



Γεωργικός Πειραματισμός

Ενότητα 2^η: Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο

Γεώργιος Μενεξές
Τμήμα Γεωπονίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

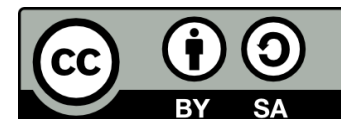


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο

Completely Randomized Design-CRD

Πλήρως Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (Completely Randomized Design-CRD)

Παράδειγμα 21, Φασούλας (2008: 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
- **Αριθμός 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 (1)

- 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



Μεθοδολογία Εγκατάστασης Πειράματος (2)

- 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 (1)

| 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 | $ΜΤΠ = \frac{ΑΤΠ}{\pi-1}$ | $F = \frac{ΜΤΠ}{ΜΤΣ}$ |
| Σφάλμα (ή υπόλοιπο) | $\pi(n-1)$ | ΑΤΣ | $ΜΤΣ = \frac{ΑΤΣ}{\pi(n-1)}$ | |
| 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 .



Πίνακας Δεδομένων (2)

| 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 (1)

- **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 (2)

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

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



Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης)

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

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

Επειδή $1,48 < 1,99$ ---->

Οι γενότυποι δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.



Συντελεστής Παραλλακτικότητας (Coefficient of Variation), CV

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

Στο παράδειγμα:

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



Ο Συντελεστής Παραλλακτικότητας:

- 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 | $\bar{Y} \dots$ |
| t_i | $\bar{Y}_i - \bar{Y} \dots$ |
| $\mu + t_i$ | \bar{Y}_i |
| σ_e^2 | $s_e^2 = \text{ΜΤΣ (MSE)}$ |



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)



Στατιστικοί 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

$$H_1 \text{ ή } H_\alpha : \exists k (k = 1, \dots, \pi) : t_k \neq 0$$

$$H_1 \text{ ή } H_\alpha : \sigma_a^2 > 0$$

$$H_1 \text{ ή } H_\alpha : E(Y_{ij}) \neq 0$$

$$H_1 \text{ ή } H_\alpha : \text{μία τουλάχιστον κύρια επίδραση} \quad t_k \neq 0, k = 1, \dots, \pi$$

$$H_1 \text{ ή } H_\alpha : \text{τουλάχιστον 2 μέσοι όροι διαφέρουν} \quad \exists k, z, (k, z = 1, \dots, \pi) : \mu_k \neq \mu_z$$





Άλλες Στατιστικές Αναλύσεις

Αν η ANOVA ανιχνεύσει στατιστικά σημαντικές, διαφορές ακολουθούν συγκρίσεις μέσω των 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 | $ΜΤΠ = \frac{ΑΤΠ}{\pi - 1}$ | $F = \frac{ΜΤΠ}{ΜΤΣ}$ |
| Σφάλμα (ή υπόλοιπο) | $N - \pi$ | ΑΤΣ | $ΜΤΣ = \frac{ΑΤΣ}{N - \pi}$ | |
| Ολική | $N - 1$ | ΣΑΤ | | |

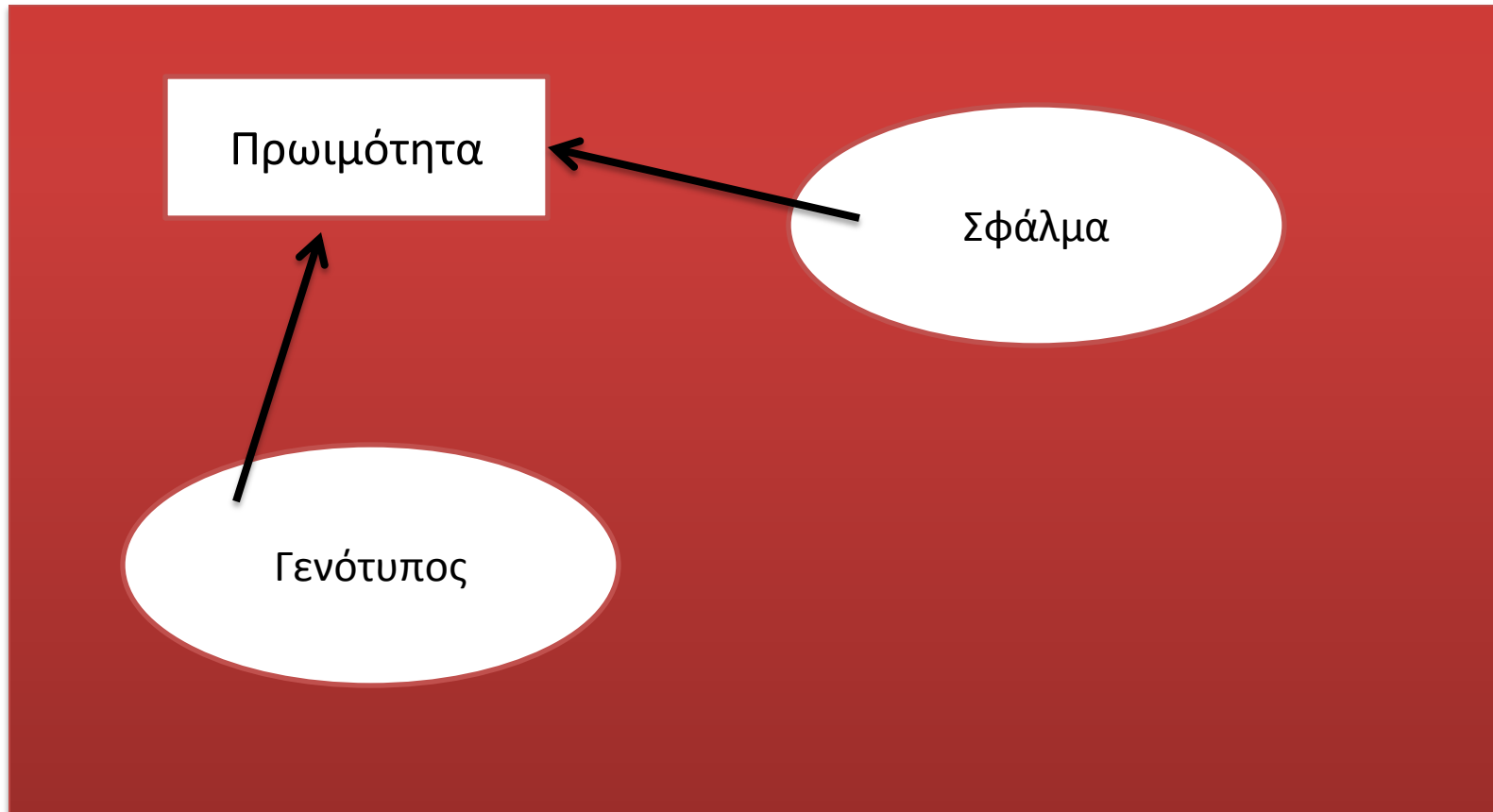


Υπολογισμοί

- Οι υπολογισμοί γίνονται όπως και στο Ισορροπημένο Σχέδιο με τη διαφορά:
- **Άθροισμα Τετραγώνων Παραγόντων**, $ΑΤΠ = \left(\frac{\Pi_1^2}{n_1} + \frac{\Pi_2^2}{n_2} + \dots + \frac{\Pi_\pi^2}{n_\pi} \right) - \Delta O$
- Η δειγματική τιμή F συγκρίνεται με την Κρίσιμη Τιμή (θεωρητική) της F-Κατανομής με $(\pi-1)$ 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 μέσω των όρων
- Μελετώνται οι συνιστώσες της παραλλακτικότητας (Variance Components)

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_a^2 \quad \hat{\sigma}_a^2 = \frac{MT\Pi - MT\Sigma}{n} = \frac{MSA - MSE}{n}$$



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

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:

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

ΕΣΔ=

Όπου $t_{\pi(n-1); \alpha}$: Κρίσιμη τιμή της t -Κατανομής με $\pi(n-1)$ β.ε, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha/2$

Μη Ισορροπημένο Σχέδιο:

$$\text{ΕΣΔ} = t_{(N-\pi); \alpha/2} \sqrt{\frac{(n_i + n_j) \times \text{ΜΤΣ}}{n_i \times n_j}} = t_{(N-\pi); \alpha/2} \sqrt{\frac{(n_i + n_j) \times \text{MSE}}{n_i \times n_j}}$$

Όπου $t_{N-\pi; \alpha/2}$: Κρίσιμη τιμή της t -Κατανομής με $(N-\pi)$ β.ε, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha/2$



Στο προηγούμενο παράδειγμα

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

...σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$



Στο παράδειγμα (2)

| Γενότυποι | ΜΟ | ΤΑ | N |
|-----------------------|------|------|----|
| 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 |
| ΕΣΔ _{0,10} | 1,46 | | |
| ΕΣΔ _{0,05} | 1,75 | | |
| ΕΣΔ _{0,01} | 2,32 | | |
| ΕΣΔ _{0,0011} | 2,97 | | |

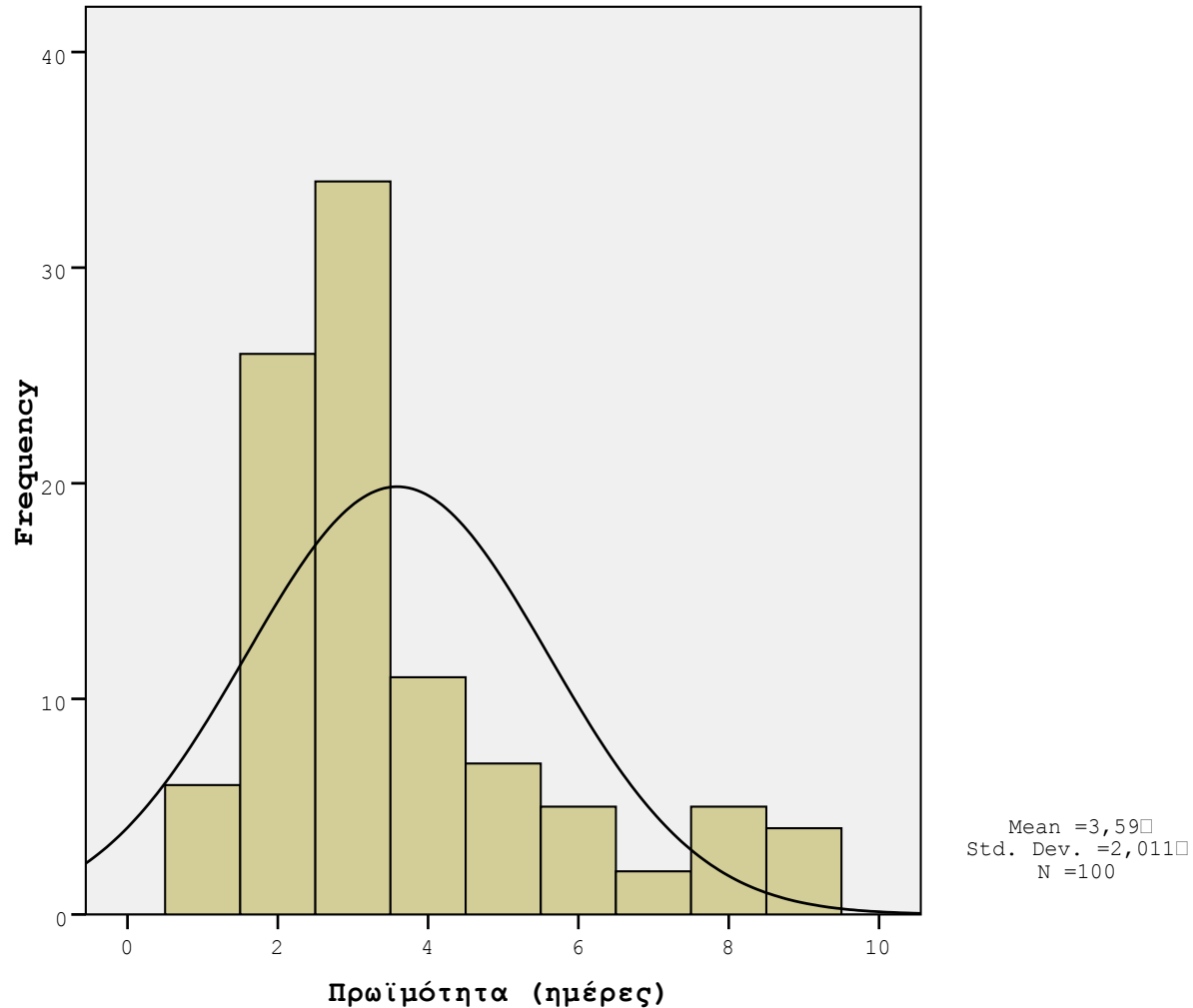


Αποτελέσματα με το SPSS (1)

| | | 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 |

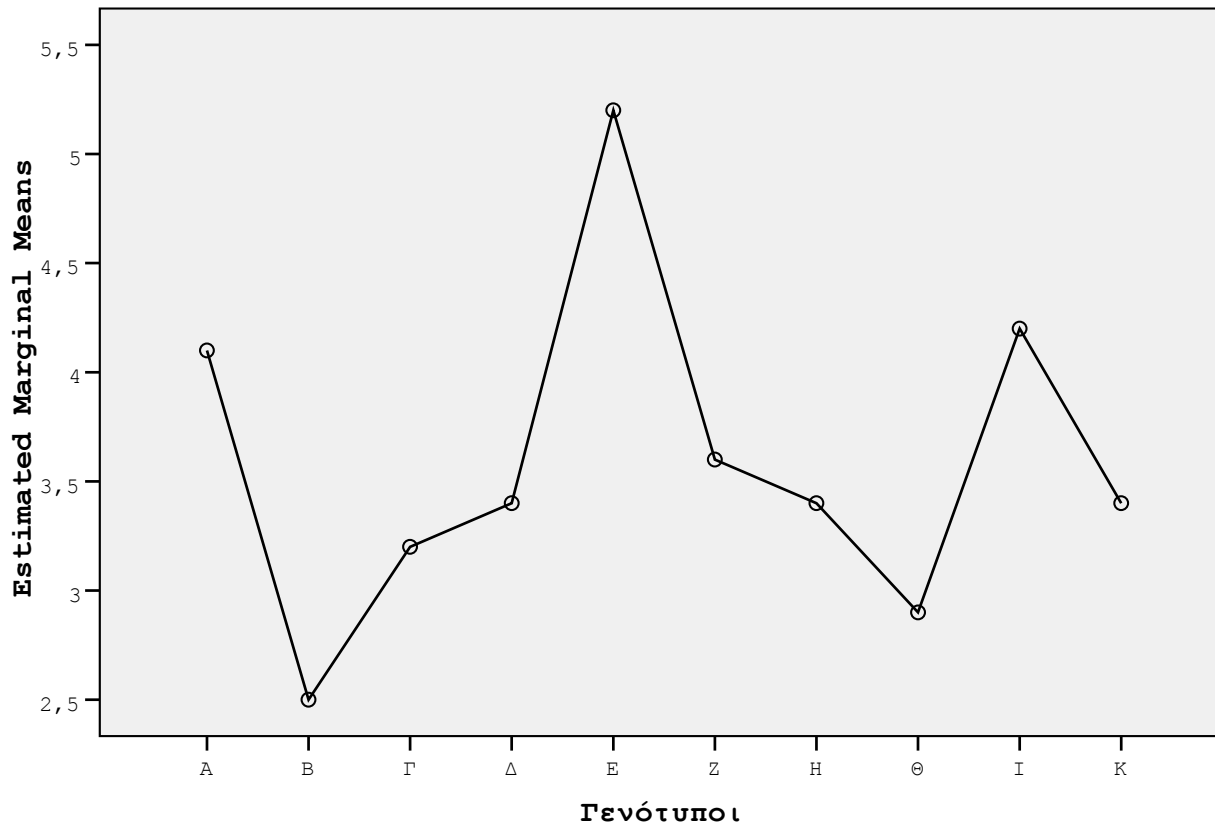


Αποτελέσματα με το SPSS (2)



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 (6)

| 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 | |
| | Ζ | 3.60 | |
| | Α | 4.10 | |
| | Ι | 4.20 | |
| | Ε | 5.20 | |
| Duncan(a,b) | Sig. | .080 | |
| | 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 |
| | Ζ | 3.60 | 3.60 |
| | Α | 4.10 | 4.10 |
| | Ι | 4.20 | 4.20 |
| Ε | 5.20 | 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:

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



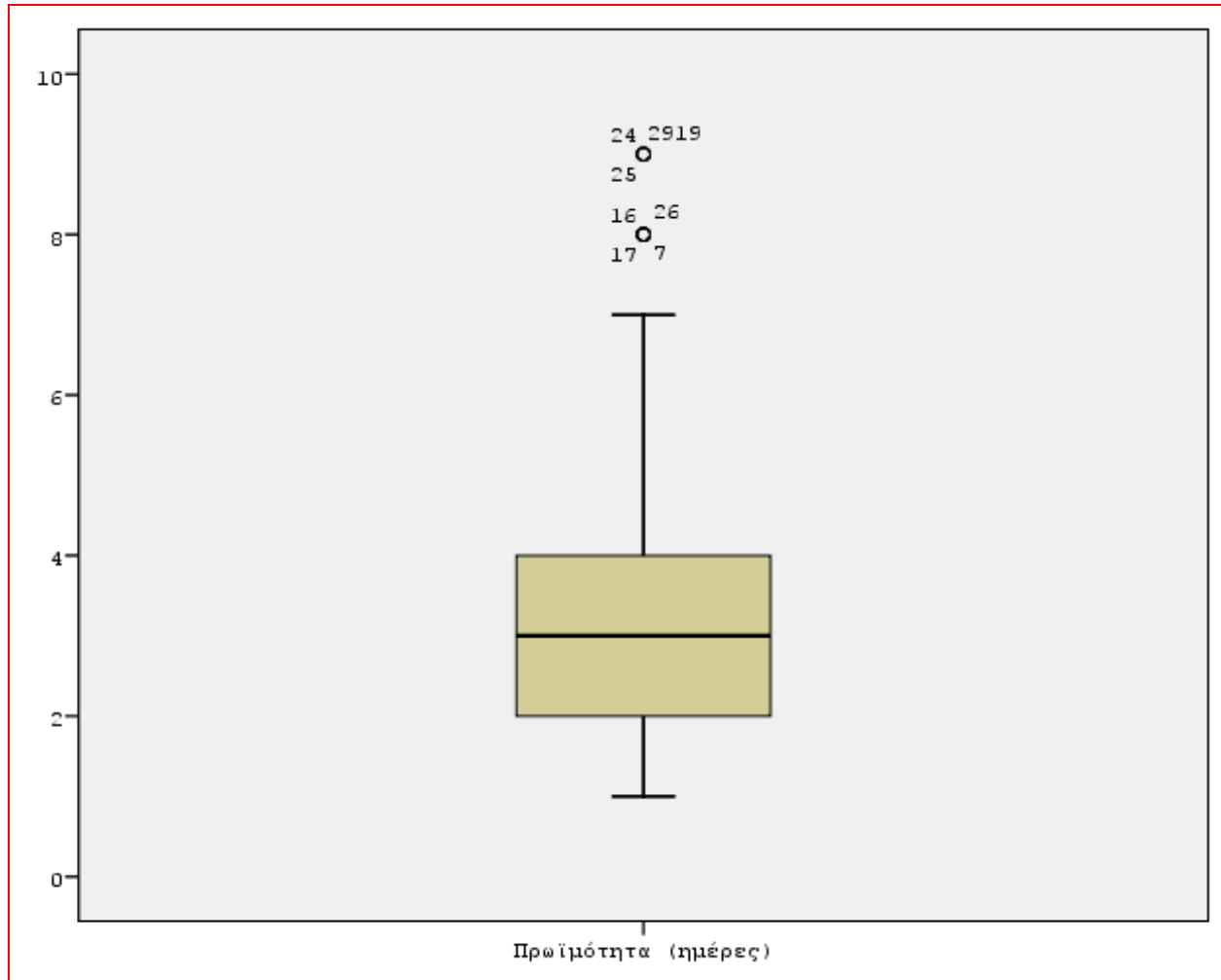
Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (2)

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

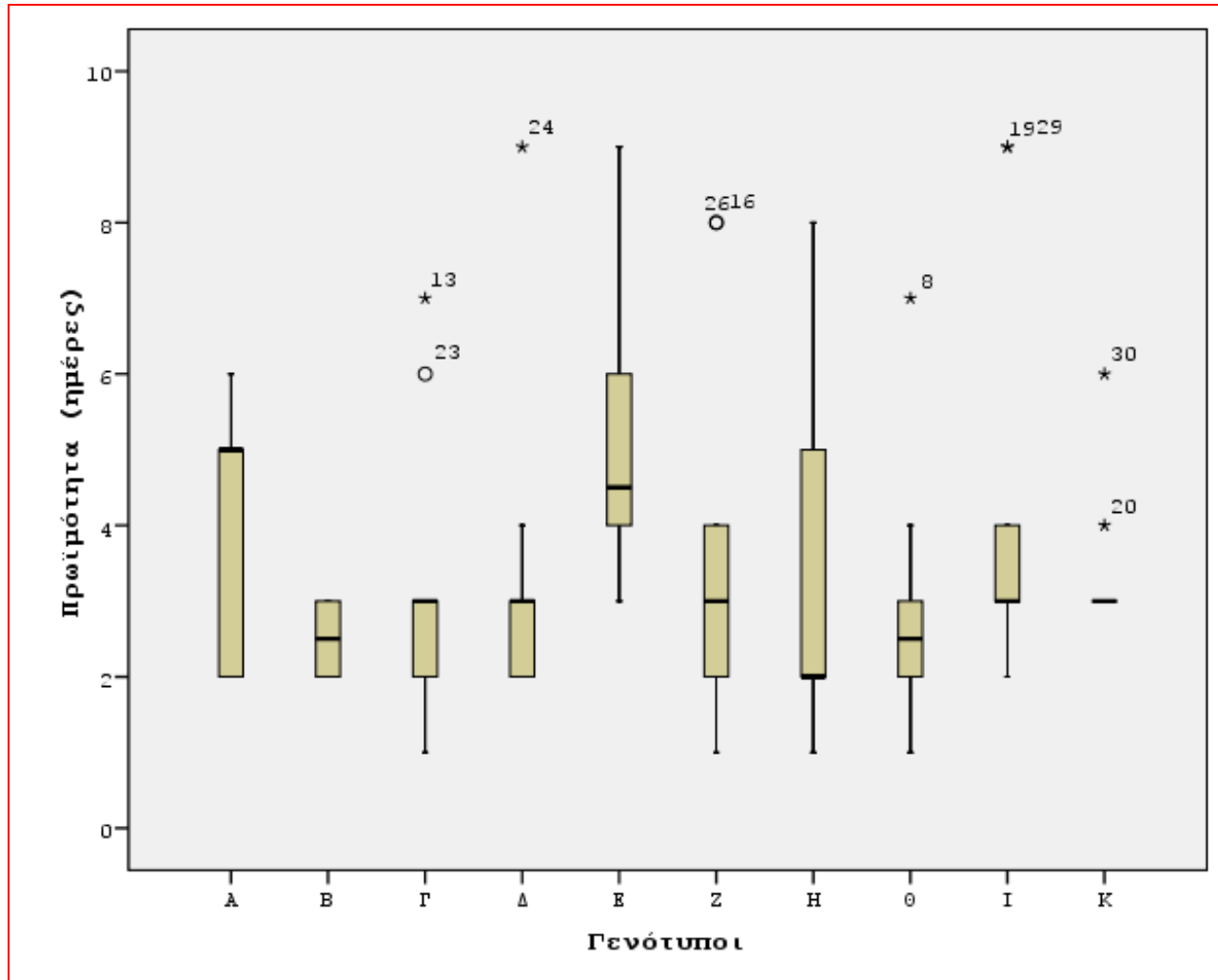
| Γενότυποι | ΜΟ | ΤΑ | Ν |
|-----------|--------|------|----|
| A | 4,10ab | 1,66 | 10 |
| B | 2,50b | 0,53 | 10 |
| Γ | 3,20ab | 1,87 | 10 |
| Δ | 3,40ab | 2,07 | 10 |
| E | 5,20a | 1,93 | 10 |
| Z | 3,60ab | 2,55 | 10 |
| H | 3,40ab | 2,67 | 10 |
| Θ | 2,90b | 1,66 | 10 |
| I | 4,20ab | 2,62 | 10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



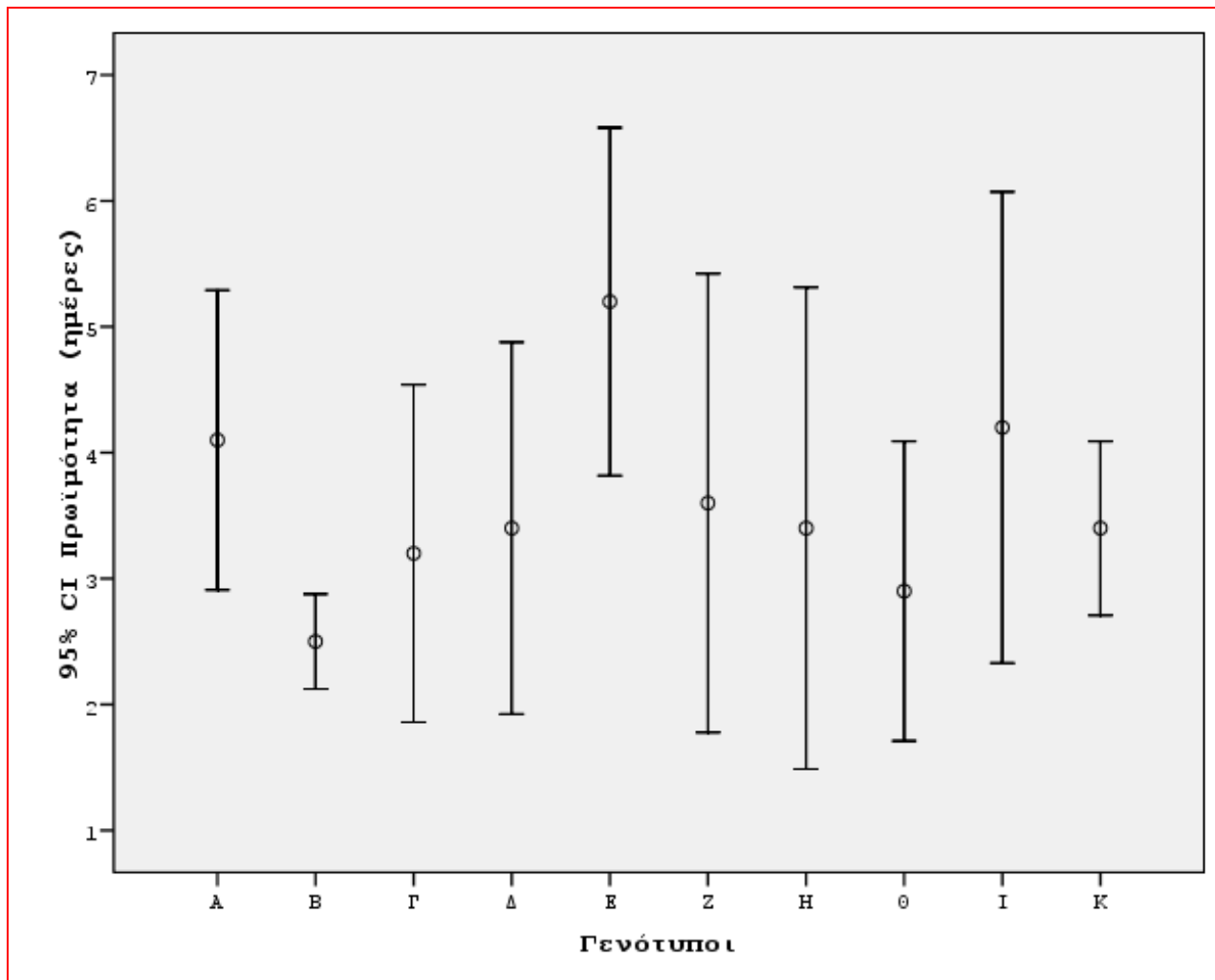
Άλλες Μορφές Διαγραμμάτων: Box Plot



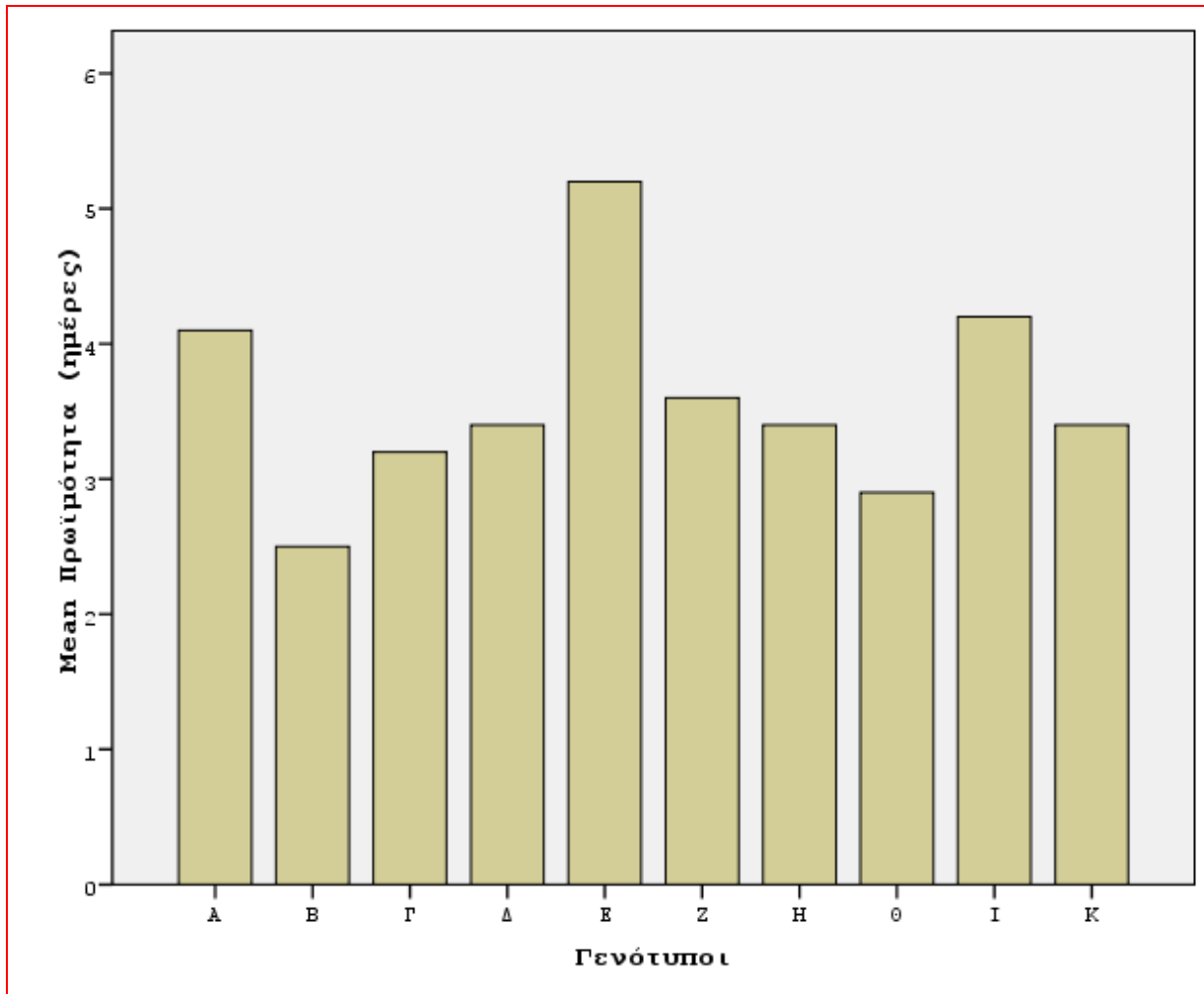
Συγκριτικό Διάγραμμα Box Plot



Διάγραμμα Error bar



Ραβδόγραμμα



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



Sir Ronald Aylmer Fisher (1890-1962)

Πηγή:

http://www.swlearning.com/quant/kohler/stat/biographical_sketches/Fisher_3.jpeg



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 Willey & Sons, Inc.
- **Kuehl, R. (2000).** *Designs of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis*. Pacific Grove: Duxbury Thomson Learning.





Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Μαρία Αλεμπάκη
Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

