oscar Irwin Influenced A. W. F. Edwards Georg Rasch Royal Medal (1938) Guy Medal in Gold (1946) Copley Medal (1955) Linnean Society of London's Darwin-Wallace Medal (1958).
Alma mater	Cambridge University	Notable awards
Academic advisors	Sir James Jeans F.J.M. Stratton	Religious stance Church of England
Doctoral students	C.R. Rao D. J. Finney	Notes He was the father-in-law of George E. P. Box .



- In 1919 Fisher started work at Rothamsted Experimental Station located at Harpden, Hertfordshire, England. Here he started a major study of the extensive collections of data recorded over many years. This resulted in a series of reports under the general title *Studies in Crop Variation*. This began a period of great productivity. Over the next seven years, he pioneered the principles of the design of experiments and elaborated his studies of "analysis of variance". He furthered his studies of the statistics of small samples. Perhaps even more important, he began his systematic approach of the analysis of real data as the springboard for the development of new statistical methods. He began to pay particular attention to the labour involved in the necessary computations, and developed methods that were as practical as they were founded in rigour. In 1925, this work culminated in the publication of his first book, Statistical Methods for Research Workers.^[7] This went into many editions and translations in later years, and became a standard reference work for scientists in many disciplines. In 1935, this was followed by *The Design of Experiments*, which also became a standard.



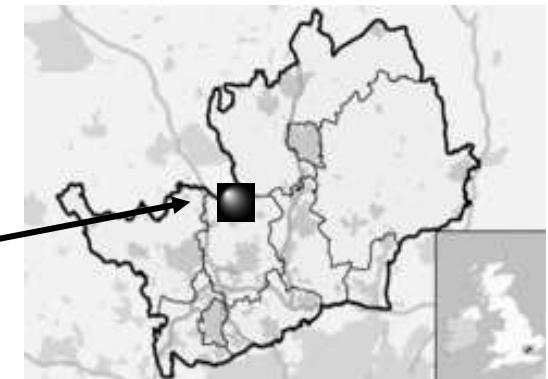
In addition to "analysis of variance", Fisher invented the technique of maximum likelihood and originated the concepts of sufficiency, ancillarity, Fisher's linear discriminator and Fisher information. His 1924 article "On a distribution yielding the error functions of several well known statistics" presented Karl Pearson's chi-squared and Student's t in the same framework as the Gaussian distribution, and his own "analysis of variance" distribution z (more commonly used today in the form of the F distribution). These contributions easily made him a major figure in 20th century statistics.

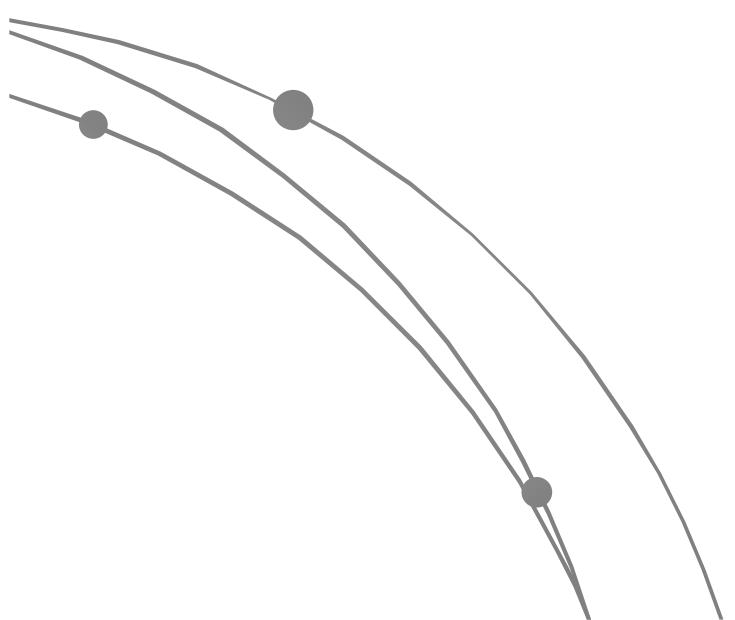
- In defending the use of the z distribution when the data were not Gaussian, Fisher introduced the "randomization test". According to biographers Yates and Mather, "Fisher introduced the randomization test, comparing the value of t or z actually obtained with the distribution of the t or z values when all possible random arrangements were imposed on the experimental data."[8]
- However, Fisher wrote that randomization tests were "in no sense put forward to supersede the common and expeditious tests based on the Gaussian theory of errors." Fisher thus effectively began the field of non-parametric statistics, even though he didn't believe it was a necessary move.

Rothamsted is the largest agricultural research centre in the United Kingdom and almost certainly the oldest agricultural research station in the world



The **Rothamsted Experimental Station**, one of the oldest agricultural research institutions in the world, is located at Harpden in Hertfordshire, England. It is now known as **Rothamsted Research**



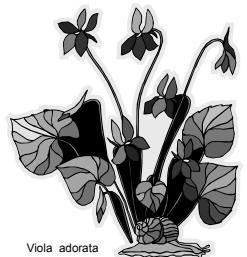


Βιβλιογραφία

- Φασούλας, Α. Κ. (ανατ. 2008). *Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής*. Θεσσαλονίκη: Άγις-Σάββας Δ. Γαρταγάνης.
- Καλτσίκης, Π. Ι. (1997). *Απλά Πειραματικά Σχέδια*. Αθήνα: Εκδόσεις Α. Σταμούλη.
- Μιχαηλίδης, Ζ. (2005). *Βιομετρία-Γεωργικός Πειραματισμός*. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Steel, R. & Torrie, J. (1986). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Gomez, K. & Gomez, A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Kuehl, R. (2000). *Designs of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis*. Pacific Grove: Duxbury Thomson Learning.

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!!!

Rothamsted Park



Viola odorata