



Γεωργικός Πειραματισμός

Ενότητα 4^η: Πλήρεις Ομάδες σε Λατινικό Τετράγωνο

Γεώργιος Μενεξές
Τμήμα Γεωπονίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

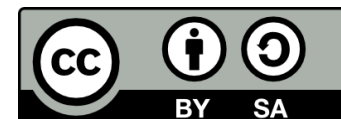


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

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



Πλήρεις Ομάδες σε Λατινικό Τετράγωνο

Latin Square-LS

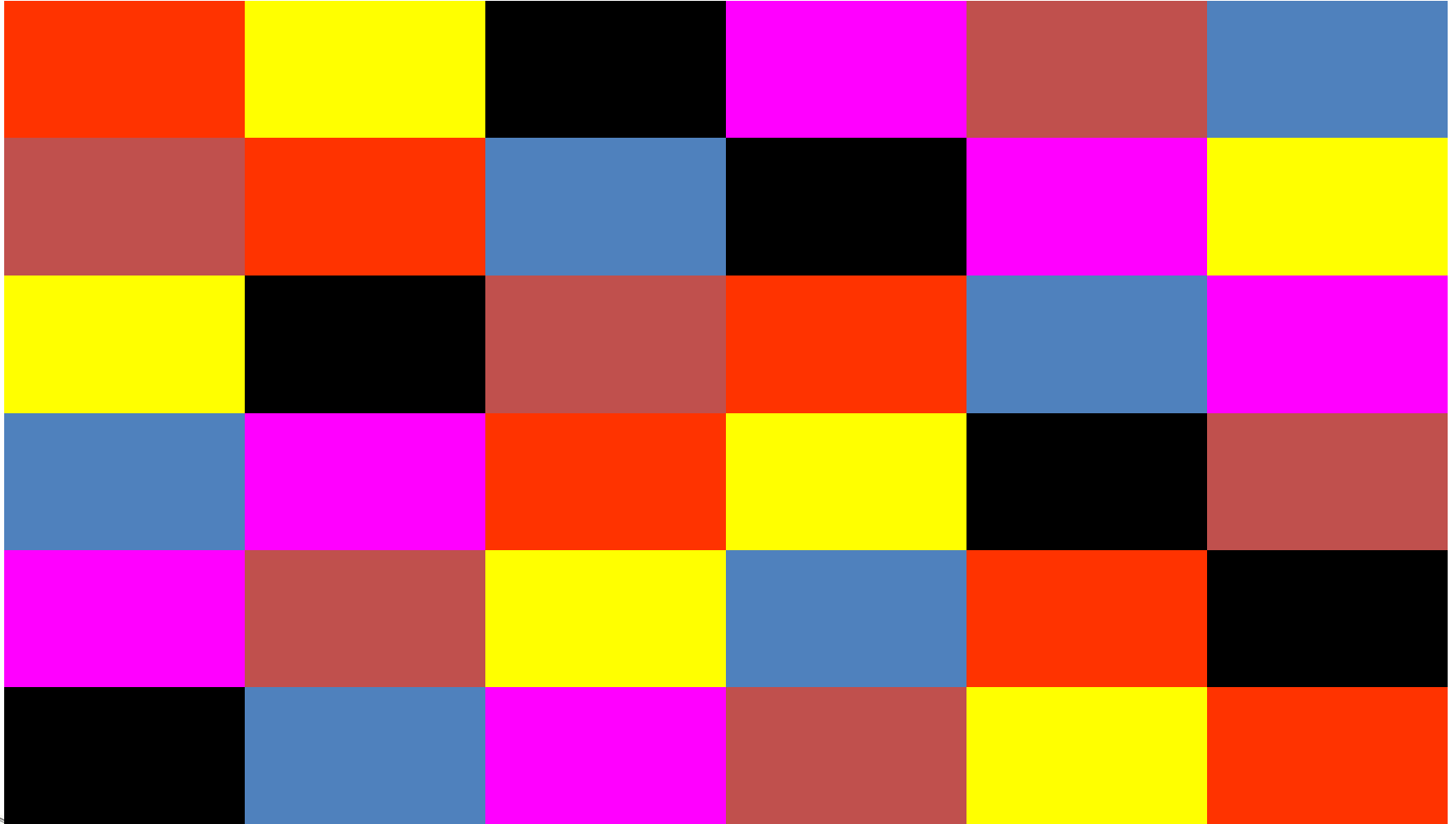
Πλήρεις Ομάδες σε Λατινικό Τετράγωνο

Παράδειγμα 23, Φασούλας (2006, σ. 111)

- Ίδιο με το Παράδειγμα 22 με τη διαφορά ότι η τυχαιοποίηση των 10 γενοτύπων έγινε σύμφωνα με το σχέδιο του Λατινικού Τετραγώνου.
- Να ελεγχθεί αν οι γενότυποι παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.



Λατινικό Τετράγωνο



Παράδειγμα

Πολλή υγρασία.....Λίγη υγρασία

Λιγότερο γόνιμο.....γόνιμο

A	B	Γ	Δ
B	Γ	Δ	A
Γ	Δ	A	B
Δ	A	B	Γ



Τυχαιοποίηση στο LS

1. Κάθε γραμμή και κάθε στήλη αποτελεί μια **πλήρη ομάδα** (*block, replication*).
2. Σε κάθε γραμμή και στήλη **τυχαιοποιούνται ανεξάρτητα** οι επεμβάσεις (Γενότυποι)
3. Επιλέγουμε ένα βασικό σχέδιο Λατινικού Τετραγώνου (από ειδικούς πίνακες)
4. Τυχαιοποιούμε τις γραμμές
5. Τυχαιοποιούμε τις στήλες
6. Τυχαιοποιούμε τις επεμβάσεις
7. Σχεδιάζουμε την **τελική μορφή** του πειράματος



Παραδείγματα Λατινικών Τετραγώνων

3 x 3 4 x 4

A B C	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D
B C A	B A D C	B C D A	B D A C	B A D C
C A B	C D B A	C D A B	C A D B	C D A B
	D C A B	D A B C	D C B A	D C B A

5 x 5

A B C D E
B A E C D
C D A E B
D E B A C
E C D B A

6 x 6

A B C D E F
B F D C A E
C D E F B A
D A F E C B
E C A B F D
F E B A D C

Τα γράμματα
αντιστοιχούν σε
επεμβάσεις



Παράδειγμα Τυχαιοποίησης (5x5) LS (1)

1) Επιλογή Λατινικού Τετραγώνου

1η	2η	3η	4η	5η
A	B	C	D	E
B	A	E	C	D
C	D	A	E	B
D	E	B	A	C
E	C	D	B	A

Αρ. Στηλών



Παράδειγμα Τυχαιοποίησης (2)

2) Τυχαιοποίηση Στηλών: 1, 5, 4, 2, 3

Πίνακες Τυχαίων
Αριθμών

1η	5η	4η	2η	3η
A	E	D	B	C
B	D	C	A	E
C	B	E	D	A
D	C	A	E	B
E	A	B	C	D

Αρχικοί Αρ. Στηλών



Παράδειγμα Τυχαιοποίησης (3)

2) Τυχαιοποίηση Γραμμών: 4, 2, 1, 3, 5

Πίνακες Τυχαίων
Αριθμών

	1η	5η	4η	2η	3η
4η	D	C	A	E	B
2η	B	D	C	A	E
1η	A	E	D	B	C
3η	C	B	E	D	A
5η	E	A	B	C	D

Αρχικοί
Αριθμοί
Γραμμών



Παράδειγμα Τυχαιοποίησης (4)

4) Τυχαιοποίηση Επεμβάσεων: 1, 4, 5, 3, 2

Γράμμα	A	B	C	D	E
Επέμβαση	E1	E4	E5	E3	E2



Παράδειγμα Τυχαιοποίησης (5)

5) Τελική Μορφή Τετραγώνου

E3	E5	E1	E2	E4
E4	E3	E5	E1	E2
E1	E2	E3	E4	E5
E5	E4	E2	E3	E1
E2	E1	E4	E5	E3



Παραμετροποίηση (1)

- **Πειραματικό Σχέδιο** (*Experimental Design*): Πλήρεις Ομάδες σε Λατινικό Τετράγωνο (*Latin Square*)
- **Πλήθος Παραγόντων** (*Factors*): **3** (Γενότυπος, Γραμμές-*Rows*, Στήλες -*Columns*)
- **Πλήθος Επιπέδων** (*Levels*) του Παράγοντα Γενότυπος (π): 10, του Παράγοντα Γραμμές (γ): 10 και του Παράγοντα Στήλες (σ): 10
- **Συνολικό πλήθος μετρήσεων** (N): 100
- **Σχέδιο: Ισορροπημένο** (*Balanced*), δηλ. ίδιος αριθμός μετρήσεων-επαναλήψεων σε κάθε επέμβαση



Παραμετροποίηση (2)

- **Εξαρτημένη** μεταβλητή (*Depended Variable*):
Πρωϊμότητα ξεσταχιάσματος (ημέρες)
- **Ανεξάρτητες** μεταβλητές-Παράγοντες (*Independed Variables*): Γενότυπος (**δομικός**), Γραμμές και Στήλες (**σχεδίου**)
- **Πρότυπο III** (*Model type III*): **Μεικτές** Επιδράσεις (*Mixed Effects*)
 - Γενότυπος: **Καθορισμένες** Επιδράσεις (**Fixed Effects**)
 - Γραμμές και Στήλες: **Τυχαίες** Επιδράσεις (**Random 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 LS

- Όταν δεν μπορούμε να εξασφαλίσουμε **ομοιόμορφο περιβάλλον**.
- Όταν δεν μπορούμε να ελέγξουμε την ανομοιομορφία-ανομοιογένεια με **δομικούς** παράγοντες.
- Όταν έχουμε αποδείξεις ή ενδείξεις ότι η ανομοιογένεια του περιβάλλοντος βαίνει προς **δύο συγκεκριμένες κατευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους** (κλίσεις-*gradients*).

Παράδειγμα: Ο πειραματικός αγρός μπορεί να παρουσιάζει διαφορές γονιμότητας προς μία κατεύθυνση και συγχρόνως διαφορές υγρασίας ως προς μία άλλη, κάθετη με την πρώτη.



Σκοπός

- Η ελάττωση του πειραματικού σφάλματος και η αύξηση της ευαισθησίας του πειράματος
- Ο έλεγχος **δύο** γνωστών πηγών παραλλακτικότητας
- Η απομάκρυνση της επίδρασης των **δύο** γνωστών πηγών παραλλακτικότητας



Χρήσιμες οδηγίες (1)

- Έστω ότι θέλουμε να πειραματισθούμε με **π επεμβάσεις**.
- Χωρίζουμε τον αγρό σε **π γραμμές-σειρές** και **π στήλες** (ίσες λωρίδες). Μεταξύ των λωρίδων είναι δυνατόν να παρεμβάλλονται διάδρομοι παρατηρήσεων ή όχι.
- Τυχαιοποιούμε τις επεμβάσεις με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε επέμβαση να εμφανίζεται **μία μόνο φορά** σε κάθε στήλη και γραμμή.



Χρήσιμες οδηγίες (2)

- Ο αριθμός των επαναλήψεων πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των επεμβάσεων.
- Το πλήθος των πειραματικών τεμαχίων είναι π^2 .
- Πρακτικά το σχέδιο αυτό χρησιμοποιείται για 4-8 επεμβάσεις.



Άλλες εφαρμογές του LS

- Οι στήλες μπορεί να αναφέρονται σε 3 διαφορετικούς παρασκευαστές που δοκιμάζουν 3 επεμβάσεις (μεθόδους προσδιορισμού φωσφόρου) σε 3 διαφορετικές ώρες της ημέρας (γραμμές).
- Οι στήλες μπορεί να αναφέρονται σε 4 βουστάσια, οι επεμβάσεις σε 4 τύπους απολυμαντικών (δοχείων γαλακτοκομίας) και οι γραμμές σε 4 μεθόδους χρήσης των απολυμαντικών.



Διατάξεις Εγκατάστασης LS

- Τοποθέτηση 3 LS σε 3 Τοποθεσίες

Τοποθεσία I		
A	C	B
C	B	A
B	A	C

Τοποθεσία II		
C	A	B
B	C	A
A	B	C

Τοποθεσία III		
A	B	C
B	C	A
C	A	B



Πίνακας Δεδομένων (1)

Γραμμές											
Στήλες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σύνολα
1	H 8	Z 1	E 8	Γ 2	A 5	K 3	Θ 7	Δ 3	B 2	I 4	43
2	Γ 7	A 6	K 4	H 8	Θ 3	B 3	Z 8	I 9	Δ 2	E 5	55
3	B 3	H 1	Θ 5	A 6	Z 8	E 9	I 9	Γ 6	K 6	Δ 9	60
4	E 4	Θ 2	Z 4	K 3	I 4	Δ 3	A 5	H 5	Γ 3	B 3	36
5	Θ 1	I 3	A 2	B 3	Δ 2	H 2	Θ 3	E 4	Z 3	Γ 3	25
6	K 3	Δ 2	I 2	Θ 2	Γ 1	A 3	E 3	B 3	H 2	Z 2	23
7	Δ 3	E 4	H 2	I 2	K 3	Γ 2	B 2	Z 4	A 2	Θ 4	29
8	A 2	B 2	Γ 3	Δ 3	E 4	Z 2	H 3	Θ 2	I 3	K 3	27
9	Z 3	Γ 2	B 2	E 6	H 2	I 3	Δ 4	K 3	Θ 3	A 5	33
10	I 3	K 3	Δ 3	Z 1	B 2	Θ 2	Γ 3	A 5	E 5	H 1	28
Σύνολα	37	26	33	36	34	33	47	44	31	38	359



Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας ή Διακύμανσης (1)

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F
Γραμμές	$\pi-1$	ΑΤγ	$MT\gamma = \frac{AT\gamma}{\pi-1}$	$F = \frac{MT\gamma}{MT\Sigma}$
Στήλες	$\pi-1$	ΑΤσ	$MT\sigma = \frac{AT\sigma}{\pi-1}$	$F = \frac{MT\sigma}{MT\Sigma}$
Γενότυποι (ή Παράγοντας)	$\pi-1$	ΑΤΠ	$MT\Pi = \frac{AT\Pi}{\pi-1}$	$F = \frac{MT\Pi}{MT\Sigma}$
Σφάλμα (ή υπόλοιπο)	$(\pi-1)(\pi-2)$	ΑΤΣ	$MT\Sigma = \frac{AT\Sigma}{(\pi-1)(\pi-2)}$	
Ολική	π^2-1	ΣΑΤ		

Για τους γενότυπους, η δειγματική τιμή F συγκρίνεται με την Κρίσιμη Τιμή (θεωρητική) της F -Κατανομής με $(\pi-1)$ και $[(\pi-1)(\pi-2)]$ β.ε., σε επίπεδο σημαντικότητας α .



Πίνακας Δεδομένων (2)

Γραμμές											
Στήλες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σύνολα
1	Η 8	Ζ 1	Ε 8	Γ 2	Α 5	Κ 3	Θ 7	Δ 3	Β 2	Ι 4	43
2	Γ 7	Α 6	Κ 4	Η 8	Θ 3	Β 3	Ζ 8	Ι 9	Δ 2	Ε 5	55
3	Β 3	Η 1	Θ 5	Α 6	Ζ 8	Ε 9	Ι 9	Γ 6	Κ 6	Δ 9	60
4	Ε 4	Θ 2	Ζ 4	Κ 3	Ι 4	Δ 3	Α 5	Η 5	Γ 3	Β 3	36
5	Θ 1	Ι 3	Α 2	Β 3	Δ 2	Η 2	Θ 3	Ε 4	Ζ 3	Γ 3	25
6	Κ 3	Δ 2	Ι 2	Θ 2	Γ 1	Α 3	Ε 3	Β 3	Η 2	Ζ 2	23
7	Δ 3	Ε 4	Η 2	Ι 2	Κ 3	Γ 2	Β 2	Ζ 4	Α 2	Θ 4	29
8	Α 2	Β 2	Γ 3	Δ 3	Ε 4	Ζ 2	Η 3	Θ 2	Ι 3	Κ 3	27
9	Ζ 3	Γ 2	Β 2	Ε 6	Η 2	Ι 3	Δ 4	Κ 3	Θ 3	Α 5	33
10	Ι 3	Κ 3	Δ 3	Ζ 1	Β 2	Θ 2	Γ 3	Α 5	Ε 5	Η 1	28
Σύνολα	37	26	33	36	34	33	47	44	31	38	359



Υπολογισμοί

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 Γραμμών

$$ATO = \left(\frac{43^2 + 55^2 + \dots + 28^2}{10} \right) - \Delta O = 147,89$$

Άθροισμα Τετραγώνων Στηλών

$$AT\sigma = \left(\frac{37^2 + 26^2 + \dots + 38^2}{10} \right) - \Delta O = 33,69$$

Άθροισμα Τετραγώνων Σφαλμάτων

$$AT\Sigma = \Sigma AT - AT\Pi - AT\gamma - AT\sigma =$$

$$(400,19) - (51,49) - (147,89) - (33,69) = 167,12$$



Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας ή Διακύμανσης (2)

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F	F _{0,05}
Γραμμές	9	147,89	16,43	7,08	2,01
Στήλες	9	33,69	3,74	1,61	2,01
Γενότυποι (ή Παράγοντας)	9	51,49	5,72	2,46	2,01
Σφάλμα (ή υπόλοιπο)	72	167,12	2,32		
Ολική	99	400,19			

Κρίσιμη Τιμή $F(9, 72)=2,01$, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$



Αποτελέσματα

Πηγή Παραλλακτικότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσα Τετράγωνα	F	p
Γραμμές	9	147,89	16,43	7,08	0,000
Στήλες	9	33,69	3,74	1,61	0,129
Γενότυποι (ή Παράγοντας)	9	51,49	5,72	2,46	0,017
Σφάλμα (ή υπόλοιπο)	72	167,12	2,32		
Ολική	99	400,19			

$$R^2=0.582$$

$$R^2 = \frac{147,89 + 33,69 + 51,49}{400,19} = \frac{233,07}{400,19} = 0,5823$$



Έλεγχοι Προϋποθέσεων

- Κανονικότητα των Σφαλμάτων
- Ομοσκεδαστικότητα (Ομοιογένεια Διακυμάνσεων)
- Προσθετικότητα - Αθροιστικότητα



Συμπεράσματα από ANOVA

- Επειδή $2,46 > 2,01 \Rightarrow$ Οι **γενότυποι** παρουσιάζουν **στατιστικά σημαντικές διαφορές** σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.
- Η επίδραση του περιβάλλοντος (ως προς τις **γραμμές** του *LS*) είναι επίσης **στατιστικά σημαντική** σε ε.σ. $\alpha=0,05$.
- Η επίδραση του περιβάλλοντος (ως προς τις **στήλες** του *LS*) **δεν είναι στατιστικά σημαντική** σε ε.σ. $\alpha=0,05$.



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 = $\frac{\sqrt{2,32}}{3,59} \times 100 = \frac{1,52}{3,59} \times 100 = 42,4\%$



Σύγκριση των τριών Πειραματικών Σχεδιασμών (1)

- Πειραματικό Σφάλμα (Experimental Error) στο **CRD=3,87**
- Πειραματικό Σφάλμα (Experimental Error) στο **RCBD=2,48**
- Πειραματικό Σφάλμα (Experimental Error) στο **LS=2,32**



Σύγκριση των τριών Πειραματικών Σχεδιασμών (2)

- Συντελεστής Προσδιορισμού (Coefficient of Determination) για το **CRD**: $R^2=0,129$ (12,9%)
- Συντελεστής Προσδιορισμού (Coefficient of Determination) για το **RCBD**: $R^2=0,498$ (49,8%)
- Συντελεστής Προσδιορισμού (Coefficient of Determination) για το **LS**: $R^2= 0,582$ (58,2%)



Σύγκριση των τριών Πειραματικών Σχεδιασμών (3)

- Συντελεστής Παραλλακτικότητας (Coefficient of Variance) για το **CRD: CV=54,9%**
- Συντελεστής Παραλλακτικότητας (Coefficient of Variance) για το **RCBD: CV=43,9%**
- Συντελεστής Παραλλακτικότητας (Coefficient of Variance) για το **LS: CV=42,4%**



Προσοχή!!!

- Σκοπός του πειραματισμού δεν είναι μόνο να βρούμε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του/των δομικού/ών παράγοντα/ων (Γενότυπος), αλλά και να **μειώσουμε το Πειραματικό Σφάλμα.**



Το Γενικό Γραμμικό Πρότυπο (General Linear Model)

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + c_k + e_{ijk}$$

t_i : η κύρια επίδραση της Επέμβασης (Γενότυπος) i ($i=1, \dots, 10$)

r_j : η κύρια επίδραση της Γραμμής j ($j=1, \dots, 10$)

c_k : η κύρια επίδραση της Στήλης k ($k=1, \dots, 10$)

$$\text{Γενικά: } t_i = \bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}}$$



Παραδοχές

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

$$\sum_{j=1}^{\pi} r_j = 0$$

$$\sum_{k=1}^{\pi} c_k = 0$$

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



Προϋποθέσεις

- Οι παρατηρήσεις προέρχονται από **τυχαία δείγματα**
- Οι παρατηρήσεις είναι **ανεξάρτητες** η μία από την άλλη
- Οι πληθυσμοί (οκπ σε πλήθος) των παρατηρήσεων ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**
- Ισχύει η ιδιότητα της **αθροιστικότητας (προσθετικότητας)**.
Ισοδύναμα, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ επεμβάσεων και Γραμμών και Στηλών του LS. Η επέμβαση i έχει το ίδιο αποτέλεσμα ανεξάρτητα από τη Γραμμή ή/και Στήλη στην οποία εφαρμόζεται.
- Οι διασπορές των πληθυσμών (π^2 σε πλήθος) είναι ίσες (**Ομοσκεδαστικότητα**)



Στατιστικοί Έλεγχοι

Μηδενικές Υποθέσεις

$$H_{0\Gamma} : \sigma_r^2 = 0$$

$$H_{0\Sigma} : \sigma_c^2 = 0$$

$$H_{0\Pi} : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_\pi$$

Εναλλακτικές Υποθέσεις

$$H_{1\Gamma} : \sigma_r^2 > 0$$

$$H_{1\Sigma} : \sigma_c^2 > 0$$

$H_{1\Pi}$: τουλάχιστον 2 μέσοι όροι διαφέρουν, δηλ:
 $\exists l, z, (l, z = 1, \dots, \pi) : \mu_l \neq \mu_z$

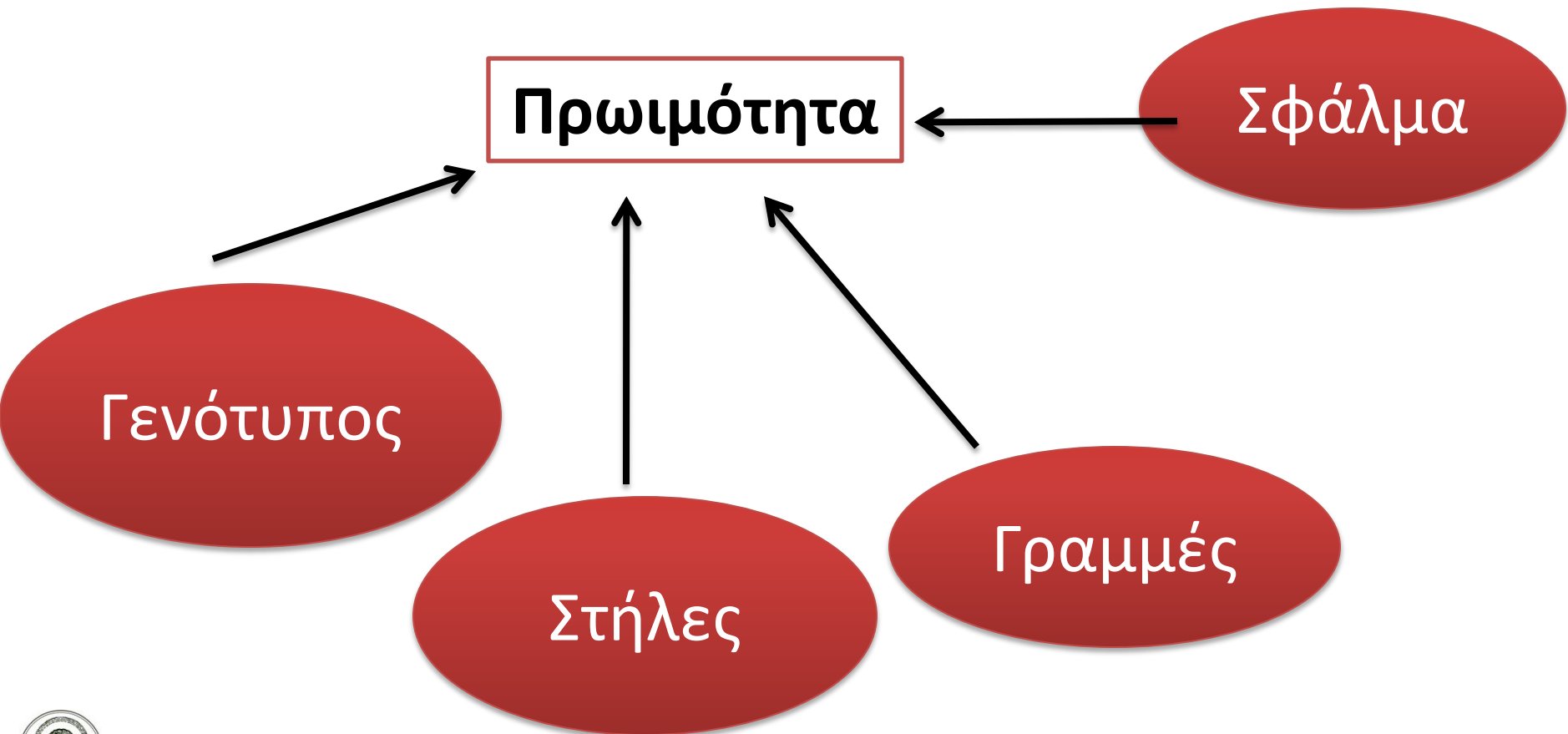


Άλλες Στατιστικές Αναλύσεις

- Αν η ANOVA ανιχνεύσει στατιστικά σημαντικές διαφορές ακολουθούν συγκρίσεις μέσω των όρων (*a priori*, *ad hoc*)



Διαγραμματική Αναπαράσταση του Υποδείγματος



Συγκρίσεις Μέσων Όρων

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

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

ΕΣΔ=

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

Στο παράδειγμα:

$$ΕΣΔ = 1,99 \times \sqrt{\frac{2 \times 2,32}{10}} = 1,99 \times \sqrt{\frac{4,64}{10}} = 1,99 \times \sqrt{0,464} = 1,99 \times 0,681 = 1,36$$

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



Στο Παράδειγμα

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
Ε	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}	1,14		
ΕΣΔ _{0,05}	1,36		
ΕΣΔ _{0,01}	1,80		
ΕΣΔ _{0,0011}	1,78		

1,36



Στα προηγούμενα παραδείγματα...

CRD

RCBD

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		

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}	1,17		
ΕΣΔ _{0,05}	1,40		
ΕΣΔ _{0,01}	1,86		
ΕΣΔ _{0,0011}	2,38		

Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (1)

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

$$\{F(9,72)=2,46, p=0,017<0,05\}$$

Η ANOVA έδειξε ότι η επίδραση του **περιβάλλοντος** (ως προς τις Γραμμές του LS) είναι στατιστικά σημαντική (**$p<0,001$**) ενώ δεν είναι στατιστικά σημαντική ως προς τις Στήλες του LS (**$p=0,129>0,05$**)



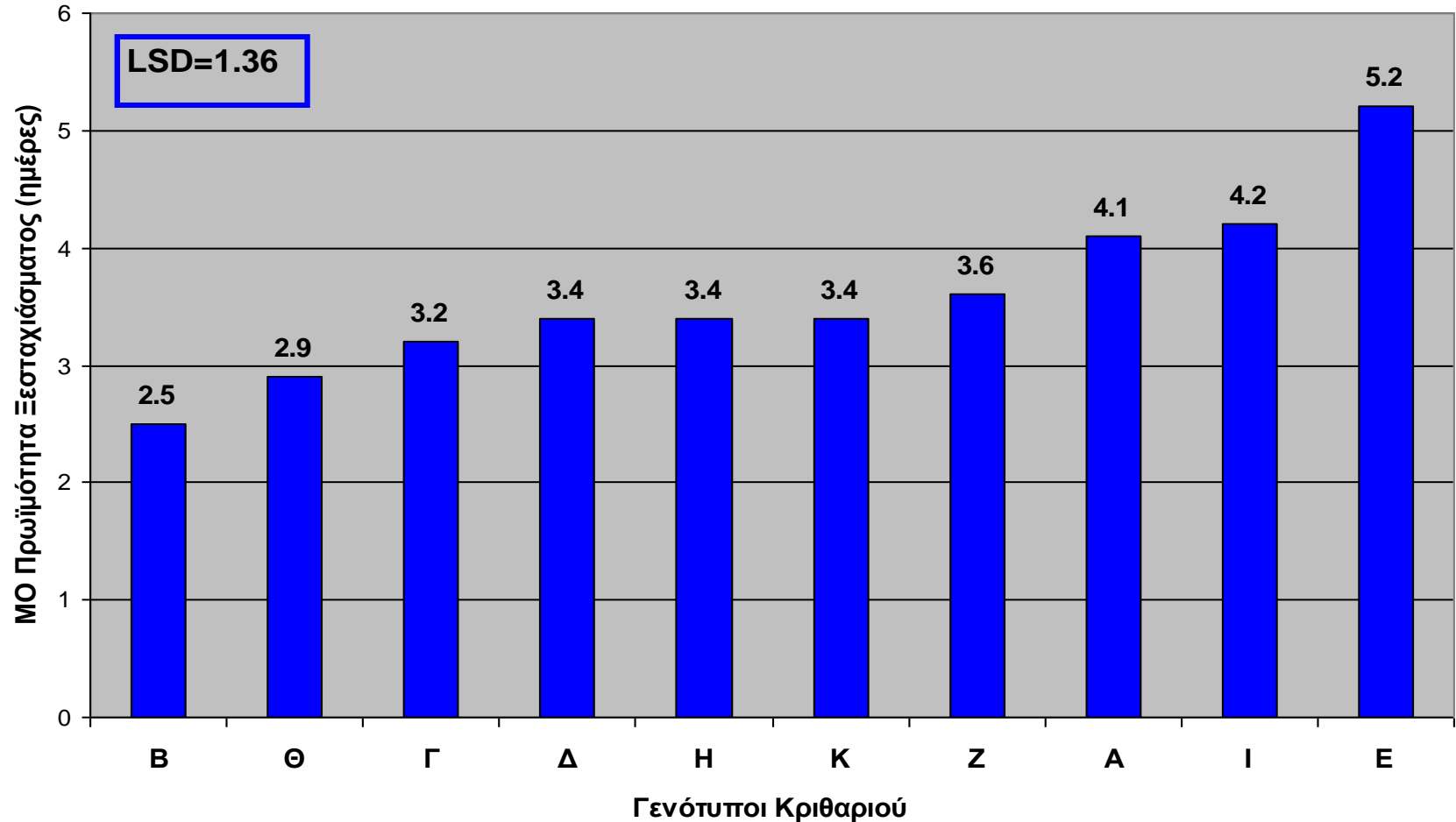
Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (2)

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 **Tukey HSD**



Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (3)



Βιβλιογραφία

- **Φασούλας, Α. Κ. (2006).** *Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής*. Θεσσαλονίκη.
- **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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

