

# Γεωργικός Πειραματισμός

## 7ο Εργαστήριο

Αναστάσιος Κατσιλέρος

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού

katsileros@aua.gr

Αθήνα 2020

Το **Σχέδιο Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων** (Randomized Complete Block Design) μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν οι πειραματικές μονάδες είναι ανομοιογενείς ή οι συνθήκες πραγματοποίησης του πειράματος δεν είναι όμοιες ή σταθερές ή όταν ο ερευνητής δεν έχει στην διάθεση του τον εξοπλισμό, το προσωπικό ή το χρόνο για να πραγματοποιήσει τις πειραματικές επεμβάσεις.

Αν ο ερευνητής μπορεί να εντοπίσει τον παράγοντα που προκαλεί την ανομοιογένεια στις πειραματικές μονάδες (π.χ. φύλο, ηλικία, γονιμότητα εδάφους κ.α.) ή γνωρίζει ή υποπτεύεται κάποιον παράγοντα όχλησης (π.χ. θερμοκρασία, φωτισμός, όργανο, ημέρα) που μπορεί να έχει επίδραση στην μεταβλητή που εξετάζει και έχει την δυνατότητα να τον ελέγξει δημιουργώντας ομάδες ομοιογενών πειραματικών μονάδων ή σταθερών συνθηκών, τότε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων είναι η καλύτερη επιλογή.

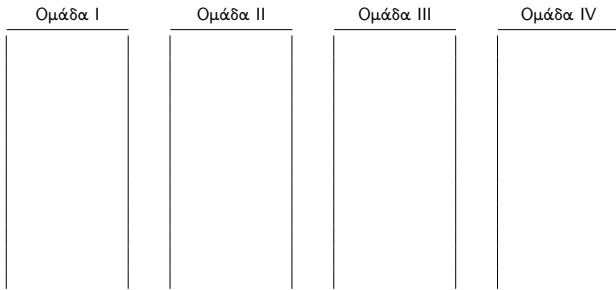
Η χρησιμοποίηση ομάδων σταθερών συνθηκών ή ομοιογενών πειραματικών μονάδων, έχει το πλεονέκτημα ότι μεγιστοποιεί την παραλλακτικότητα μεταξύ των ομάδων και ελαχιστοποιεί την παραλλακτικότητα μέσα στις ομάδες. Το μειονέκτημα του σχεδίου είναι ότι οι βαθμοί ελευθερίας του υπόλοιπου είναι λιγότεροι σε σχέση με το Εντελώς Τυχαιοποιημένο σχέδιο και ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο αριθμό επεμβάσεων, επειδή μπορεί να αυξηθεί η ανομοιογένεια μέσα στην ομάδα.

Η τυχαιοποίηση των επεμβάσεων στις πειραματικές μονάδες στο σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων γίνεται ξεχωριστά σε κάθε ομάδα έτσι ώστε κάθε επέμβαση να εμφανίζεται μία μόνο φορά μέσα σε κάθε ομάδα.

Η διαδικασία τυχαιοποίησης σε ένα πείραμα έξι επεμβάσεων ( $a = 6$ ) σε τέσσερις επαναλήψεις-ομάδες ( $b = 4$ ), είναι η εξής:

α) Αρχικά δημιουργούνται τέσσερις ομάδες κάθετα στην μεταβολή του παράγοντα όχλησης (π.χ. εδαφική υγρασία, μεταβολή θερμοκρασίας, όργανο μέτρησης, ημέρες κ.α.)

—> Μεταβολή παράγοντα όχλησης —>



β) Κάθε ομάδα χωρίζεται σε έξι πειραματικές μονάδες.

γ) Απαριθμούνται όλες οι πειραματικές μονάδες.

	Ομάδα I		Ομάδα II		Ομάδα III		Ομάδα IV
1	<input type="text"/>	7	<input type="text"/>	13	<input type="text"/>	19	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	8	<input type="text"/>	14	<input type="text"/>	20	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	9	<input type="text"/>	15	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	10	<input type="text"/>	16	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	11	<input type="text"/>	17	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	12	<input type="text"/>	18	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>

δ) Σε κάθε ομάδα ξεχωριστά ταξινομούνται οι έξι επεμβάσεις σύμφωνα τους κανόνες της τυχαιοποίησης.

	Ομάδα I		Ομάδα II		Ομάδα III		Ομάδα IV
1	Δ	7	A	13	E	19	A
2	Γ	8	Δ	14	ΣΤ	20	B
3	A	9	E	15	Δ	21	Γ
4	B	10	ΣΤ	16	A	22	E
5	ΣΤ	11	B	17	Γ	23	ΣΤ
6	E	12	Γ	18	B	24	Δ



Το γραμμικό πρότυπο-μοντέλο για το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων, είναι το εξής:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

όπου  $Y_{ij}$  η παρατήρηση της  $j$  ομάδας της  $i$  επέμβασης

$\mu$  ο γενικός μέσος του πληθυσμού

$\tau_i$  η επίδραση της  $i$  επέμβασης

$\beta_j$  η επίδραση της  $j$  ομάδας

$\epsilon_{ij}$  το πειραματικό σφάλμα,  $N(0, \sigma^2)$

Προϋποθέσεις της ανάλυσης της διακύμανσης στο σχέδιο Τ.Π.Ο., είναι οι εξής:

- α) Οι πληθυσμοί από τους οποίους προέρχεται κάθε επέμβαση ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- β) Οι διακυμάνσεις των πληθυσμών είναι ίσες.
- γ) Οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.
- δ) Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση επέμβασης με την ομάδα (αθροιστικότητα - additivity).

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	Δοκιμασία F	ΘΣΜΤ <sup>1</sup>
Επεμβάσεις	$a - 1$	$b \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$AT_{\varepsilon\pi}/(a - 1)$	$MT_{\varepsilon\pi}/MT_{\nu\pi}$	$\sigma_{\varepsilon}^2 + \frac{n \sum_{i=1}^a \tau_i^2}{a-1}$
Ομάδες	$b - 1$	$a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})^2$	$AT_{\omicron\mu}/(b - 1)$	$MT_{\omicron\mu}/MT_{\nu\pi}$	$\sigma_{\varepsilon}^2 + a\sigma_b^2$
Υπόλοιπο	$(a - 1)(b - 1)$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$	$AT_{\nu\pi}/BE_{\nu\pi}$		$\sigma_{\varepsilon}^2$
Σύνολο	$ab - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$			

<sup>1</sup>Θεωρητική Σύσταση Μέσου Τετραγώνου, επεμβάσεις-σταθερών επιδράσεων και ομάδες-τυχαίων επιδράσεων

**Παράδειγμα 9.** (rcbd.txt) Σε ένα πειραματικό αγρό αξιολογήθηκαν τέσσερα υβρίδια αραβόσιτου με πέντε επαναλήψεις - ομάδες, οι οποίες ήταν κάθετες προς την μεταβολή της εδαφικής υγρασίας.

Η τυχαιοποίηση έγινε με χρήση λογισμικού και η πειραματική διάταξη των επεμβάσεων μαζί με τα αποτελέσματα είναι η εξής:

	Ομάδα I		Ομάδα II		Ομάδα III		Ομάδα IV		Ομάδα V
1	B 6	5	C 12	9	C 16	13	B 12	17	D 16
2	D 8	6	B 10	10	B 11	14	C 17	18	B 16
3	C 11	7	A 6	11	A 7	15	A 8	19	C 19
4	A 5	8	D 12	12	D 12	16	D 17	20	A 9

	Ομάδες						
Επεμβάσεις	1	2	3	4	5	$Y_{i.}$	$\bar{Y}_{i.}$
A	5	6	7	8	9	35	7
B	6	10	11	12	16	55	11
C	11	12	16	17	19	75	15
D	8	12	12	17	16	65	13
$Y_{.j}$	30	40	46	54	60	$Y_{..} = 230$	$\bar{Y}_{..} = 11,5$

Διατύπωση υποθέσεων:

Μηδενική υπόθεση  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Εναλλακτική υπόθεση  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

Υπολογισμός διορθωτικού όρου:

$$\Delta O = \frac{(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij})^2}{ab} = \frac{Y_{..}^2}{ab} = \frac{230^2}{20} = 2645$$

Υπολογισμός συνολικού αθροίσματος τετραγώνου:

$$AT_{\sigma\nu\nu} = (\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij})^2 - \Delta O = 5^2 + 6^2 + \dots + 17^2 + 16^2 - 2645 = 335$$

Υπολογισμός αθροίσματος τετραγώνου των επεμβάσεων:

$$AT_{\varepsilon\pi} = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i.}^2}{b} - \Delta O = \frac{35^2 + 55^2 + 75^2 + 65^2}{5} - 2645 = 175$$

Υπολογισμός αθροίσματος τετραγώνου των ομάδων:

$$AT_{Ομ} = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{a} - \Delta O = \frac{30^2 + 40^2 + 46^2 + 54^2 + 60^2}{4} - 2645 = 138$$

Υπολογισμός αθροίσματος τετραγώνου του υπολοίπου:

$$AT_{υπ} = AT_{συν} - AT_{επ} - AT_{Ομ} = 335 - 175 - 138 = 22$$

Πηγή Παρα/τητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	Δοκιμασία F	Κρίσιμη τιμή F
Επεμβάσεις	3	175	58,33	31,81***	3,49
Ομάδες	4	138	34,5	18,81***	3,26
Υπόλοιπο	12	22	1,83		
Σύνολο	19	335			

Επειδή η τιμή F των επεμβάσεων (31,81) είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή του F του πίνακα (3,24), απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και επομένως οι επεμβάσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Επιπλέον επειδή το F των ομάδων είναι σημαντικό, η ομαδοποίηση είναι επιτυχής και σωστά χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο σχέδιο.



Υπολογισμός συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  (coefficient of determination)

$$R^2 = \frac{AT_{\text{μοντλο}}}{AT_{\text{συν.}}} = \frac{AT_{\text{επεμβ.}} + AT_{\text{ομ.}}}{AT_{\text{συν.}}} = \frac{313}{335} = 0,934$$

Χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μοντέλο (Τ.Π.Ο.), εξηγήθηκε το 93,4% της συνολικής παραλλακτικότητας.

Υπολογισμός συντελεστή παραλλακτικότητας  $CV\%$

$$CV = \frac{s}{\bar{Y}_{..}} = \frac{\sqrt{MT_{\nu\pi}}}{\bar{Y}_{..}} = \frac{\sqrt{1,83}}{11,5} = 0,117$$

Ο συντελεστής παραλλακτικότητας  $CV\%$  του πειράματος είναι 11,7%.

Υπολογισμός έντιμης σημαντικής διαφοράς του Tukey για την σύγκριση των μέσων των επεμβάσεων.

$$HSD = q_{\alpha, pmax, BE\nu\pi} \cdot \sqrt{\frac{MT\nu\pi}{n}} = 4,198 \cdot \sqrt{\frac{1,83}{5}} = 2,54$$

Επέμβαση	Μέση Τιμή	
C	15	a
D	13	ab
B	11	b
A	7	c

Ο έλεγχος Tukey-Αθροιστικότητας (Tukey's one degree of freedom test for non-additivity) χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των επεμβάσεων με τις ομάδες ή ότι η επίδραση των επεμβάσεων και των ομάδων στην μεταβλητή απόκρισης είναι **αθροιστική** ή **προσθετική** (additivity).

Το γραμμικό πρότυπο είναι το εξής:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \lambda \cdot \tau_i \cdot \beta_j + \epsilon_{ij}$$

όπου  $\lambda$  είναι ο συντελεστής αλληλεπίδρασης μεταξύ κύριων επιδράσεων των επεμβάσεων και των ομάδων.

Ο έλεγχος της υπόθεσης είναι:  $H_0 : \lambda = 0$  vs  $H_1 : \lambda \neq 0$

Το κριτήριο της δοκιμής υπολογίζεται ως εξής:

$$F = \frac{AT_{\alpha\theta\rho.}/1}{AT_{\text{καταλ.}}/BE_{\text{καταλ.}}}$$

όπου

$$AT_{\alpha\theta\rho.} = \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})\right)^2}{\sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2}$$

$$AT_{\text{καταλ.}} = AT_{\text{συνν.}} - AT_{\text{επεμβ.}} - AT_{\text{ομ.}} - AT_{\alpha\theta\rho.}$$

	Ομάδες							
Επεμβάσεις	1	2	3	4	5	$\bar{Y}_i$	$\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..}$	$(\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$
A	5	6	7	8	9	7	-4,5	20,25
B	6	10	11	12	16	11	-0,5	0,25
C	11	12	16	17	19	15	3,5	12,25
D	8	12	12	17	16	13	1,5	2,25
$\bar{Y}_j$	7,5	10	11,5	13,5	15	$\bar{Y}_{..} = 11,5$		(= 35)
$\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..}$	-4	-1,5	0	2	3,5			
$(\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})^2$	16	2,25	0	4	12,25	(= 34,5)		
$\sum_{i=1}^a Y_{ij}(\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})$	25 <sup>1</sup>	28	37	43	42			
$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}(\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})(\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})$	-100	-42	0	86	147	(= 91)		

$$^1 = 5 \times (-4,5) + 6 \times (-0,5) + 11 \times 3,5 + 8 \times 1,5 = 25$$

$$\sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 = 35 \text{ και } \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 = 34,5$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij} (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) = 91$$

επομένως

$$AT_{\alpha\theta\rho.} = \frac{91^2}{35 \cdot 34,5} = 6,9$$

Υπολογισμός νέου υπολοίπου (ή κατάλοιπα):

$$AT_{\text{καταλ.}} = 335 - 175 - 138 - 6,9 = 15,1$$

Πηγή Παρ/τητας	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	Δοκιμασία F	Κρίσιμη τιμή F
Επεμβάσεις	3	175	58,33	31,81***	3,49
Ομάδες	4	138	34,5	18,81***	3,26
(Υπόλοιπο)	(12)	(22)	(1,83)		
Αθροιστικότητα	1	6,9	6,9	4,99*	4,84
Κατάλοιπα	11	15,1	1,37		
Σύνολο	19	335			

Επειδή η  $F_{\alpha\theta\rho} > F_{cr}$ , απορρίπτεται η  $H_0$ . Στην περίπτωση αυτή, ο ερευνητής θα πρέπει να ελέγξει για την αιτία της αλληλεπίδρασης και για να προχωρήσει στην ανάλυση, θα πρέπει να κάνει τις κατάλληλες μετατροπές (π.χ. λογαριθμική) ή να την αγνοήσει επειδή είναι οριακά σημαντική (pvalue 0.047).

Όταν υπάρχει απώλεια μίας παρατήρησης για κάποιον λόγο που δεν σχετίζεται με το πείραμα, θα πρέπει η τιμή αυτή να αντικατασταθεί, αν ο ερευνητής θέλει να συνεχίσει την ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ομάδες. Για κάθε παρατήρηση που λείπει χάνεται ένας βαθμός ελευθερίας από το σύνολο. Όταν έχει χαθεί μία παρατήρηση, η τιμή που θα την αντικαταστεί υπολογίζεται ως εξής:

$$Y_{ij} = \frac{bY_{.j} + aY_{i.} - Y_{..}}{(a-1)(b-1)}$$

όπου  $b$  ο αριθμός των ομάδων,  $a$  ο αριθμός των επεμβάσεων,  $Y_{.j}$  το σύνολο των τιμών της ομάδας από όπου λείπει η παρατήρηση,  $Y_{i.}$  το σύνολο των τιμών της επέμβασης από όπου λείπει η παρατήρηση και  $Y_{..}$  το σύνολο των τιμών του πειράματος



Αν η δοκιμασία  $F$  είναι σημαντική, για την σύγκριση της επεμβάσης που λείπει η παρατήρηση με τις υπόλοιπες, το τυπικό σφάλμα της διαφοράς των μέσων επεμβάσεων δίνεται από τον τύπο:

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{s^2 \left( \frac{2}{b} + \frac{a}{b(b-1)(a-1)} \right)}$$

ενώ για τις υπόλοιπες συγκρίσεις επεμβάσεων, το τυπικό σφάλμα της διαφοράς των μέσων επεμβάσεων δίνεται από τον τύπο:

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2s^2}{b}}$$

# Εισαγωγή δεδομένων

The screenshot shows the jamovi software interface with a data table. The window title is "jamovi - rcbd". The top menu bar includes "Data" and "Analyses". The "Analyses" menu is open, showing options like Exploration, T-Tests, ANOVA, Regression, Frequencies, Factor, Base R, and R. The data table has three columns: "Tr", "Block", and "Y". The data is as follows:

	Tr	Block	Y
1	A	1	5
2	A	2	6
3	A	3	7
4	A	4	8
5	A	5	9
6	B	1	6
7	B	2	10
8	B	3	11
9	B	4	12
10	B	5	16
11	C	1	11
12	C	2	12
13	C	3	16
14	C	4	17
15	C	5	19
16	D	1	8
17	D	2	12
18	D	3	12
19	D	4	17
20	D	5	16
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

The status bar at the bottom shows "Ready", "Filter 0", "Row count: 22", "Filtered 0", "Deleted 0", "Added 0", and "Cells edited 0".

# Τυχαιοποίηση επεμβάσεων σύμφωνα με το σχέδιο ΤΠΟ

The screenshot displays the jamovi software interface for configuring a Randomized Complete Block Design. The main window is titled "jamovi - rcbd". The top menu bar includes "Data", "Analyses", and "Edit". The toolbar contains icons for various statistical tests: Exploration, T-Tests, ANOVA, Regression, Frequencies, Factor, jStatsPlot, Base R, jpower, Randomizer, R, and Statist. A "Modules" button is also present.

The "Randomized Complete Block Design" configuration panel on the left shows the following settings:

- Factors: "block" and "Y" are listed in the left pane, and "trt" is selected in the right pane.
- Replicates (Blocks): 5
- Design properties:  Design properties
- Degrees of freedom:  Degrees of freedom
- Design map:  Design map
- Plot map:  Plot map
- Layout: Separate blocks (dropdown menu)
- Map legend:  Map legend
- Seed: 0

The "Plot Map" visualization on the right shows a 5x3 grid of treatment assignments across five blocks and three replicates. The treatments are color-coded: A (blue), B (grey), C (orange), and D (green).

Block	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3
Block 1	D	A	
Block 2		B	A
Block 3	D		B
Block 4	A	D	
Block 5		C	A

A legend titled "Treatments" shows the color coding: A (blue), B (grey), C (orange), and D (green).

# Έλεγχος κανονικότητας

jamovi - rcbl

Analyses Edit

Exploration T-Tests ANOVA Regression Frequencies Factor JStatsPlot Base R jpower Randomizer R Statkat Modules

## ANOVA

Model Fit

Overall model test

Effect Size

$\eta^2$   partial  $\eta^2$    $\omega^2$

Model

Components

trt  
block

Model Terms

trt  
block

Sum of squares Type 3

Assumption Checks

Homogeneity test

Normality test

Q-Q Plot

Contrasts

Post Hoc Tests

### Assumption Checks

Normality tests

	statistic	p
Shapiro-Wilk	0.927	0.134
Kolmogorov-Smirnov	0.174	0.583
Anderson-Darling	0.525	0.159

Note: Additional results provided by moretests

### Q-Q Plot

The Q-Q Plot displays standardized residuals on the y-axis (ranging from -2 to 2) against theoretical quantiles on the x-axis (ranging from -2 to 2). A solid diagonal line represents the expected normal distribution. The data points are plotted as black dots and closely follow this line, suggesting that the residuals are normally distributed.

# Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας και αθροιστικότητας (Rj editor)

The screenshot displays the Rj Editor interface with the following components:

- Top Bar:** Contains menu options (Data, Analyses, Edit) and a toolbar with icons for various statistical functions like Exploration, T-Tests, ANOVA, Regression, Frequencies, Factor, JStatsPlot, Base R, jpower, Randomizer, R, and Statist.
- Rj Editor:** A central window with a right-pointing arrow icon and a gear icon. It contains R code for data loading, model fitting, and hypothesis testing.
- Output Panel:** Displays the results of the Levene test and Tukey test, including ANOVA tables and significance codes.
- References:** A list of two references at the bottom right of the output panel.

```
1 # Εισαγωγή δεδομένων
2
3 data<-read.csv("C:/Users/ak/Desktop/rcbd.txt", sep="")
4 attach(data)
5
6 # Εισαγωγή μοντέλου
7
8 fit<-aov(Y~trt+factor(block), data)
9
10 # Υπολογισμός υπολοίπων και τιμών F για τον έλεγχο Levene
11
12 residuals=residuals(fit)
13 Levene_2=abs(residuals)
14 data2=cbind(data, Levene_2)
15
16 # Έλεγχος Levene
17
18 Levene_test<-aov(Levene_2~trt, data2)
19 anova(Levene_test)
20
21 # Υπολογισμός μέσων επεμβάσεων και ομάδων
22
23 trt_mean<-tapply(data$Y, data$trt, mean)
24 block_mean<-tapply(data$Y, data$block, mean)
25
26 # Υπολογισμός κύριων επιδράσεων και αλληλεπίδρασης
27
28 trt_hat<-rep((mean(Y)-trt_mean), each=length(block_mean))
29 block_hat<-rep((mean(Y)-block_mean), length(trt_mean))
30 Nonadditivity<-trt_hat*block_hat
31
32 # Επικόλληση νέων στηλών στον πίνακα δεδομένων
33
34 data<-cbind(data, trt_hat, block_hat, Nonadditivity)
35
36 # Έλεγχος αθροιστικότητας Tukey
37
38 fit<-lm(Y~trt+factor(block)+Nonadditivity, data)
39 anova(fit)                               Ctrl + Shift + Enter to run
```

**R**

Analysis of Variance Table

Response: Levene\_2

trt	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
3	0.55	0.183	0.42	0.74	
Residuals	16	7.00	0.437		

Analysis of Variance Table

Response: Y

trt	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	3	175.0	58.3	42.38	2.5e-06 ***
factor(block)	4	138.0	34.5	25.86	1.8e-05 ***
Nonadditivity	1	6.9	6.9	4.98	0.047 *
Residuals	11	15.1	1.4		

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

**References**

- [1] The jamovi project (2021). *jamovi*. (Version 1.8) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.0) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2021-04-01).

# Ανάλυση διακύμανσης

The screenshot shows the JAMOVI software interface with the 'Analyses' menu open. The 'ANOVA' analysis is selected. The 'Dependent Variable' is 'Y', and the 'Fixed Factors' are 'Tr' and 'Block'. The 'Effect Size' options are  $\eta^2$  (checked), partial  $\eta^2$ , and  $\omega^2$ . The 'Model' is set to 'Type 3'. The 'ANOVA' table shows the following results:

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Tr	175.0	3	58.33	31.8	<.001	0.522
Block	138.0	4	34.50	18.8	<.001	0.412
Residuals	22.0	12	1.83			

Below the table, there is a 'References' section with three entries:

- [1] The jamovi project (2019). jamovi. (Version 1.1) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2018). R: A Language and environment for statistical computing. [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/>.
- [3] Fox, J., & Weisberg, S. (2018). car: Companion to Applied Regression. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=car>.

# Πολλάπλές συγκρίσεις μέσων (LSD και HSD-Tukey)

The screenshot shows the jamovi software interface with the ANOVA analysis window open. The window is titled "ANOVA" and contains several sections:

- Model:** A list of factors to include in the model.
- Assumption Checks:** A section for checking the assumptions of the ANOVA test.
- Contrasts:** A section for defining contrasts for the factors.
- Post Hoc Tests:** A section for selecting post-hoc tests. In this case, "Tr" is selected for the "Block" factor.
- Correction:** A section for selecting a correction for the ANOVA test. "No correction" and "Tukey" are selected.
- Effect Size:** A section for selecting an effect size measure. "Cohen's d" is selected.
- Estimated Marginal Means:** A section for selecting which factors to display estimated marginal means for.

The results pane on the right shows the ANOVA table and the Post Hoc Tests table.

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Tr	175.0	3	58.33	31.8	<.001	0.522
Block	138.0	4	34.50	18.8	<.001	0.412
Residuals	22.0	12	1.83			

[H]

### Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - Tr

Comparison		Mean Difference	SE	df	t	p	Pukey
A	- B	-4.00	0.856	12.0	-4.67	<.001	0.003
	- C	-8.00	0.856	12.0	-9.34	<.001	<.001
	- D	-6.00	0.856	12.0	-7.01	<.001	<.001
B	- C	-4.00	0.856	12.0	-4.67	<.001	0.003
	- D	-2.00	0.856	12.0	-2.34	0.038	0.144
C	- D	2.00	0.856	12.0	2.34	0.038	0.144

[H]

