

t – test για εξαρτημένα δείγματα
(paired t-test)

Ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα
(One Way repeated measures)

Ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις
ως προς δύο παράγοντες
εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος
(Two Way repeated measures)

Γούργουλης Βασίλης, Ph.D.
Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Σ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

t – test για εξαρτημένα δείγματα (paired t-test)

N802_D09_01_t-test paired_data

t – test για εξαρτημένα δείγματα
(paired t-test)

Σενάριο:

Μετρήσαμε
στην αρχή και στο τέλος
ενός προγράμματος άσκησης
το σωματικό βάρος (weight)
σε 10 άτομα.

Τι μετρήσαμε;

Εξαρτημένη μεταβλητή =
Σωματικό βάρος

Σε ποιούς την μετρήσαμε;

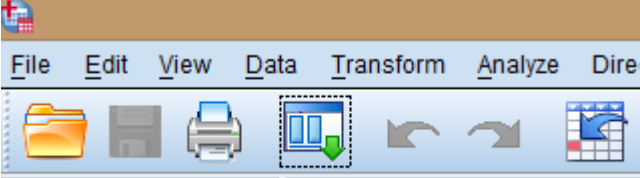
= στα **ίδια άτομα** σε κάθε μέτρηση =
Εξαρτημένα δείγματα

Πότε την μετρήσαμε;

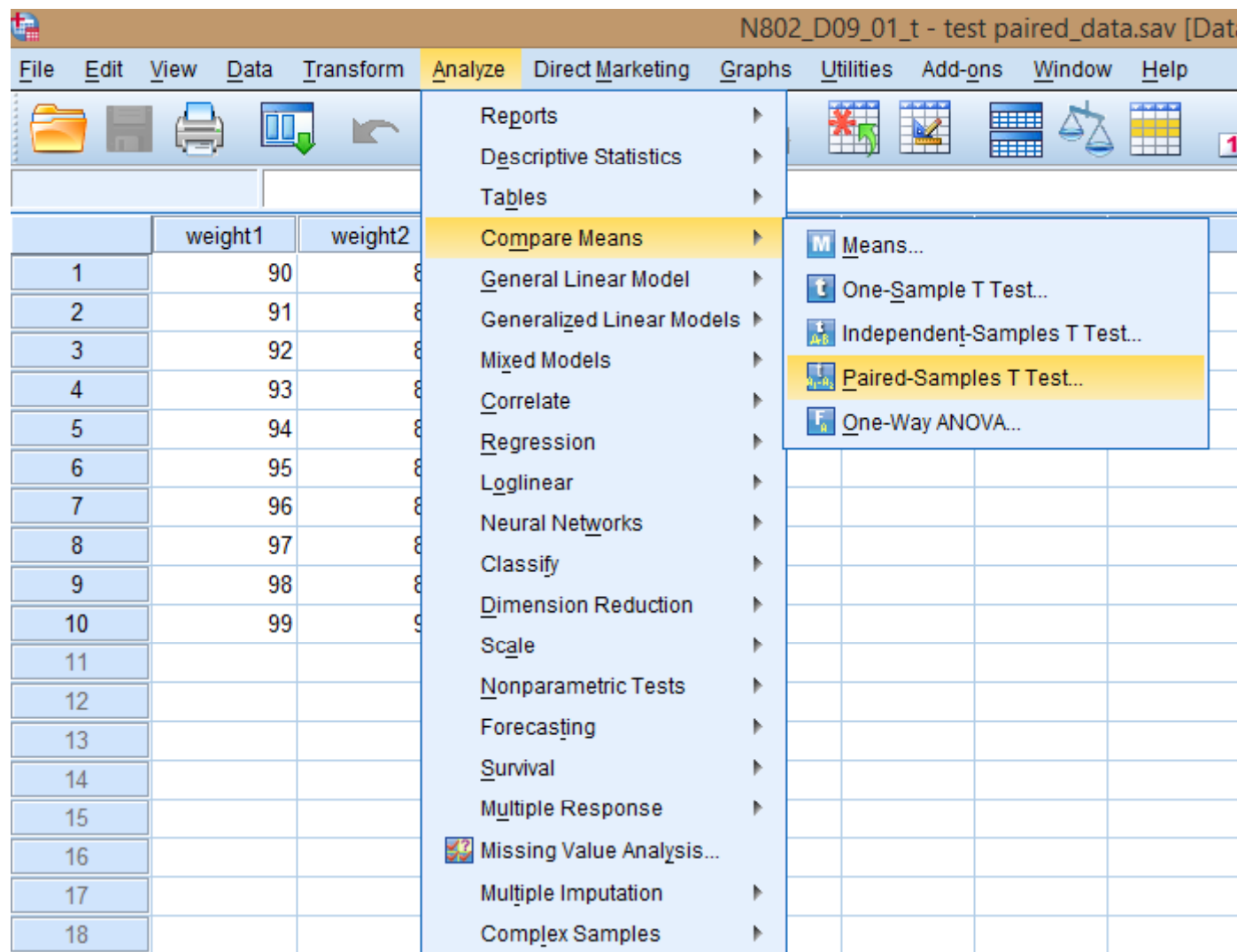
Σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές :

Ανεξάρτητη μεταβλητή –
επαναλαμβανόμενος παράγοντας =
Χρονική στιγμή μέτρησης

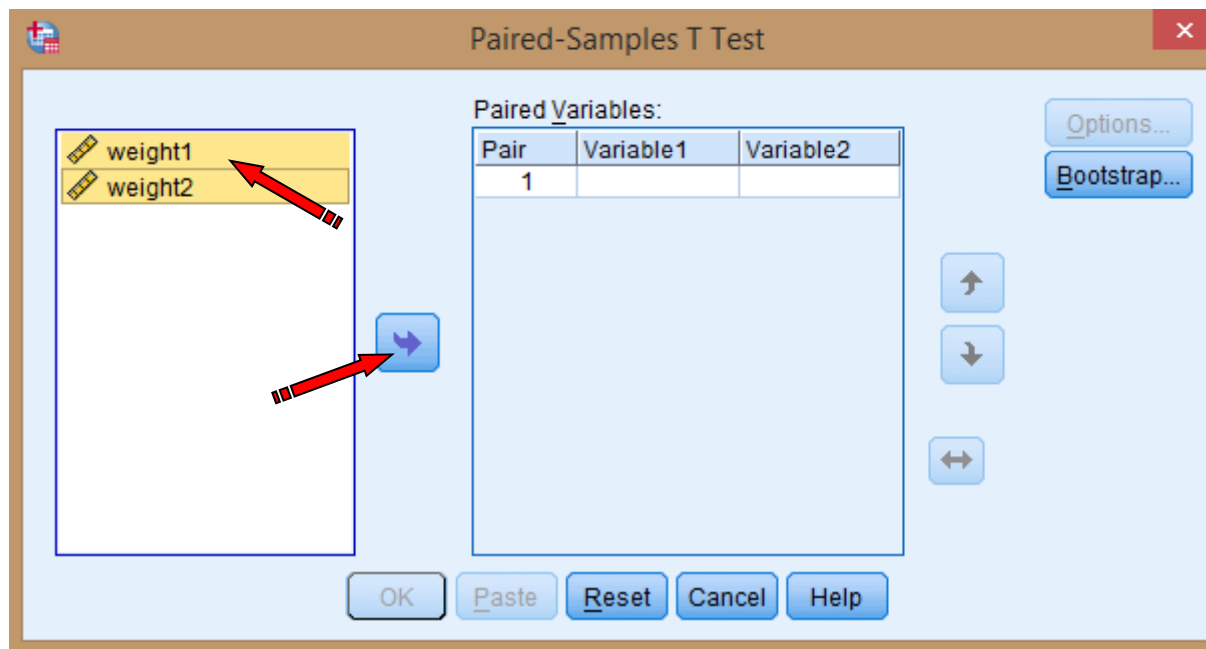
2 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις = **t – test paired**



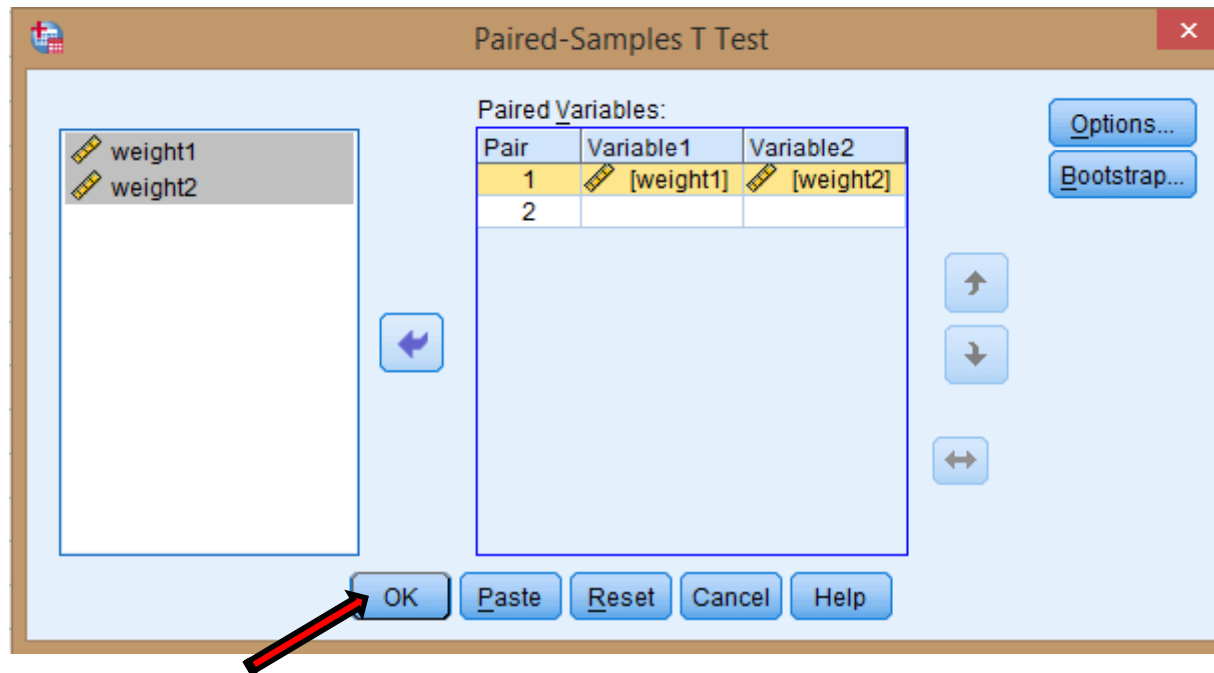
	weight1	weight2	var
1	90	82	
2	91	83	
3	92	84	
4	93	85	
5	94	86	
6	95	83	
7	96	82	
8	97	85	
9	98	87	
10	99	90	



Καθορισμός – εισαγωγή
ζεύγους εξαρτημένων – επαναλαμβανόμενων μετρήσεων
– μεταβλητών (Paired Variable)



Καθορισμός – εισαγωγή
ζεύγους εξαρτημένων – επαναλαμβανόμενων μετρήσεων
– μεταβλητών (Paired Variable)



N802_D09_02_t-test paired_output

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 weight1	94,50	10	3,028	,957
weight2	84,70	10	2,497	,790

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	weight1 - weight2	9,800	2,251	,712	8,190	11,410	13,768	9	,000

Από την εφαρμογή του t-test για εξαρτημένα δείγματα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($t_9 = 13.768$; $p < 0.05$) στο σωματικό βάρος, μεταξύ της 1^{ης} μέτρησης (94.50 ± 3.028 kg) και της 2^{ης} μέτρησης (84.70 ± 2.497 kg)

Ανάλυση διακύμανσης
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα
(One Way repeated measures)

N802_D09_03_One Way Repeated Measures_data

Ανάλυση διακύμανσης
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα
(One Way repeated measures)

Σενάριο:

Μετρήσαμε
στην αρχή (weight1),
στο τέλος (weight2) και
ένα μήνα μετά τη διακοπή (weight3)
ενός προγράμματος άσκησης
το σωματικό βάρος
σε 10 άτομα.

Τι μετρήσαμε;

Εξαρτημένη μεταβλητή =
Σωματικό βάρος

Σε ποιούς την μετρήσαμε;

= στα **ίδια άτομα** σε κάθε μέτρηση =
Εξαρτημένα δείγματα

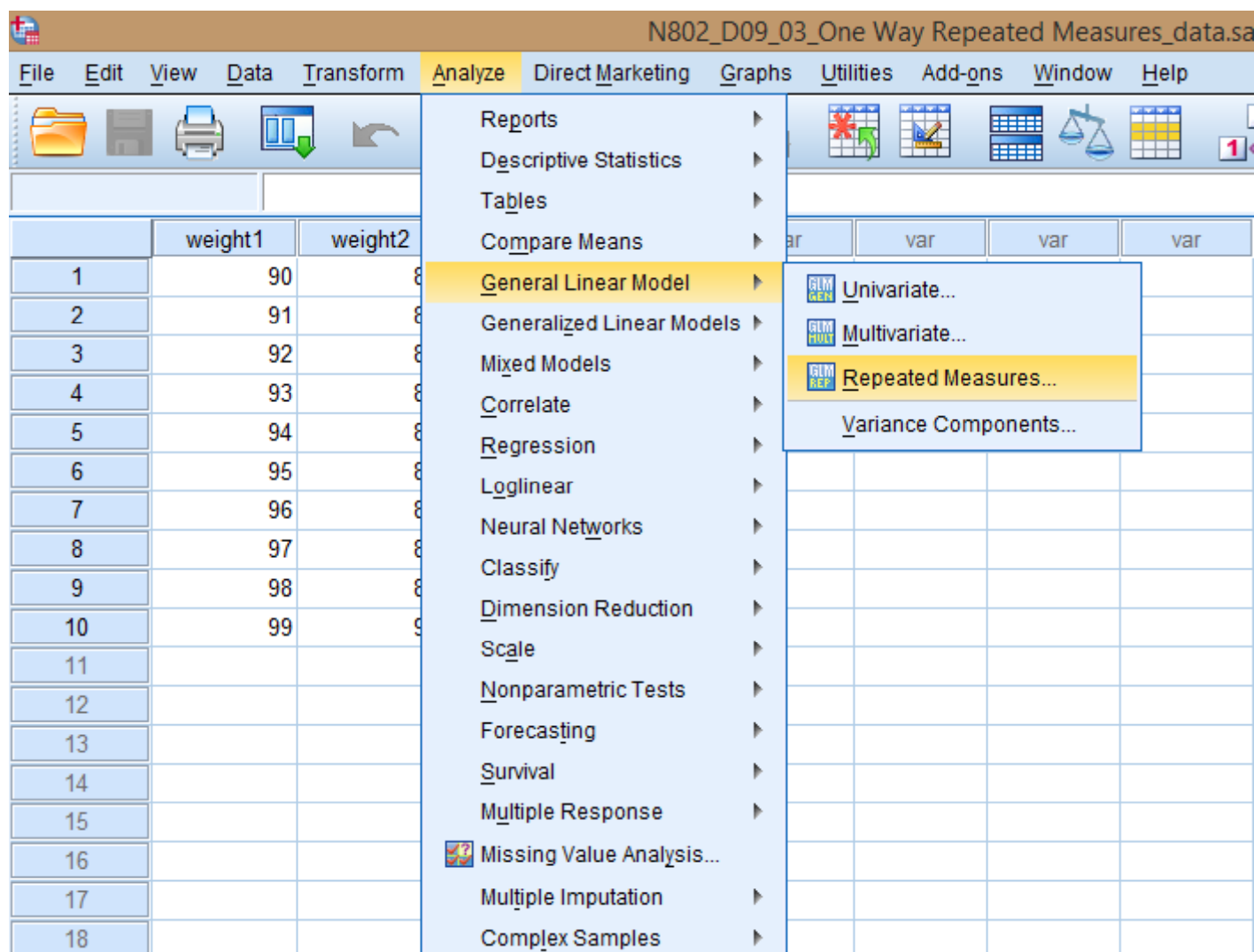
Πότε την μετρήσαμε;

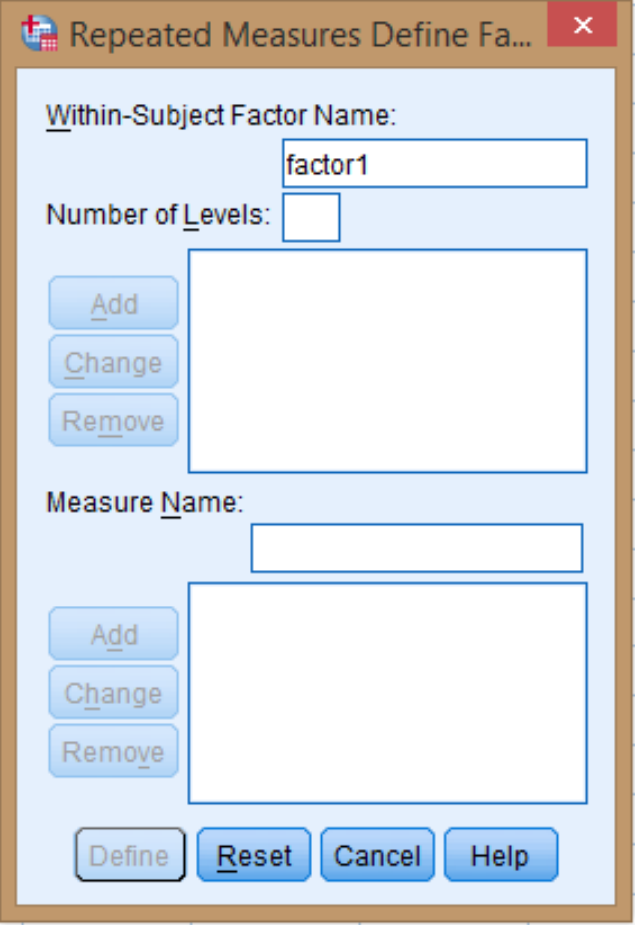
Σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές :
Ανεξάρτητη μεταβλητή –
επαναλαμβανόμενος παράγοντας =
Χρονική στιγμή μέτρησης

3 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις =
One Way repeated measures



	weight1	weight2	weight3	var
1	90	82	80	
2	91	83	81	
3	92	84	85	
4	93	85	82	
5	94	86	83	
6	95	83	86	
7	96	82	83	
8	97	85	80	
9	98	87	84	
10	99	90	91	





The image shows the 'Repeated Measures Define Factor' dialog box in SPSS. It has a title bar with a standard icon and a close button. The dialog is divided into two main sections. The top section is for defining a single factor, with a label 'Within-Subject Factor Name:' followed by a text box containing 'factor1'. Below this is a label 'Number of Levels:' followed by a small spinner box. To the left of a large empty list box are three buttons: 'Add', 'Change', and 'Remove'. The bottom section is for defining multiple measures, with a label 'Measure Name:' followed by a text box. Below this is another large empty list box with three buttons to its left: 'Add', 'Change', and 'Remove'. At the very bottom of the dialog are four buttons: 'Define', 'Reset', 'Cancel', and 'Help'.

Repeated Measures Define Fa...

Within-Subject Factor Name: factor1

Number of Levels:

Add Change Remove

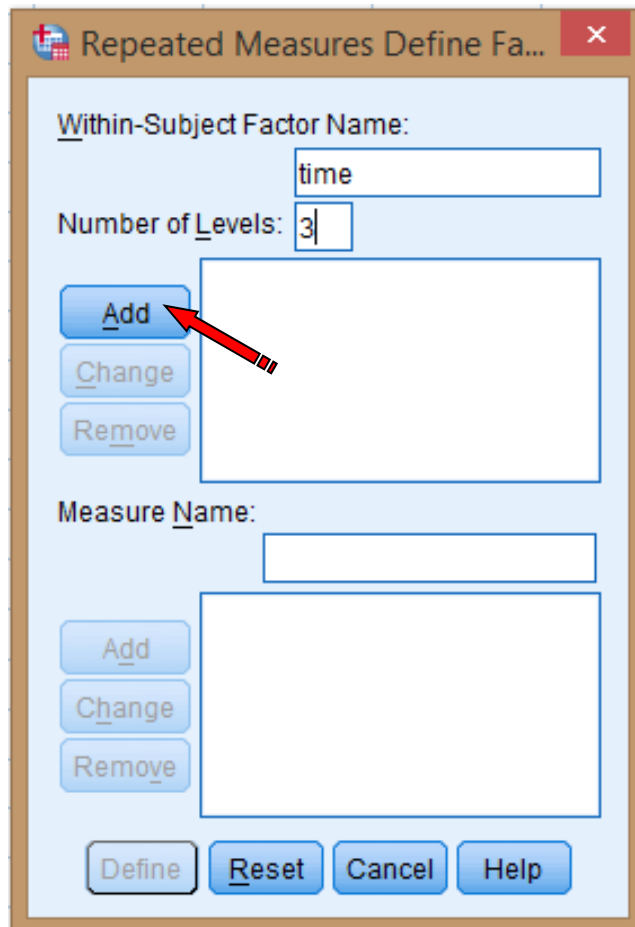
Measure Name:

Add Change Remove

Define Reset Cancel Help

Καθορισμός

- του επαναλαμβανόμενου παράγοντα και
- του αριθμού των βαθμίδων του



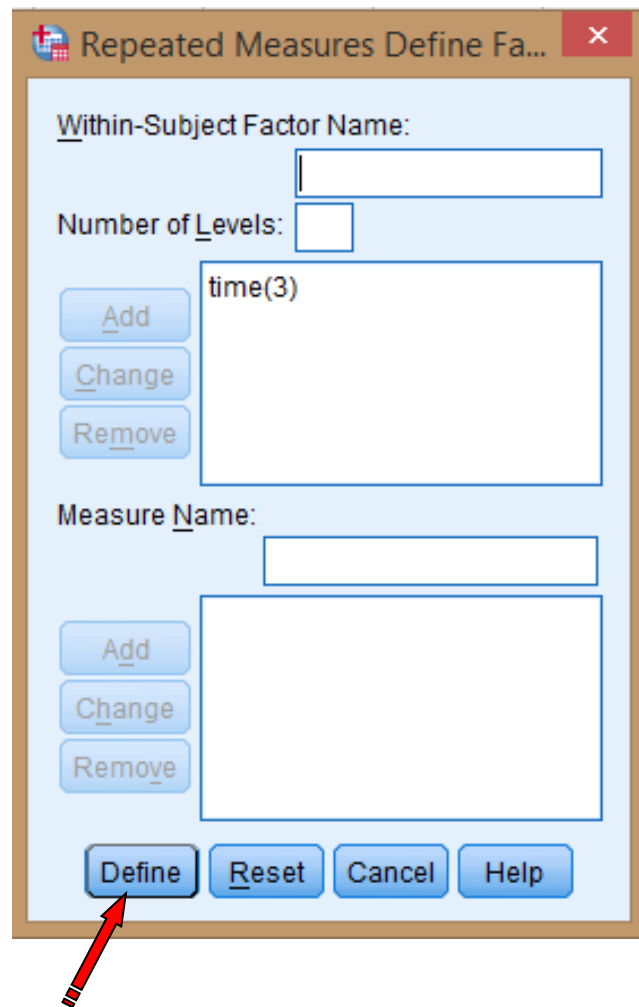
The image shows the 'Repeated Measures Define Factor' dialog box in SPSS. The 'Within-Subject Factor Name' field contains the text 'time'. The 'Number of Levels' field contains the number '3'. A red arrow points to the 'Add' button next to the 'Within-Subject Factor Name' field. Below this, there are 'Change' and 'Remove' buttons. The 'Measure Name' field is empty, and below it are 'Add', 'Change', and 'Remove' buttons. At the bottom of the dialog are 'Define', 'Reset', 'Cancel', and 'Help' buttons.

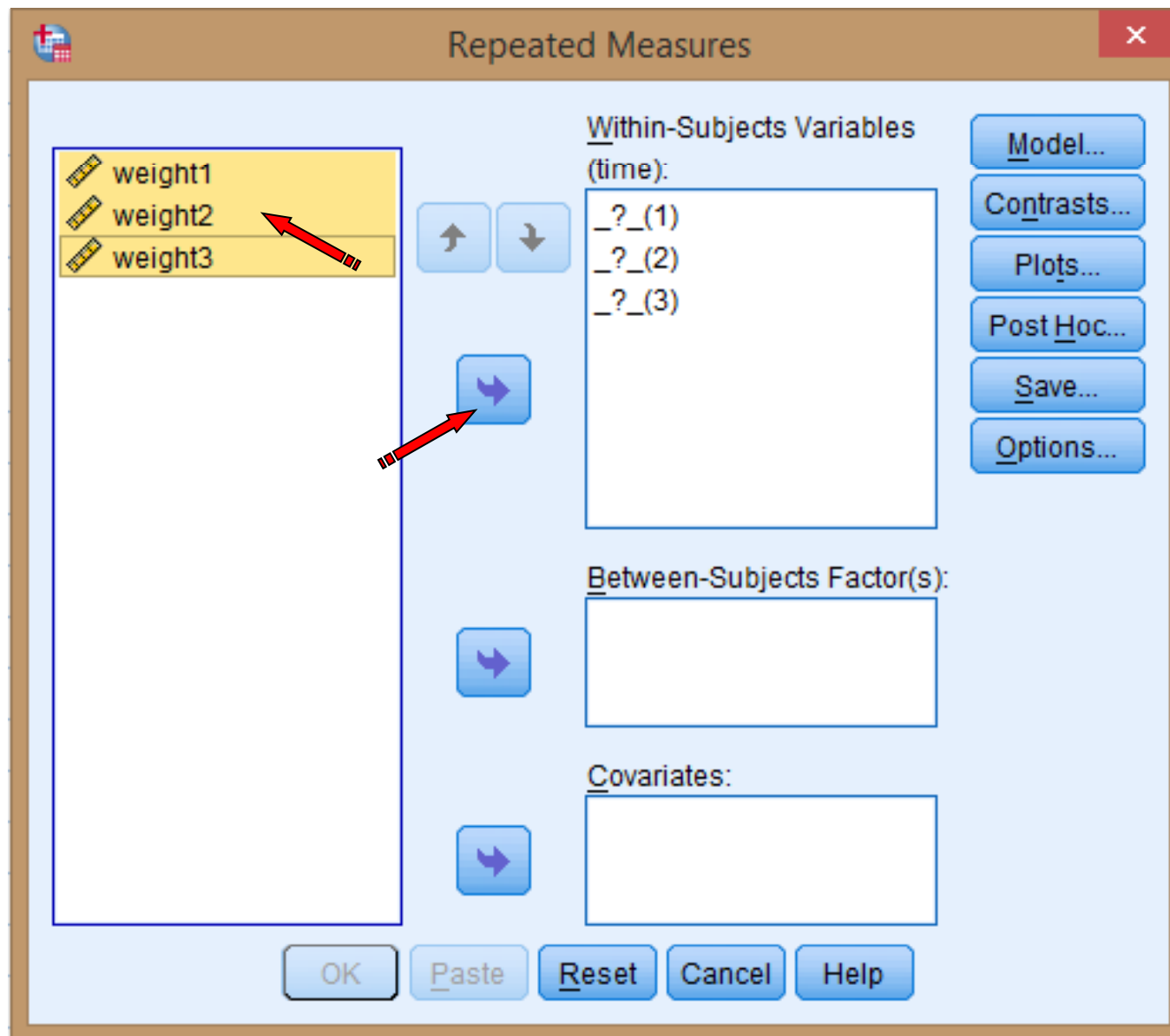
Καθορισμός

- **time** (όνομα επαναλαμβανόμενου παράγοντα)

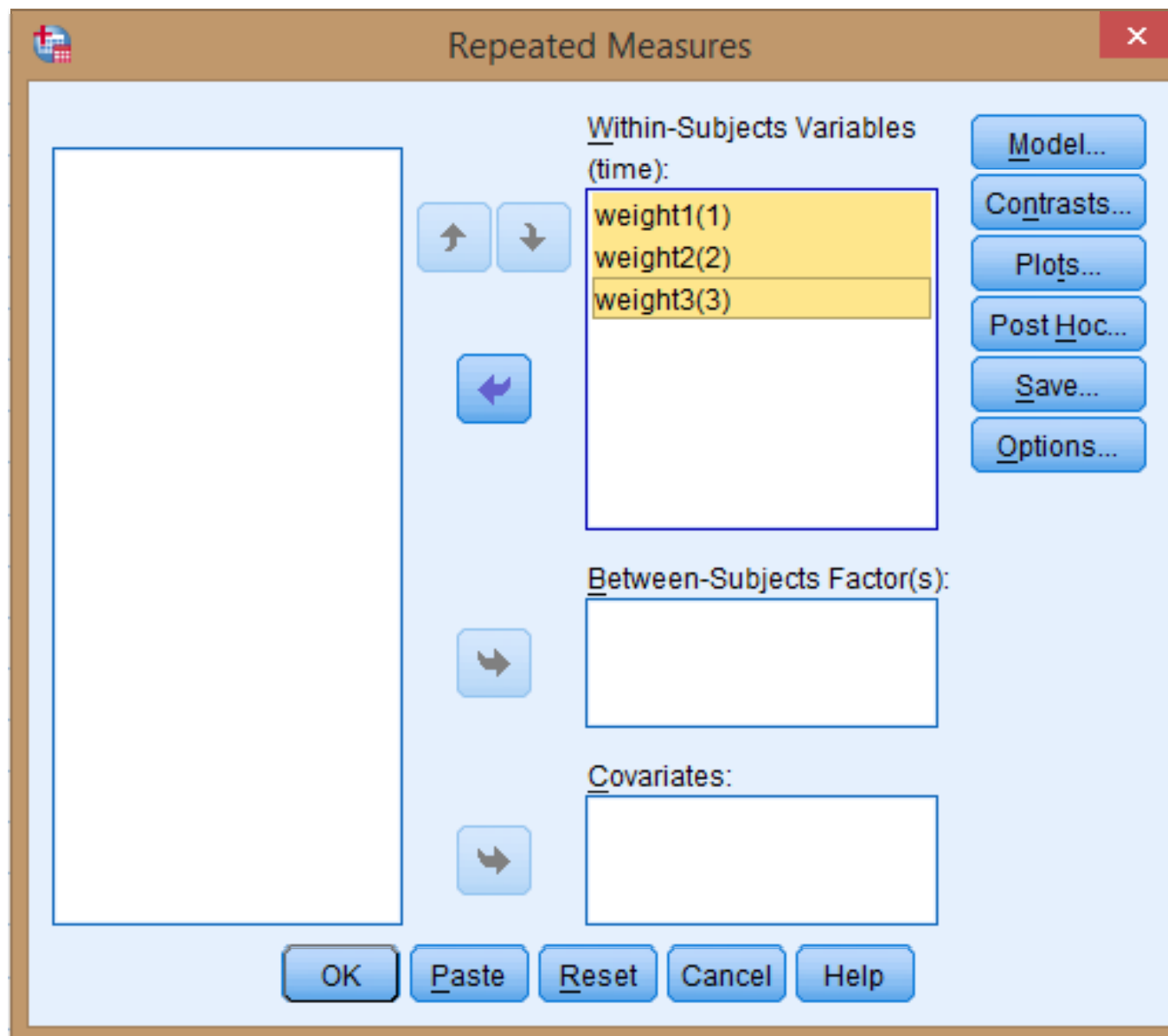
και

- **3** (βαθμίδες)





Καθορισμός βαθμίδων επαναλαμβανόμενου παράγοντα



The image shows the 'Repeated Measures' dialog box in SPSS. The window has a title bar with a close button (X) and a small icon. The main area is light blue. On the left is a large empty box for the dependent variable. To its right are three buttons: an up arrow, a down arrow, and a double left arrow. Below these are two right arrow buttons. The 'Within-Subjects Variables (time):' list contains three items: 'weight1(1)', 'weight2(2)', and 'weight3(3)', all highlighted in yellow. To the right of this list are five buttons: 'Model...', 'Contrasts...', 'Plots...', 'Post Hoc...', and 'Save...'. Below the 'Within-Subjects Variables' list is the 'Between-Subjects Factor(s):' box, which is empty. Below that is the 'Covariates:' box, also empty. At the bottom of the dialog are five buttons: 'OK', 'Paste', 'Reset', 'Cancel', and 'Help'.

Repeated Measures

Within-Subjects Variables (time):

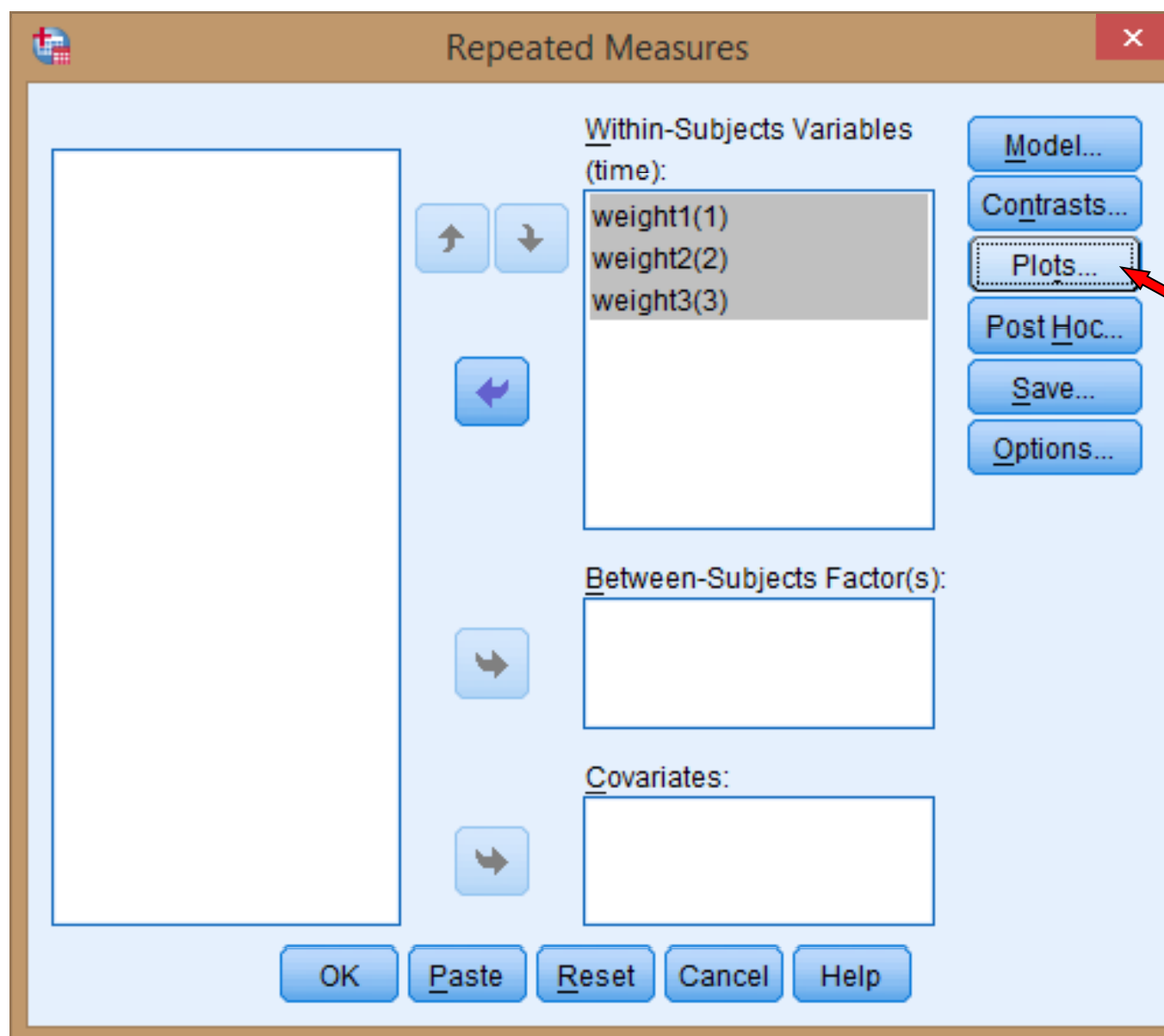
- weight1(1)
- weight2(2)
- weight3(3)

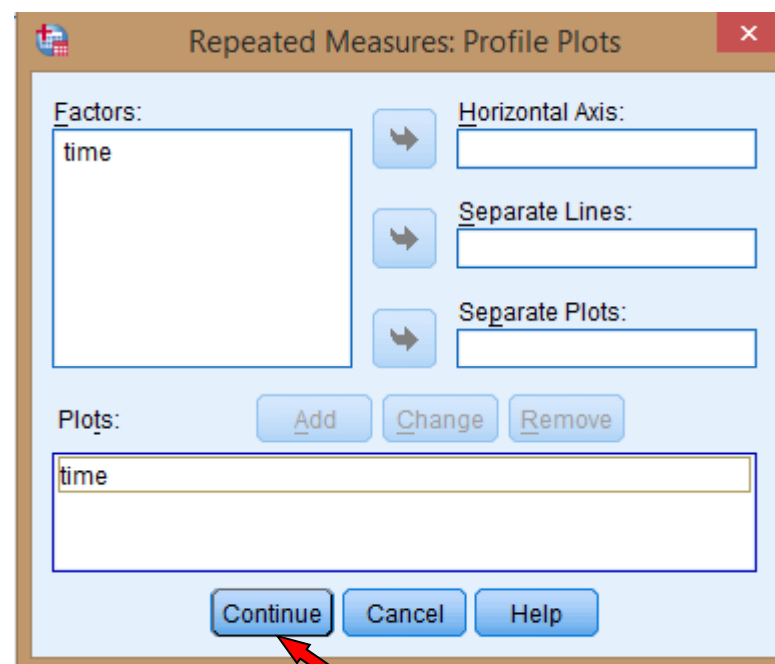
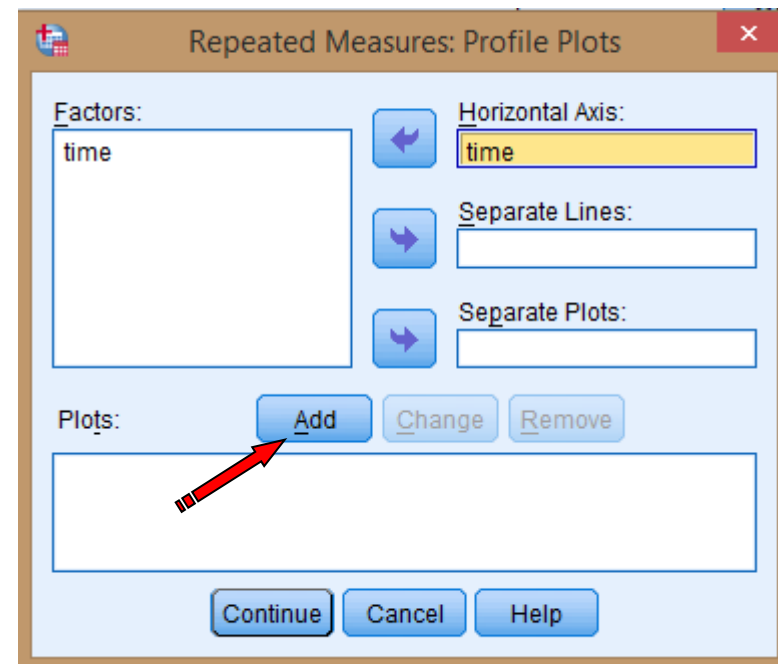
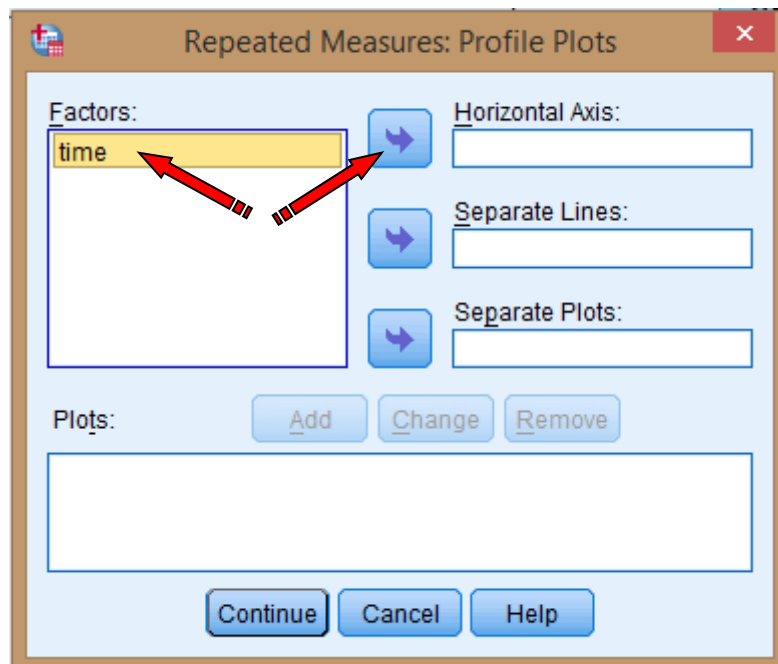
Between-Subjects Factor(s):

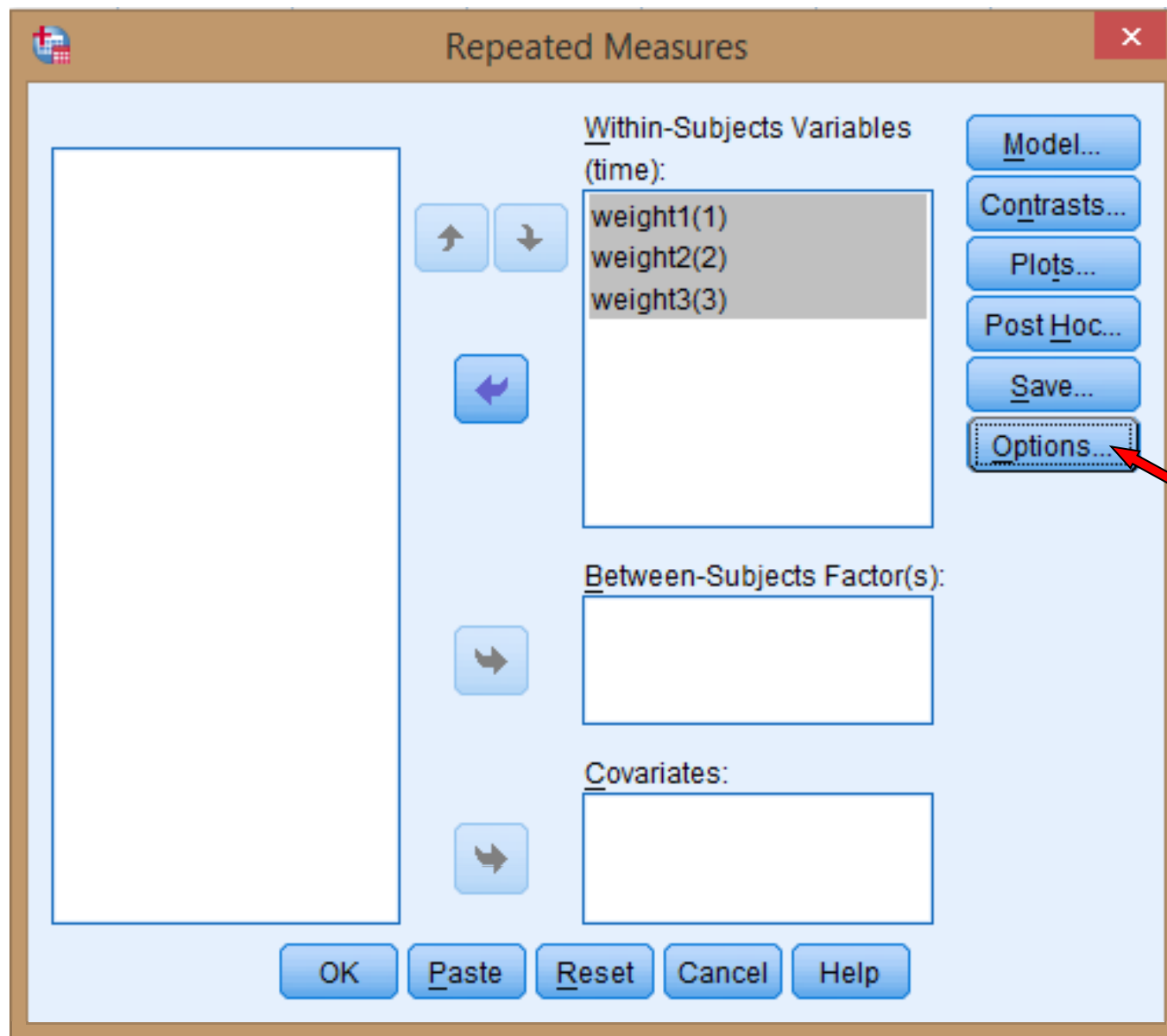
Covariates:

Model...
Contrasts...
Plots...
Post Hoc...
Save...
Options...

OK Paste Reset Cancel Help







Repeated Measures: Options

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

(OVERALL)
time

Display Means for:

☐ Compare main effects

Confidence interval adjustment:
LSD(none)

Display

☐ Descriptive statistics
☐ Estimates of effect size
☐ Observed power
☐ Parameter estimates
☐ SSCP matrices
☐ Residual SSCP matrix

☐ Transformation matrix
☐ Homogeneity tests
☐ Spread vs. level plot
☐ Residual plot
☐ Lack of fit
☐ General estimable function

Significance level: .05 Confidence intervals are 95,0 %

Continue Cancel Help

Repeated Measures: Options

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

(OVERALL)
time

Display Means for:

☐ Compare main effects

Confidence interval adjustment:
LSD(none)

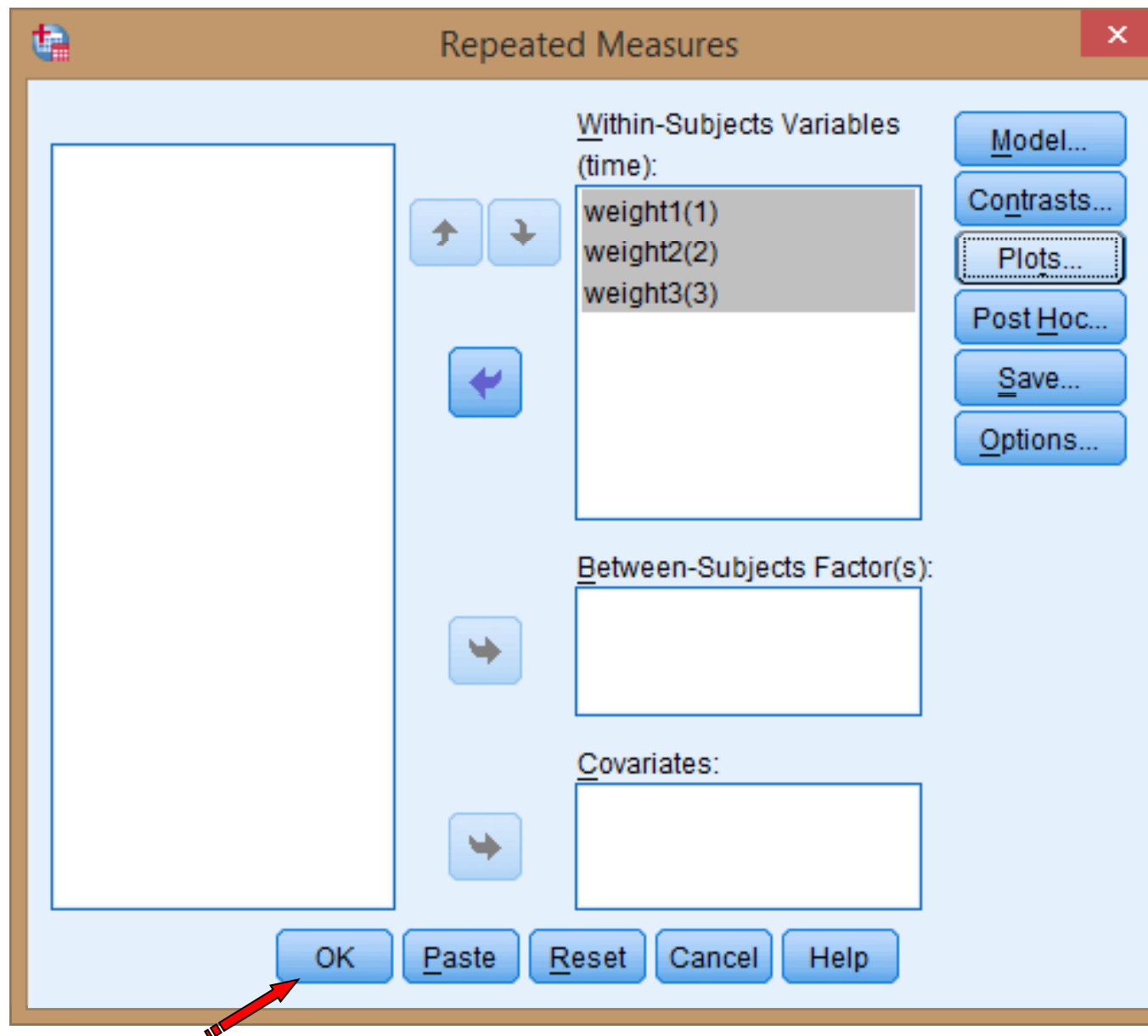
Display

☒ Descriptive statistics
☐ Estimates of effect size
☐ Observed power
☐ Parameter estimates
☐ SSCP matrices
☐ Residual SSCP matrix

☐ Transformation matrix
☐ Homogeneity tests
☐ Spread vs. level plot
☐ Residual plot
☐ Lack of fit
☐ General estimable function

Significance level: .05 Confidence intervals are 95,0 %

Continue Cancel Help



N802_D09_04_One Way Repeated Measures_output

Tests of Within-Subjects Effects

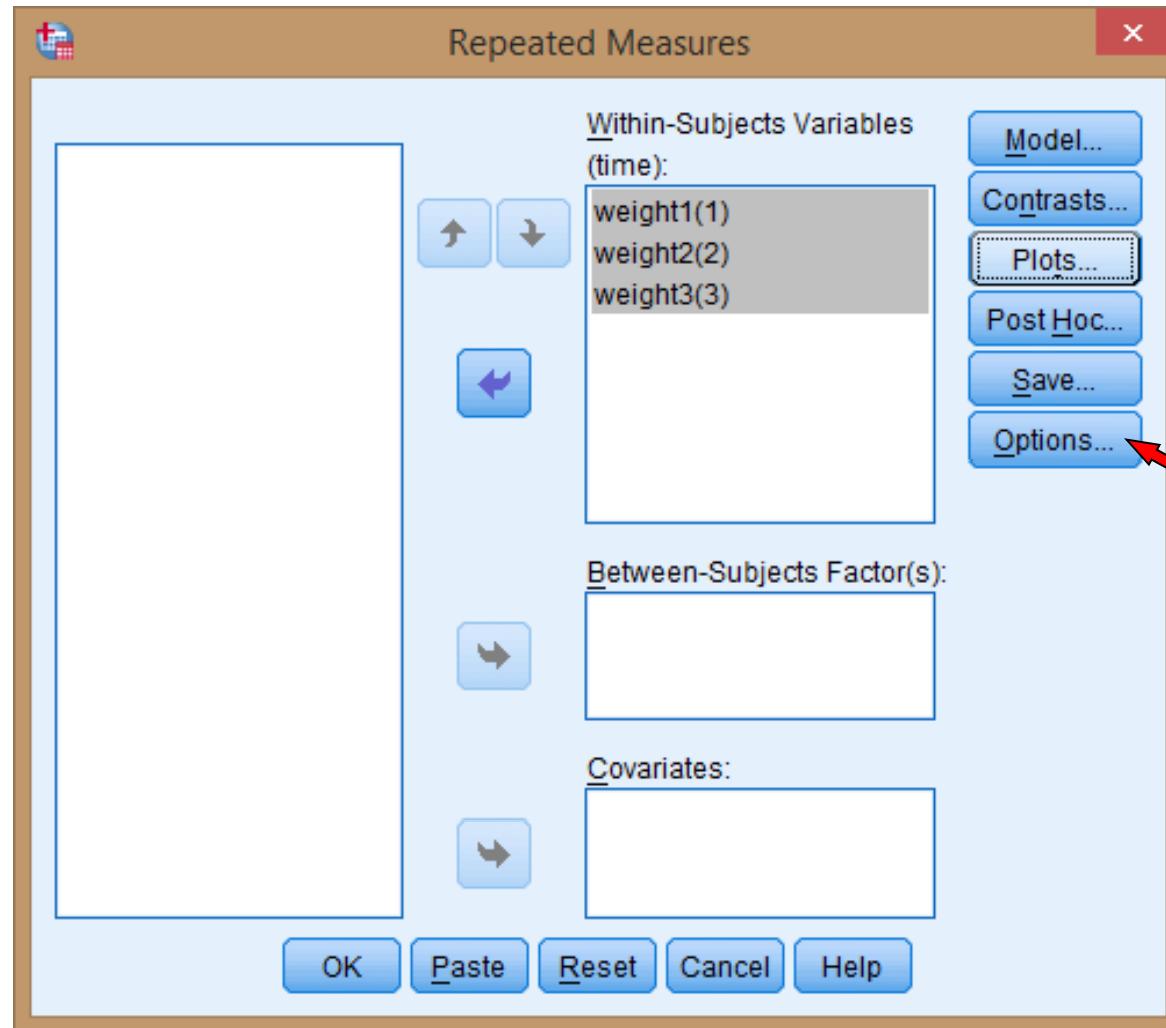
Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	728,267	2	364,133	107,332	,000
	Greenhouse-Geisser	728,267	1,803	403,823	107,332	,000
	Huynh-Feldt	728,267	2,000	364,133	107,332	,000
	Lower-bound	728,267	1,000	728,267	107,332	,000
Error(time)	Sphericity Assumed	61,067	18	3,393		
	Greenhouse-Geisser	61,067	16,231	3,762		
	Huynh-Feldt	61,067	18,000	3,393		
	Lower-bound	61,067	9,000	6,785		

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (One Way repeated measures)

διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» ($F_{2,18} = 107.332$; $p < 0.05$) στο σωματικό βάρος.

Για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των χρονικών στιγμών μέτρησης εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ...



... εφόσον έχουμε

- επαναλαμβανόμενο παράγοντα

το test πολλαπλών
συγκρίσεων
επιλέγεται
μέσα από τη
διαδικασία
Options

Repeated Measures: Options

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

(OVERALL)
time

Display Means for:

☐ Compare main effects

Confidence interval adjustment:
LSD(none)

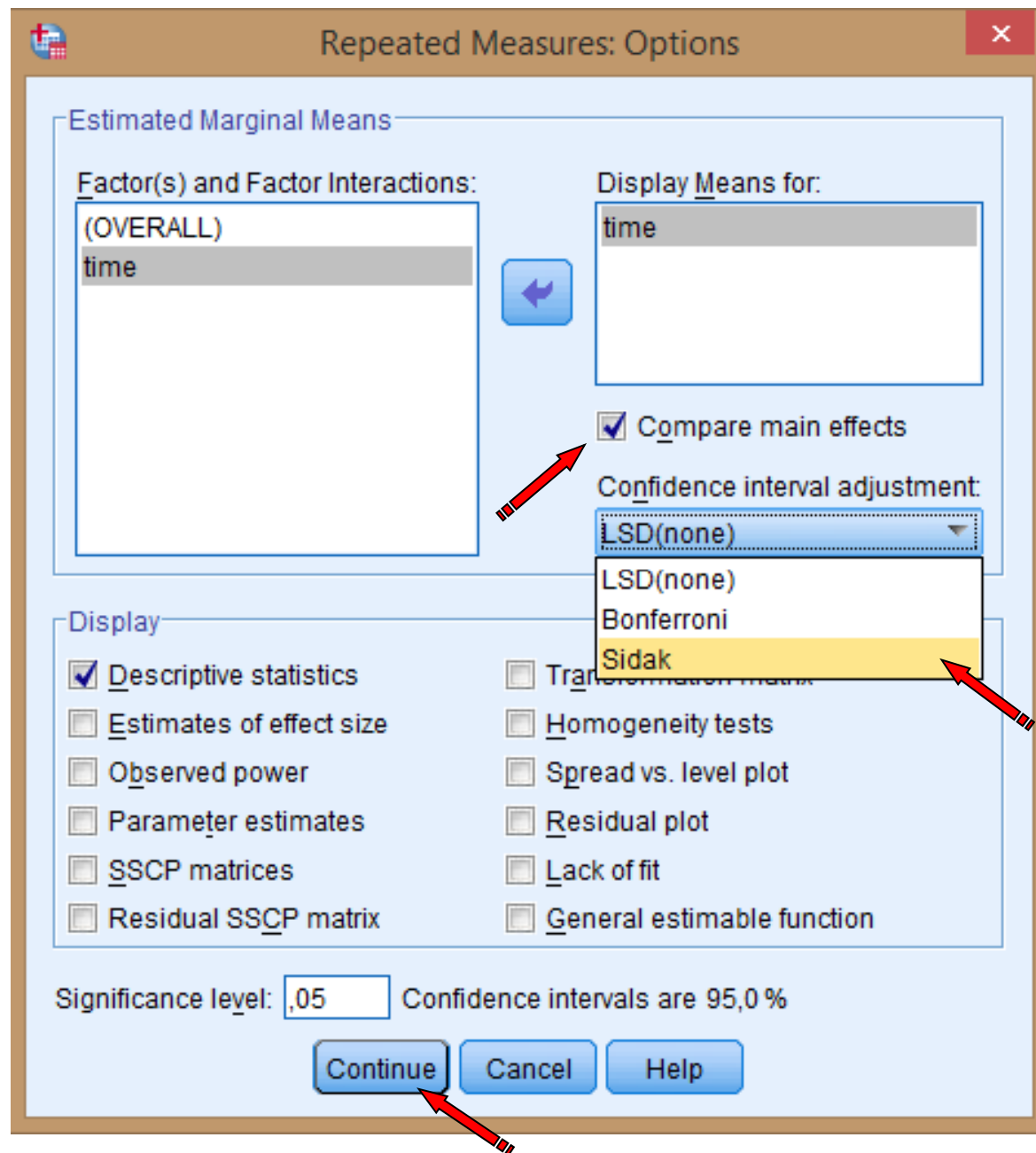
Display

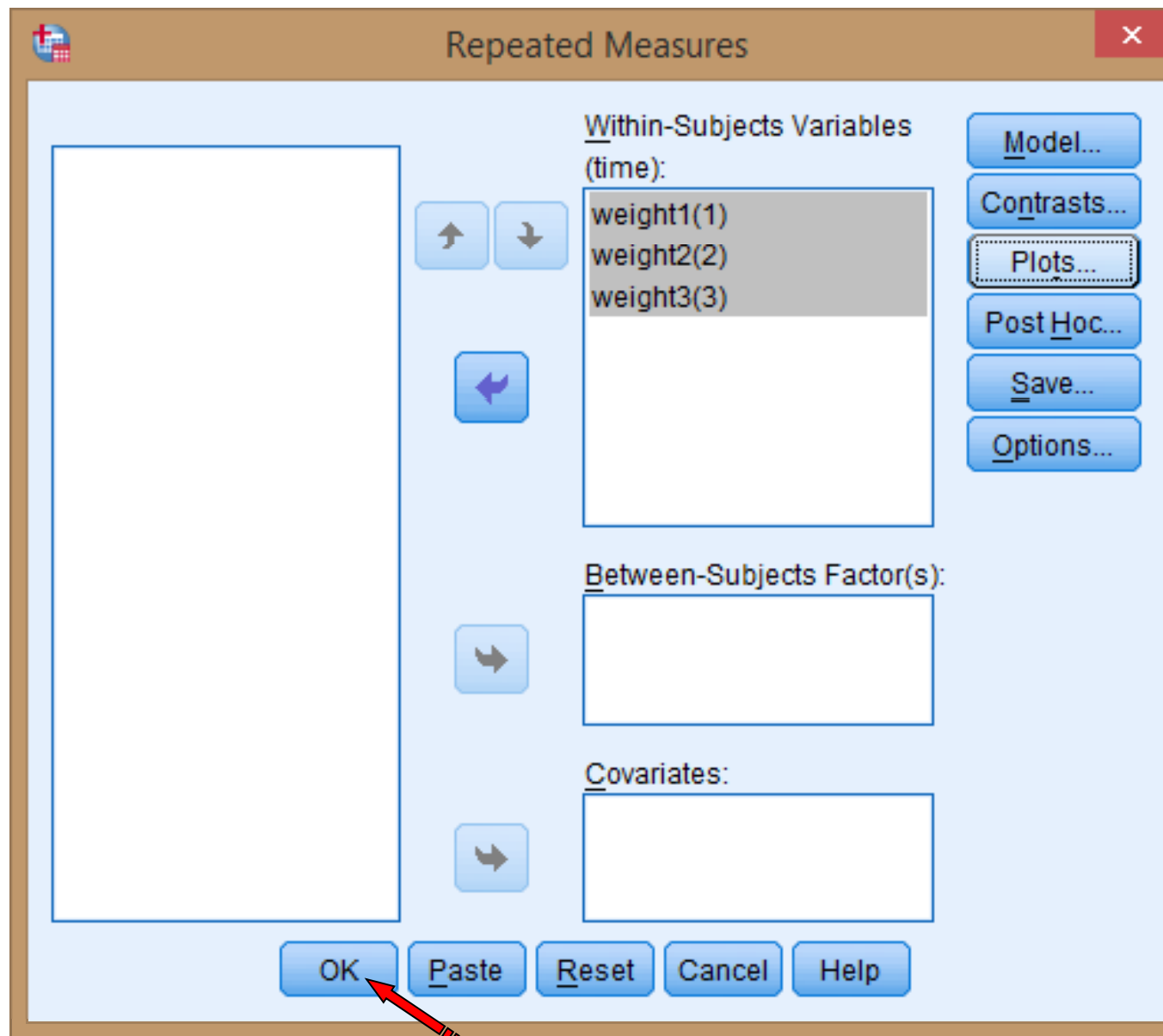
☒ Descriptive statistics
☐ Estimates of effect size
☐ Observed power
☐ Parameter estimates
☐ SSCP matrices
☐ Residual SSCP matrix

☐ Transformation matrix
☐ Homogeneity tests
☐ Spread vs. level plot
☐ Residual plot
☐ Lack of fit
☐ General estimable function

Significance level: .05 Confidence intervals are 95,0 %

Continue Cancel Help





Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

		Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
(I) time	(J) time				Lower Bound	Upper Bound
1	2	9,800*	,712	,000	7,719	11,881
	3	11,000*	,943	,000	8,244	13,756
2	1	-9,800*	,712	,000	-11,881	-7,719
	3	1,200	,800	,424	-1,138	3,538
3	1	-11,000*	,943	,000	-13,756	-8,244
	2	-1,200	,800	,424	-3,538	1,138

Όπου υπάρχει
στατιστικά
σημαντική
διαφορά
υπάρχει
αστεράκι (*) ...

... και
το αντίστοιχο
επίπεδο
σημαντικότητας
(Sig.)
είναι μικρότερο
από 0.05

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Sidak.

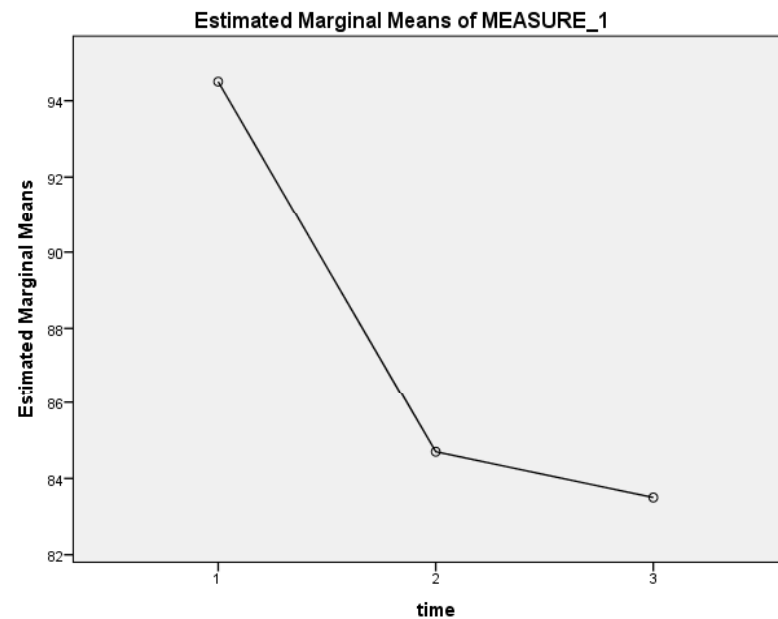
Για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών
εφαρμόστηκε το **τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Sidak**
και διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά
μεταξύ όλων των βαθμίδων του παράγοντα «**χρονική στιγμή μέτρησης**»
εκτός της **2^{ης}** με την **3^η μέτρηση**.

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
weight1	94,50	3,028	10
weight2	84,70	2,497	10
weight3	83,50	3,308	10

...

Το σωματικό βάρος μειώθηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ της 1^{ης} μέτρησης (94.50 ± 3.028 kg) και της 2^{ης} μέτρησης (84.70 ± 2.497 kg), ενώ δεν διαφοροποιήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά την 3^η μέτρηση (83.50 ± 3.308 kg)



Ανάλυση διακύμανσης
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο και έναν ανεξάρτητο παράγοντα
(Two Way repeated measures)

N802_D09_05_Two Way Repeated Measures_(no interaction)_data

Ανάλυση διακύμανσης
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο και έναν ανεξάρτητο παράγοντα
(Two Way repeated measures)

Σενάριο:

Μετρήσαμε
στην αρχή (weight1),
στο τέλος (weight2) και
ένα μήνα μετά τη διακοπή (weight3)
ενός προγράμματος άσκησης
το σωματικό βάρος
σε άντρες και γυναίκες.

Τι μετρήσαμε;

Εξαρτημένη μεταβλητή =
Σωματικό βάρος

Σε ποιούς την μετρήσαμε;

= σε άντρες και γυναίκες =
διαφορετικά άτομα =
ανεξάρτητα δείγματα = ανεξάρτητος παράγοντας

Πότε την μετρήσαμε;

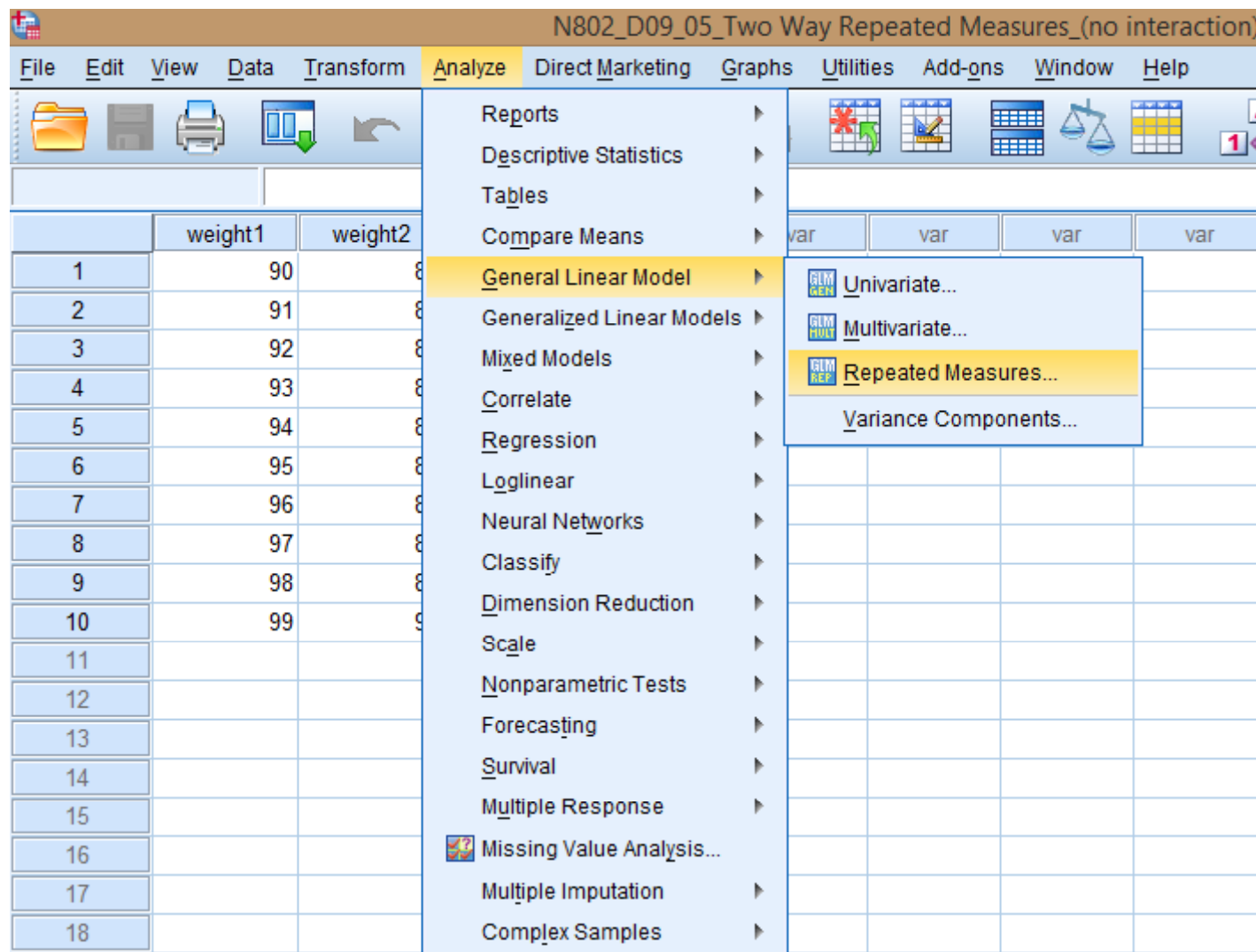
Σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές
Μετρήθηκαν ΟΛΑ (τα ΙΔΙΑ) τα άτομα:
Ανεξάρτητη μεταβλητή –
επαναλαμβανόμενος παράγοντας =
Χρονική στιγμή μέτρησης

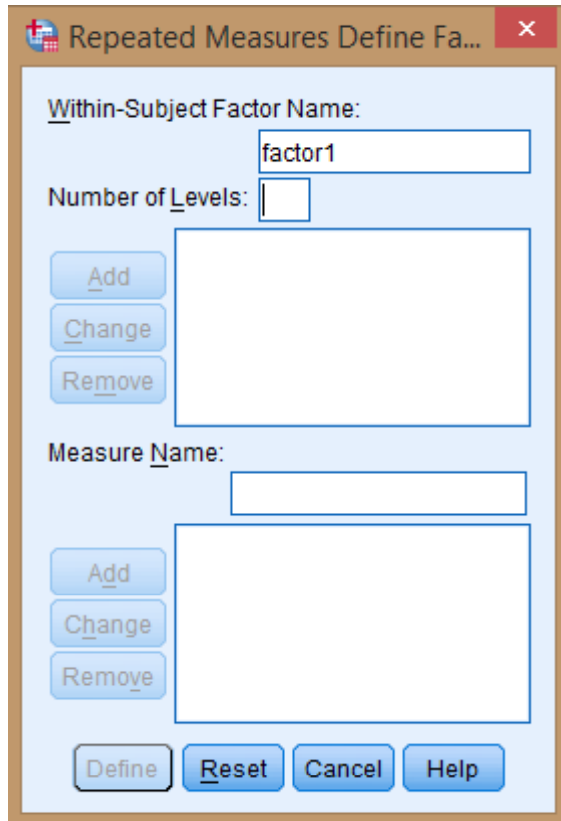
3 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις X **2** φύλα =
Two Way repeated measures

	weight1	weight2	weight3	sex	var
1	90	82	80	1	
2	91	83	81	1	
3	92	84	85	1	
4	93	85	82	1	
5	94	86	83	1	
6	95	83	86	2	
7	96	82	83	2	
8	97	85	80	2	
9	98	87	84	2	
10	99	90	91	2	

επαναλαμβανόμενος παράγοντας

ανεξάρτητος παράγοντας





The image shows the 'Repeated Measures Define Factor' dialog box in SPSS. The 'Within-Subject Factor Name' field contains 'factor1'. The 'Number of Levels' field is empty. There are two empty lists for adding, changing, or removing factors and measures. At the bottom are buttons for 'Define', 'Reset', 'Cancel', and 'Help'.

Repeated Measures Define Fa...

Within-Subject Factor Name: factor1

Number of Levels:

Add Change Remove

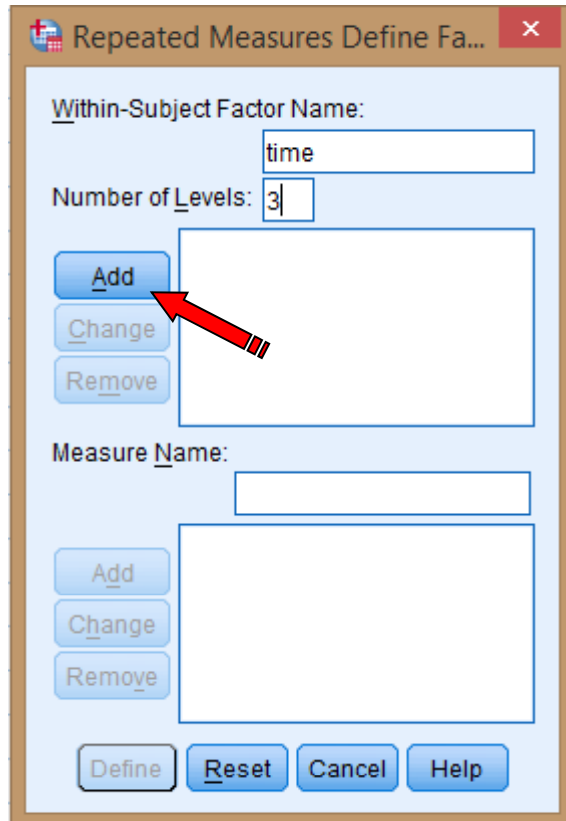
Measure Name:

Add Change Remove

Define Reset Cancel Help

Καθορισμός

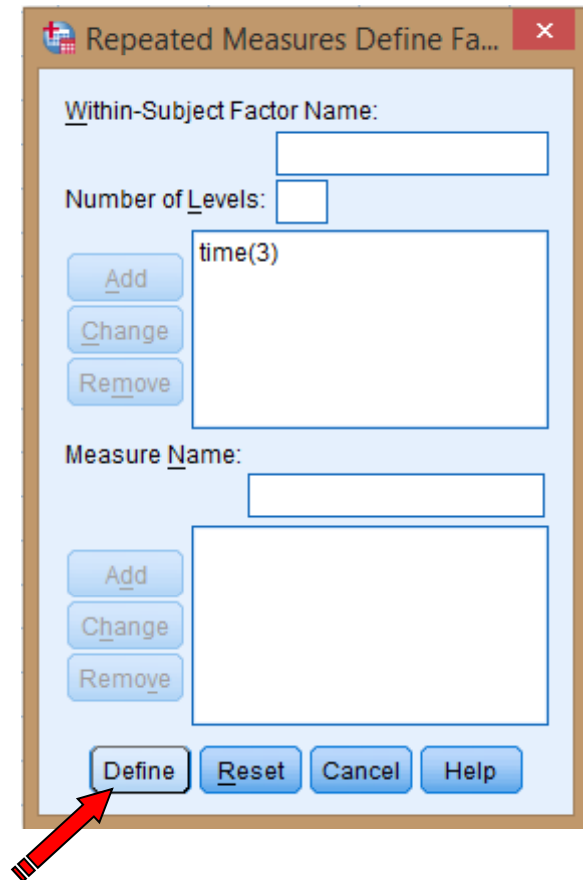
- επαναλαμβανόμενου παράγοντα (time) και
- του αριθμού των βαθμίδων (3) του



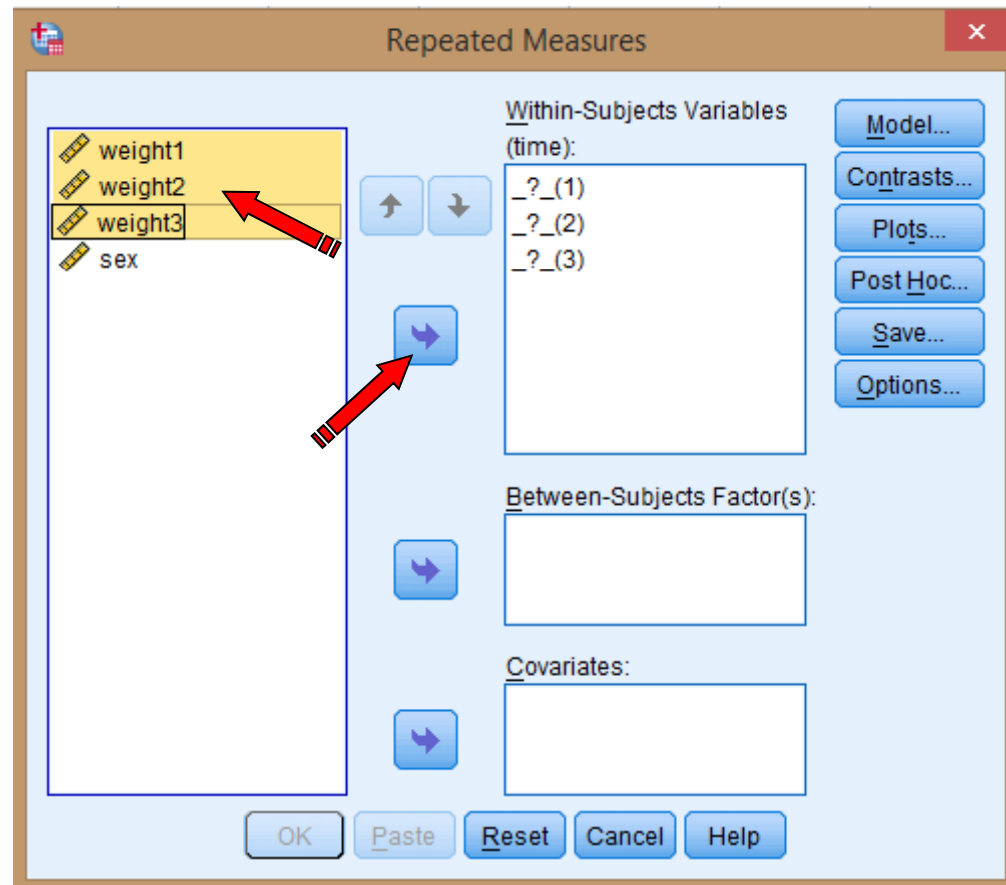
SPSS Repeated Measures Define Factor dialog box. The 'Within-Subject Factor Name' field contains 'time'. The 'Number of Levels' field contains '3'. A red arrow points to the 'Add' button. The 'Measure Name' field is empty. The 'Define' button is highlighted.

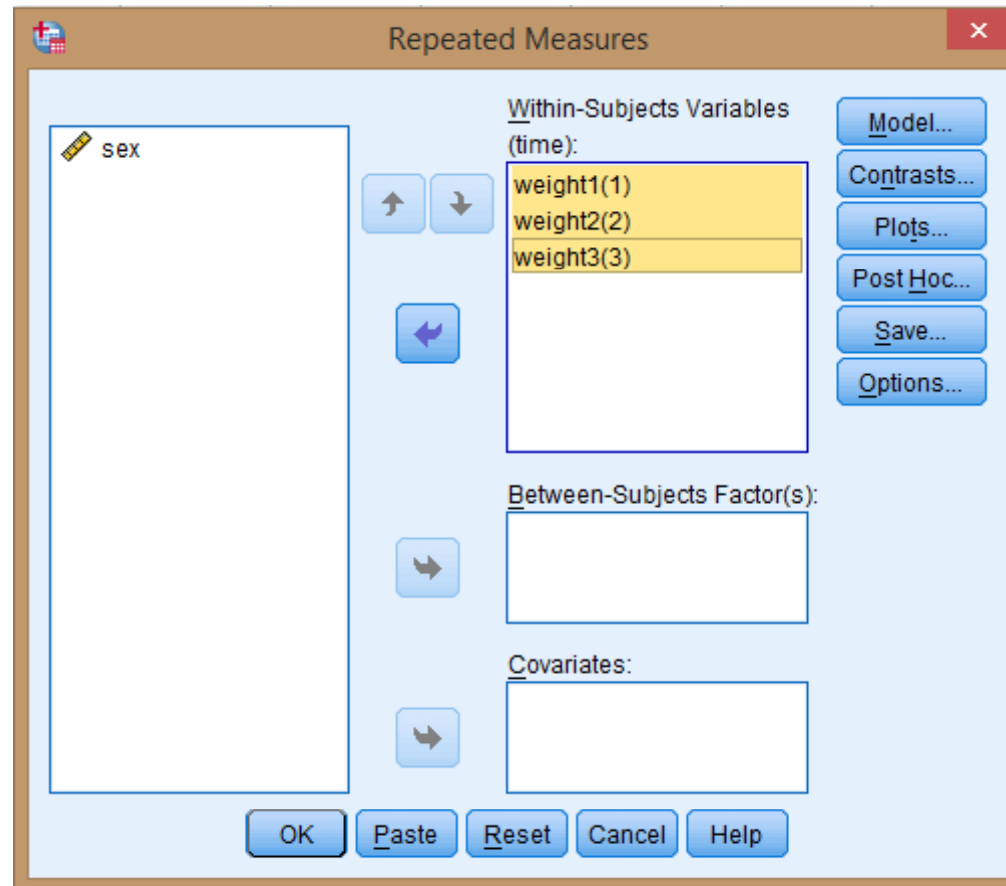
Επαναλαμβανόμενος
παράγοντας: **time**

Βαθμίδες
επαναλαμβανόμενου
παράγοντα: **3**

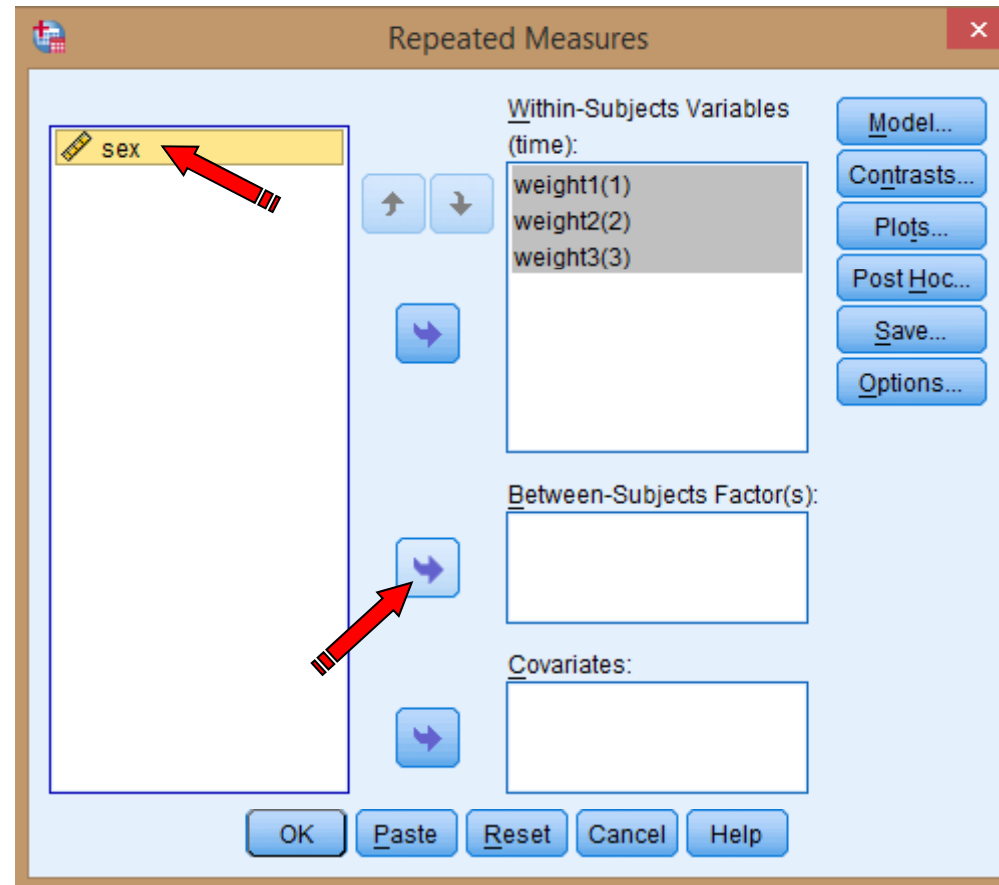


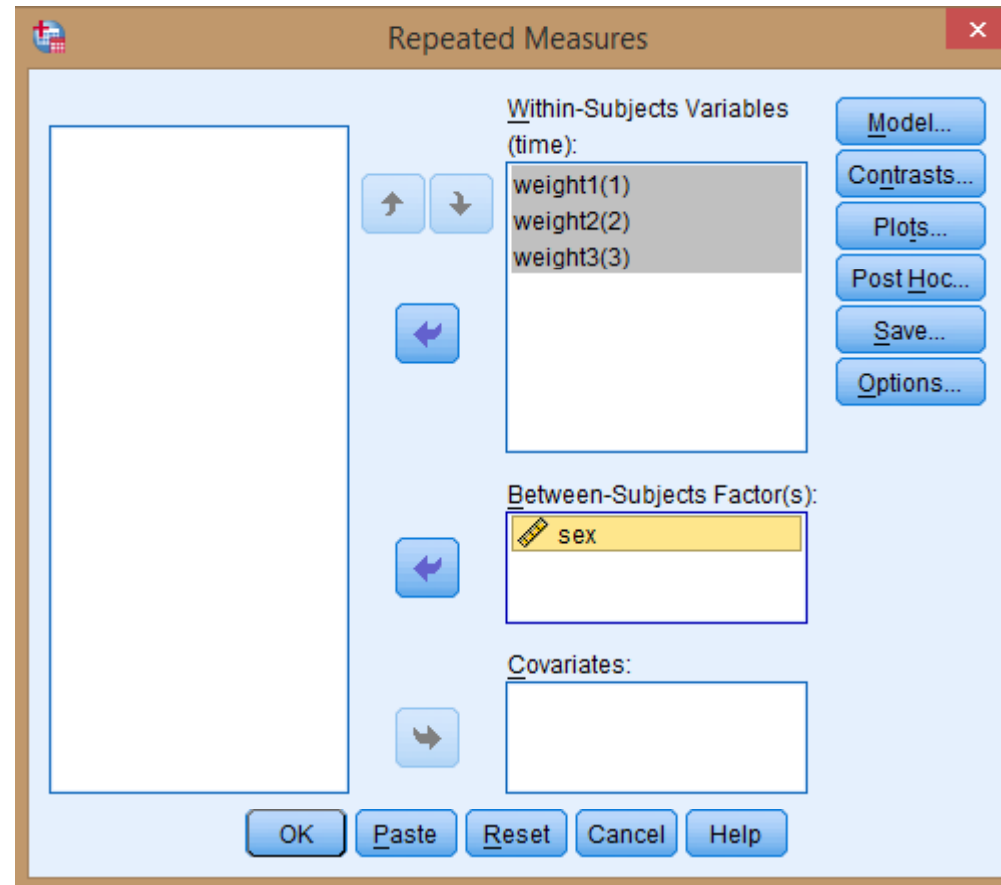
SPSS Repeated Measures Define Factor dialog box. The 'Within-Subject Factor Name' field is empty. The 'Number of Levels' field is empty. The 'Add' button is highlighted. The 'Measure Name' field is empty. The 'Define' button is highlighted.



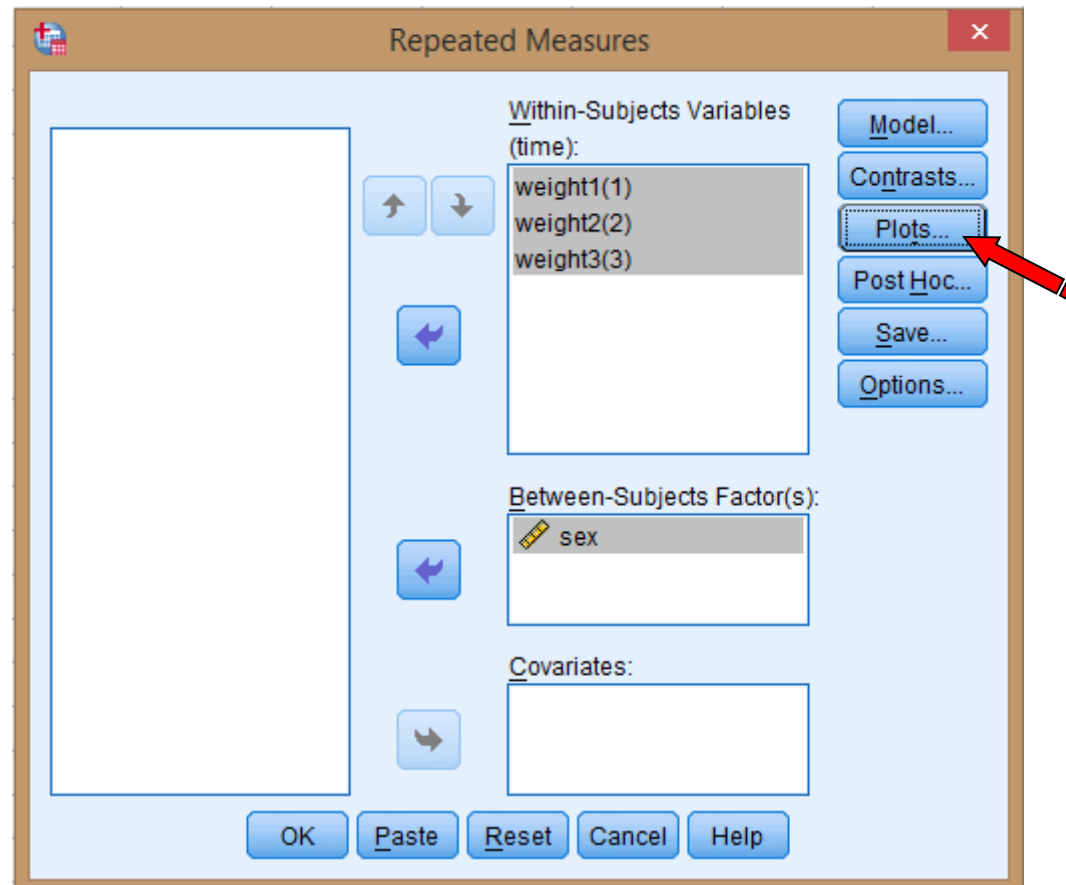


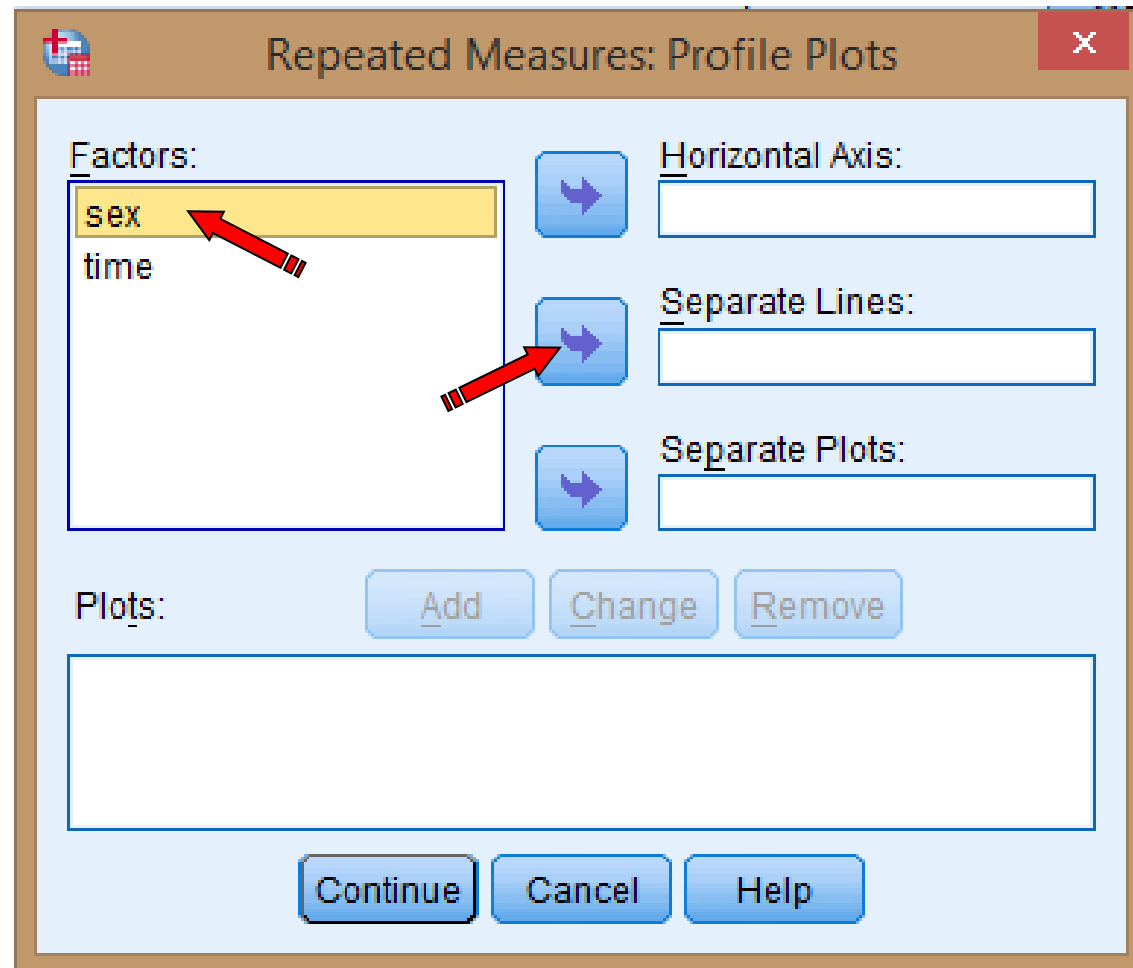
Καθορισμός
βαθμίδων
επαναλαμβανόμενου
παράγοντα

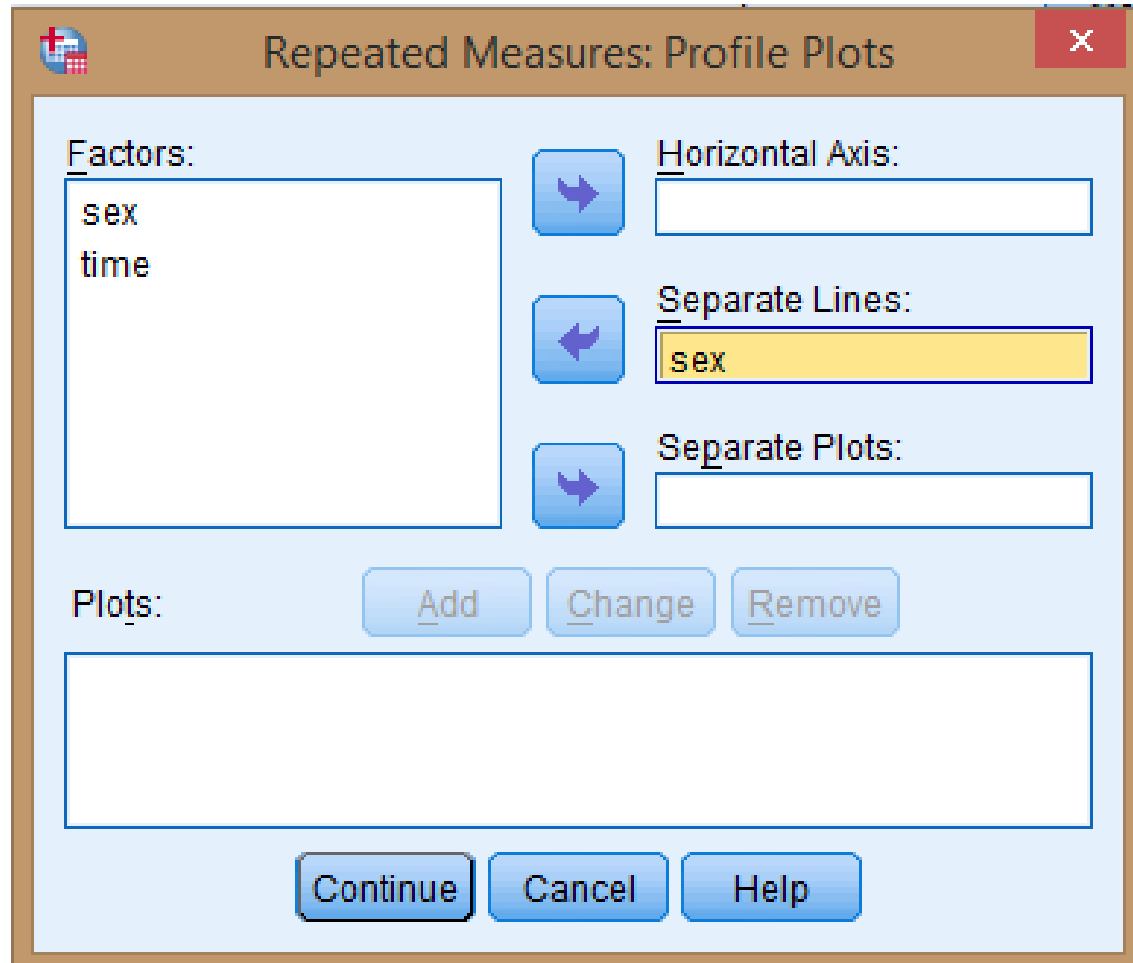




Καθορισμός
ανεξάρτητου
παράγοντα







The image shows the 'Repeated Measures: Profile Plots' dialog box in SPSS. The 'Factors' list on the left contains 'sex' and 'time'. The 'Horizontal Axis' field is empty. The 'Separate Lines' field contains 'sex'. The 'Separate Plots' field is empty. Below these fields are three buttons: 'Add', 'Change', and 'Remove'. At the bottom of the dialog are three buttons: 'Continue', 'Cancel', and 'Help'.

Factors:

sex
time

Horizontal Axis:

Separate Lines:

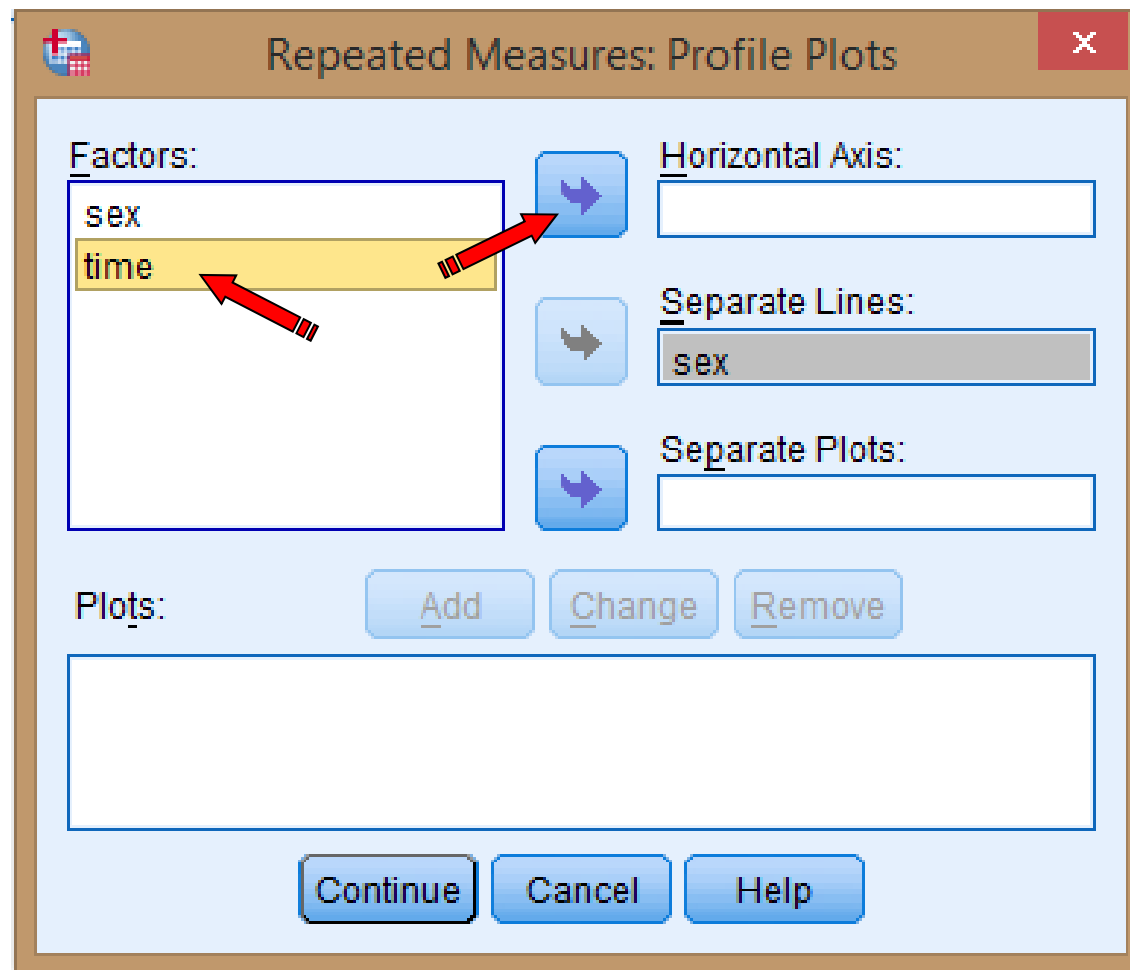
sex

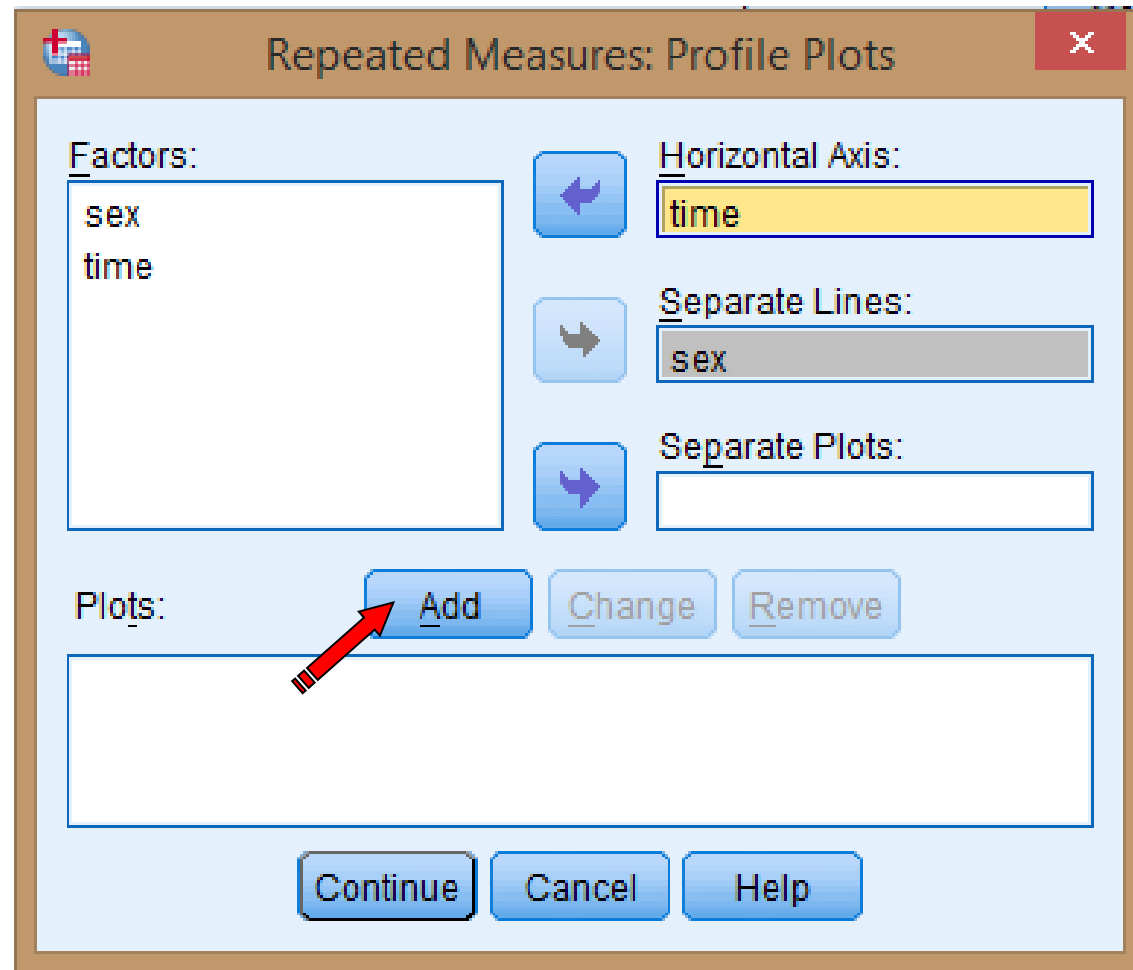
Separate Plots:

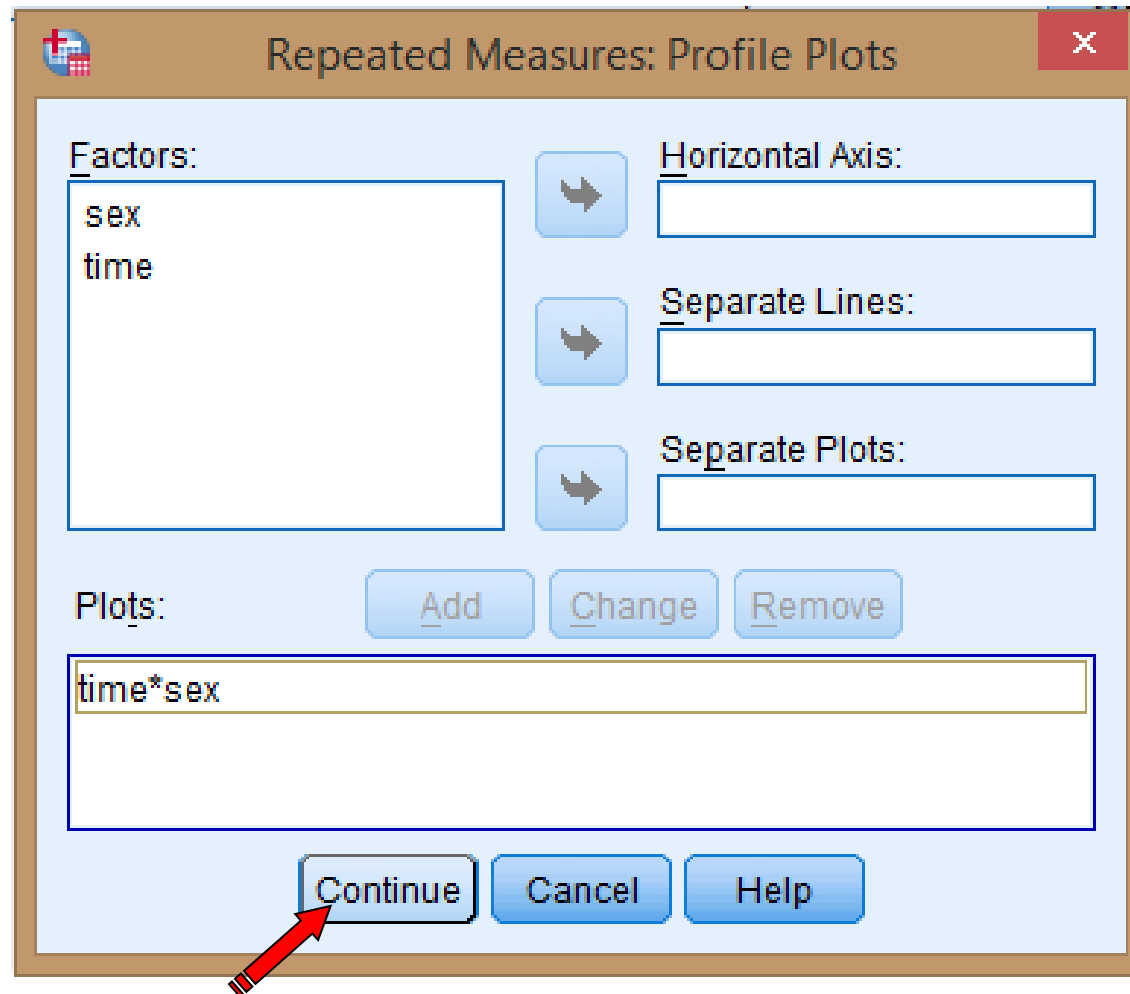
Plots:

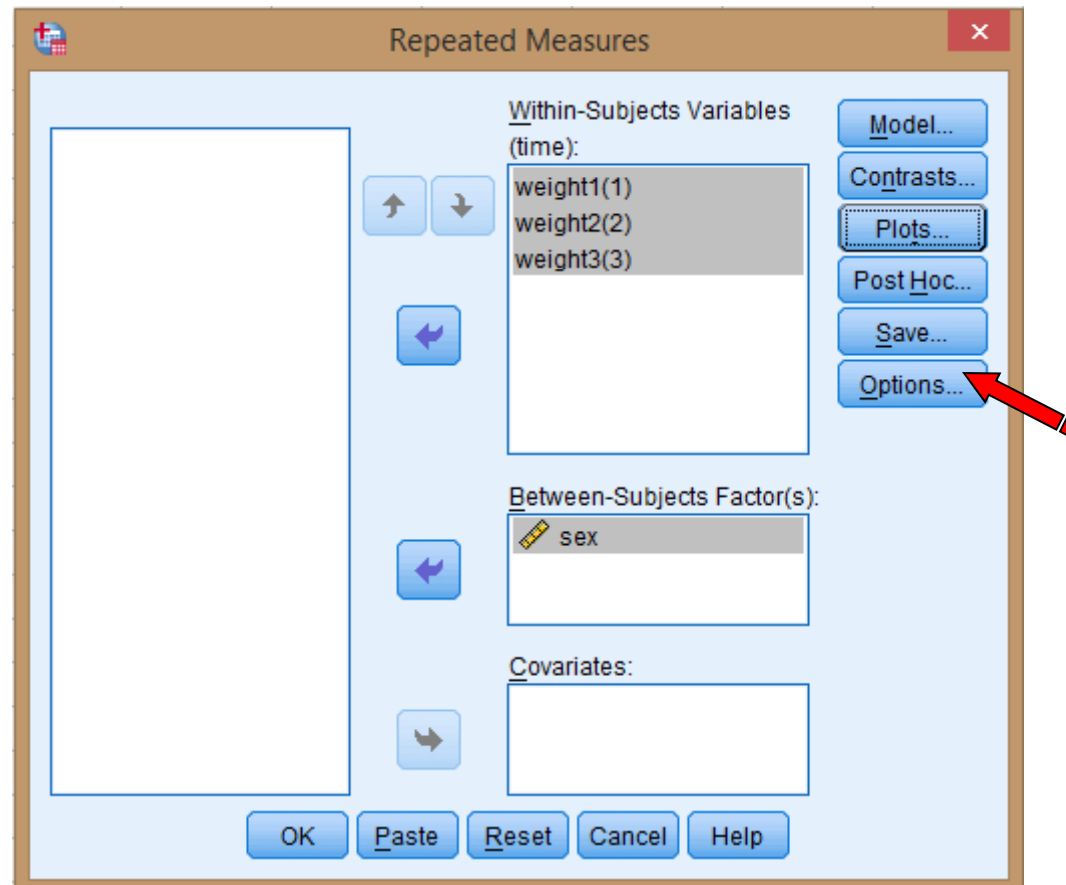
Add Change Remove

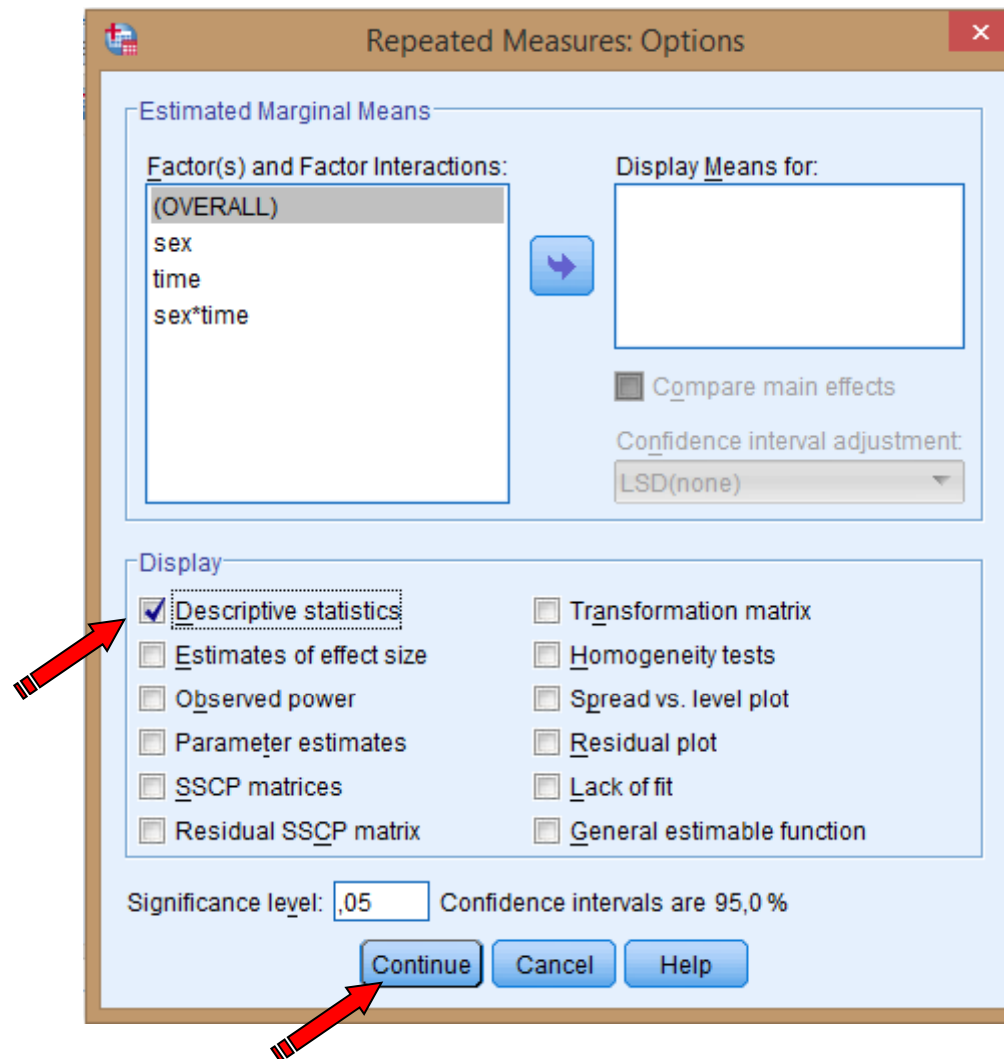
Continue Cancel Help

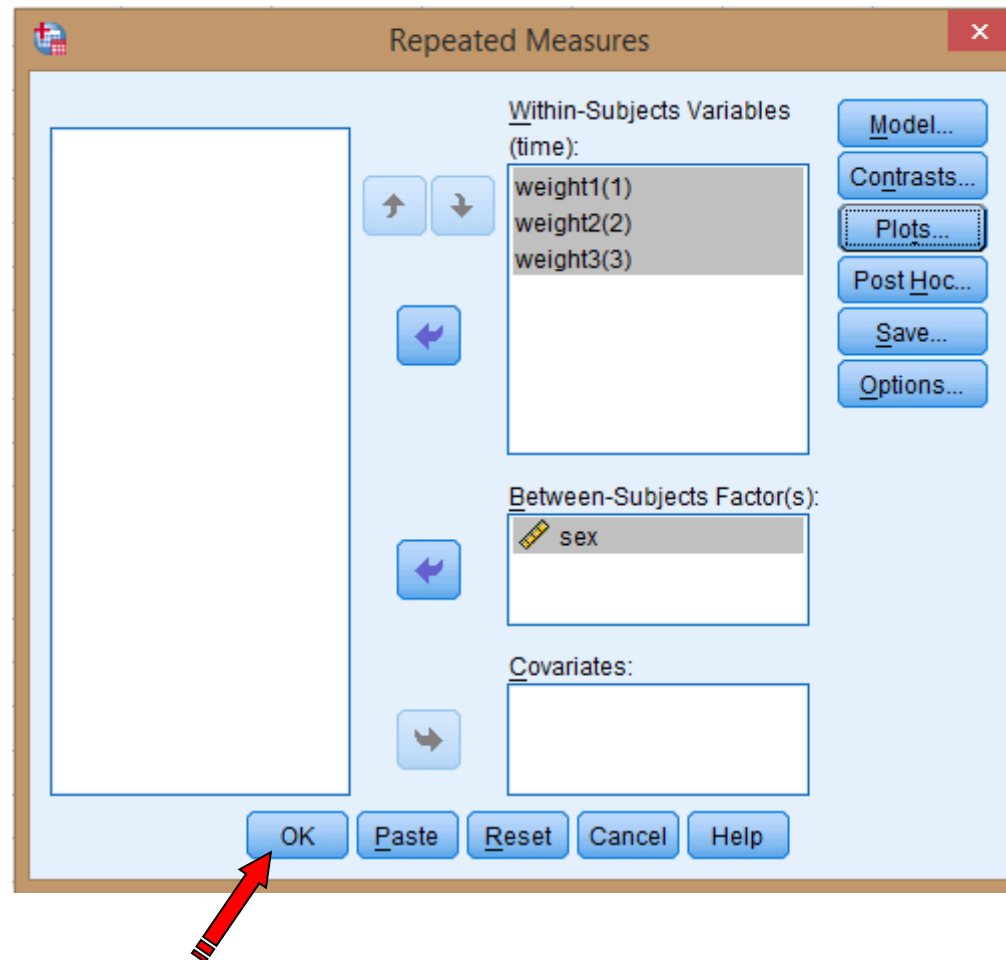












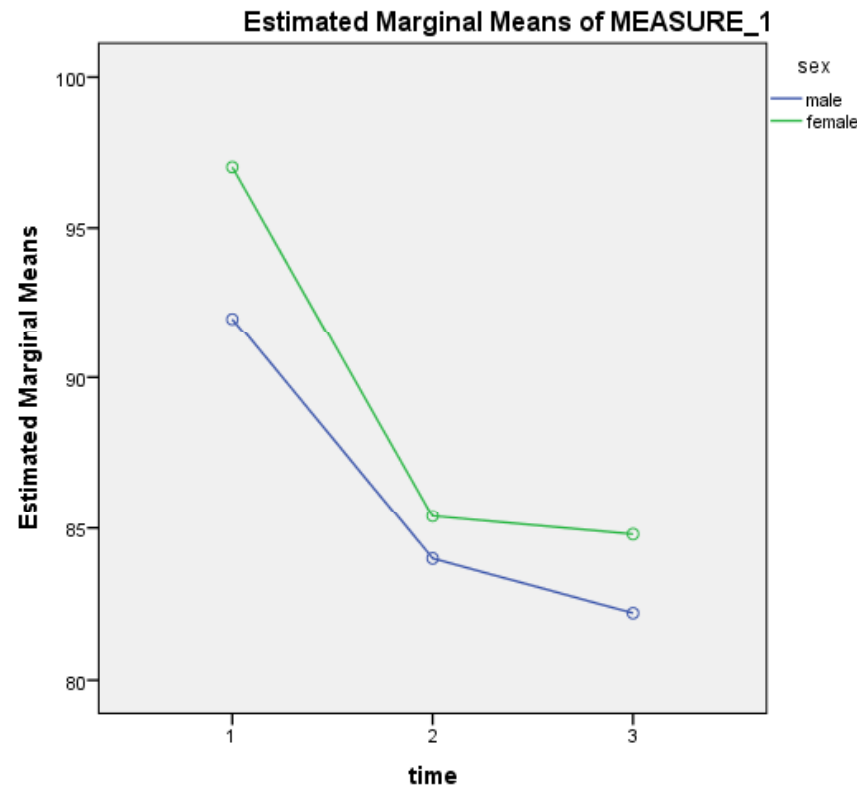
N802_D09_06_Two Way Repeated Measures_(no interaction)_output

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	728,267	2	364,133	131,614	,000
	Greenhouse-Geisser	728,267	1,320	551,816	131,614	,000
	Huynh-Feldt	728,267	1,676	434,466	131,614	,000
	Lower-bound	728,267	1,000	728,267	131,614	,000
time * sex	Sphericity Assumed	16,800	2	8,400	3,036	,076
	Greenhouse-Geisser	16,800	1,320	12,730	3,036	,104
	Huynh-Feldt	16,800	1,676	10,022	3,036	,088
	Lower-bound	16,800	1,000	16,800	3,036	,120
Error(time)	Sphericity Assumed	44,267	16	2,767		
	Greenhouse-Geisser	44,267	10,558	4,193		
	Huynh-Feldt	44,267	13,410	3,301		
	Lower-bound	44,267	8,000	5,533		

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς έναν επαναλαμβανόμενο και έναν ανεξάρτητο παράγοντα (Two Way repeated measures) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($F_{2,16} = 3.036$; $p = 0.076 > 0.05$) στο σωματικό βάρος.



Εφόσον **ΔΕΝ υπάρχει** στατιστικά σημαντική **αλληλεπίδραση**,
η επίδραση του ενός παράγοντα [π.χ. του παράγοντα “χρονική στιγμή μέτρησης» (time)]
θα είναι σταθερή (θα είναι ΙΔΙΑ) σε όλες τις βαθμίδες του άλλου παράγοντα
[π.χ. του παράγοντα “φύλο” (sex)]

Δηλαδή:

και στα αγόρια και στα κορίτσια

αρχικά θα σημειωθεί μείωση του σωματικού βάρους και στη συνέχεια σταθεροποίηση

... συνεπώς, μπορούμε να κοιτάξουμε τις κύριες επιδράσεις !!!

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	728,267	2	364,133	131,614	,000
	Greenhouse-Geisser	728,267	1,320	551,816	131,614	,000
	Huynh-Feldt	728,267	1,676	434,466	131,614	,000
	Lower-bound	728,267	1,000	728,267	131,614	,000
time * sex	Sphericity Assumed	16,800	2	8,400	3,036	,076
	Greenhouse-Geisser	16,800	1,320	12,730	3,036	,104
	Huynh-Feldt	16,800	1,676	10,022	3,036	,088
	Lower-bound	16,800	1,000	16,800	3,036	,120
Error(time)	Sphericity Assumed	44,267	16	2,767		
	Greenhouse-Geisser	44,267	10,558	4,193		
	Huynh-Feldt	44,267	13,410	3,301		
	Lower-bound	44,267	8,000	5,533		

Διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση,
του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (time)
($F_{2,16} = 131.614$; $p < 0.05$),

...

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

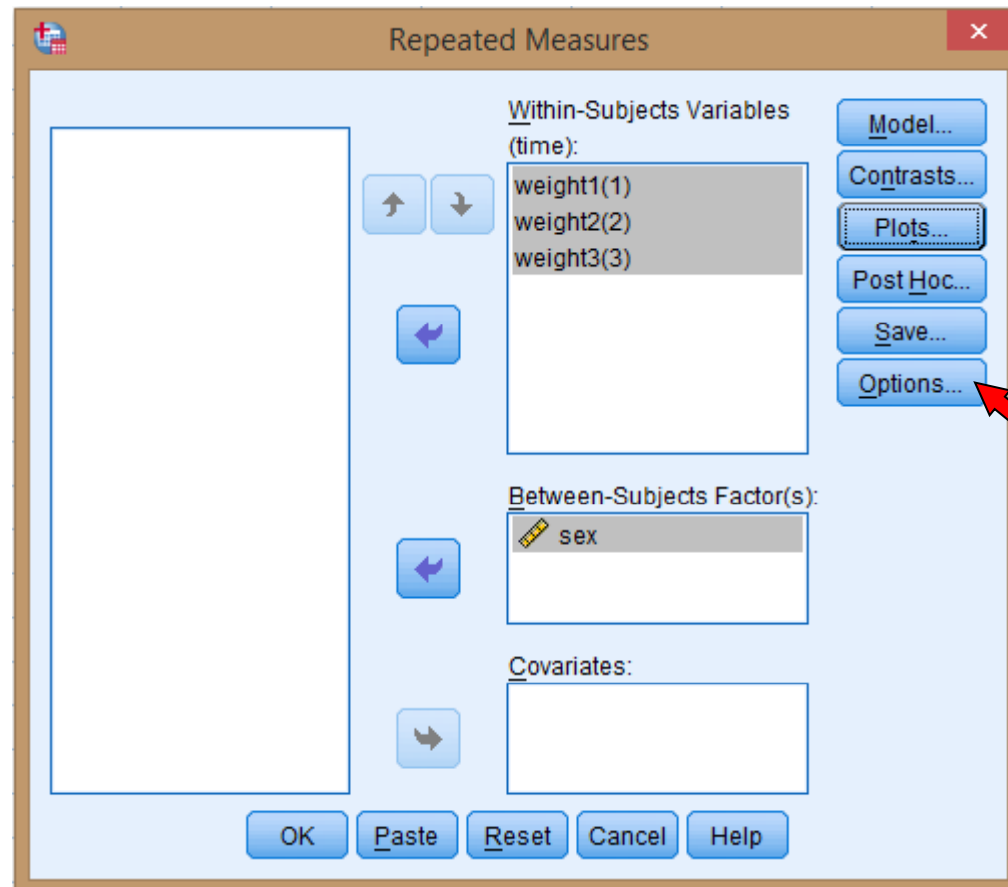
Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	230037,633	1	230037,633	16956,091	,000
sex	67,500	1	67,500	4,975	,056
Error	108,533	8	13,567		

...ενώ αντίθετα, **δεν διαπιστώθηκε** στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση, του ανεξάρτητου παράγοντα «**φύλο**» (sex) ($F_{1,8} = 4.975$; $p = 0.056 > 0.05$).

... καθώς ο παράγοντας «χρονική στιγμή μέτρησης» έχει τρεις (3) βαθμίδες ...

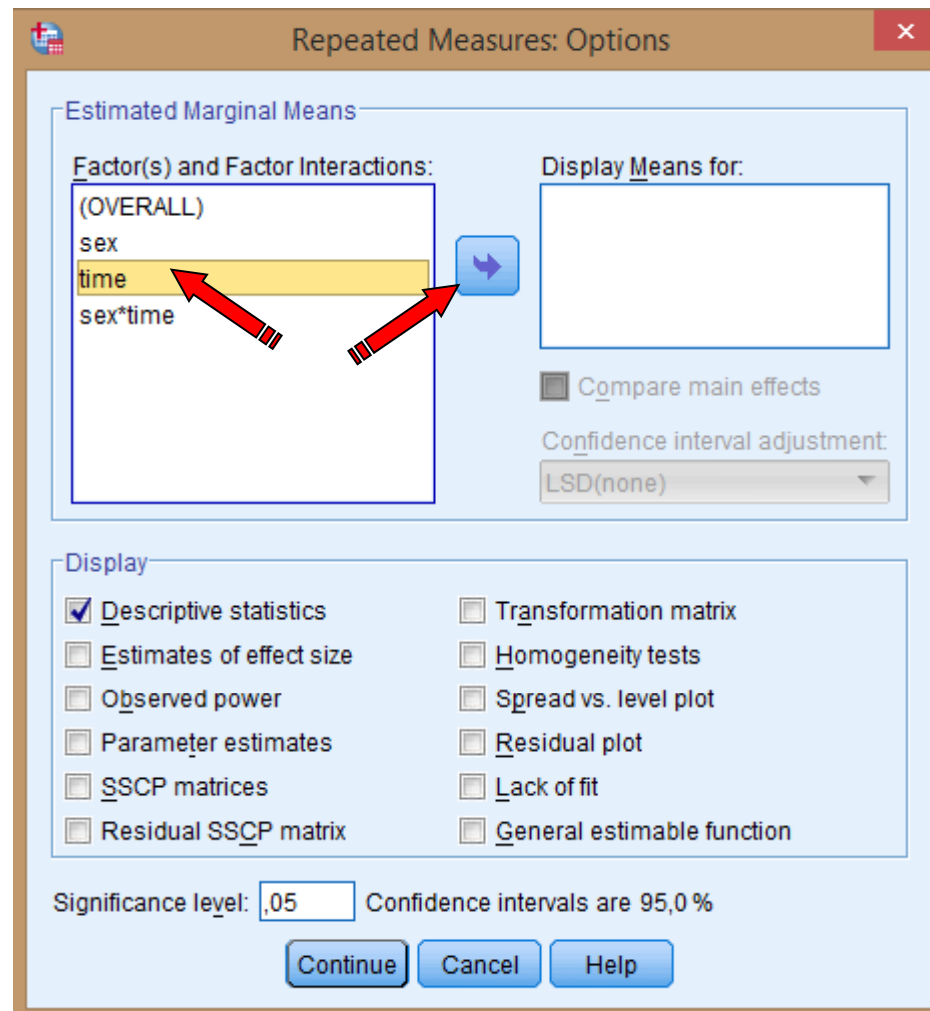
για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών
μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης»
εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ...

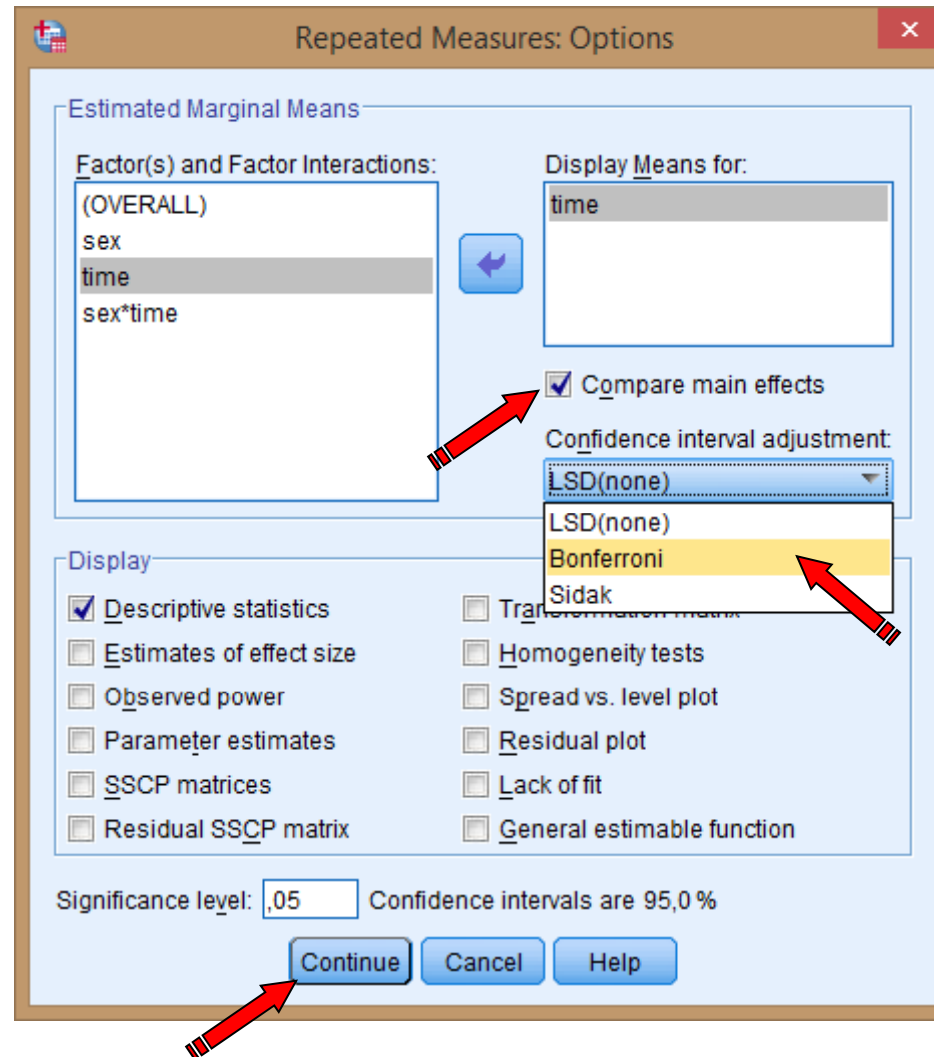


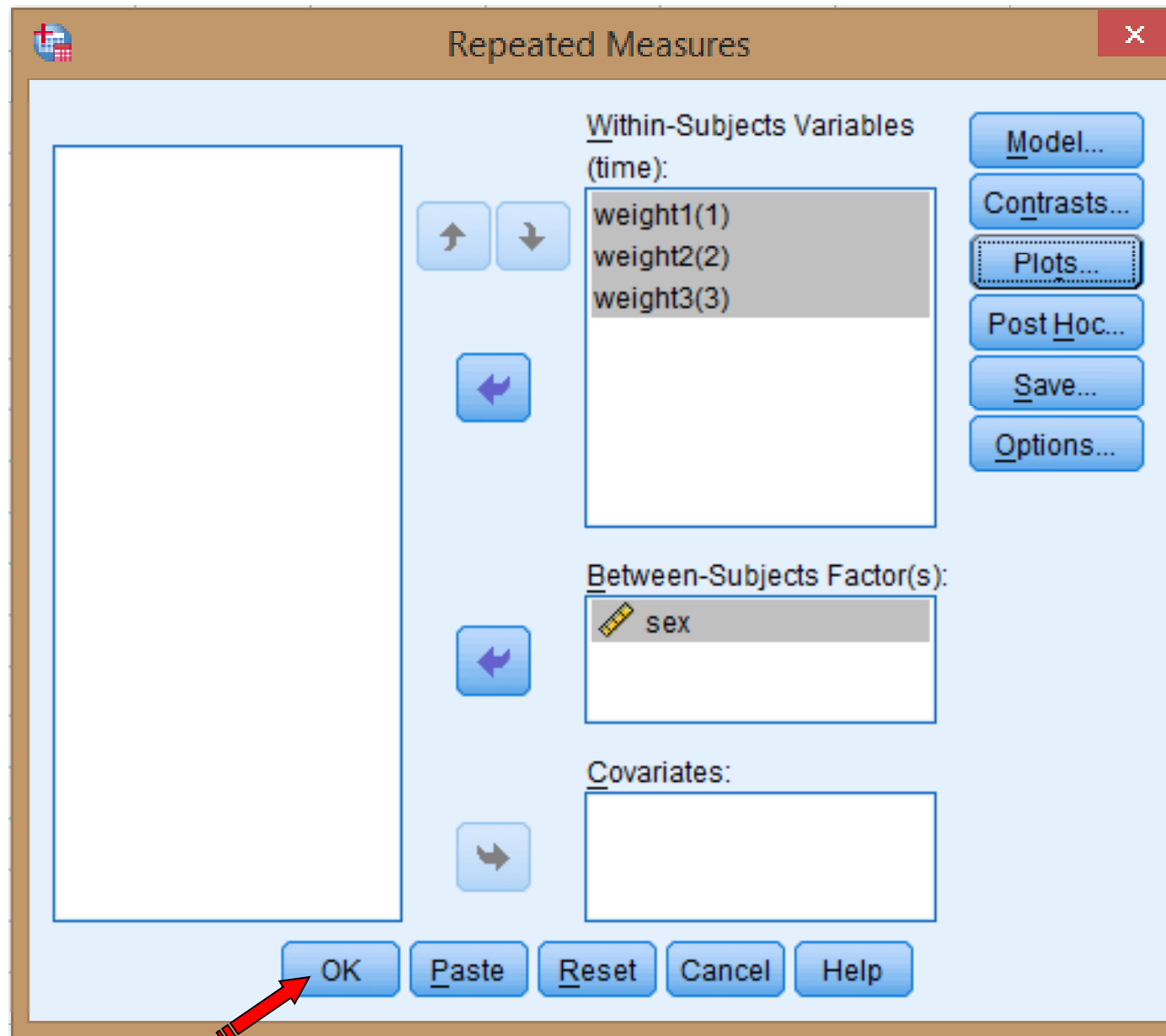
... εφόσον έχουμε

- επαναλαμβανόμενο παράγοντα

το test πολλαπλών
συγκρίσεων
επιλέγεται
μέσα από τη
διαδικασία
Options







Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

		Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
(I) time	(J) time				Lower Bound	Upper Bound
1	2	9,800*	,406	,000	8,575	11,025
	3	11,000*	,906	,000	8,269	13,731
2	1	-9,800*	,406	,000	-11,025	-8,575
	3	1,200	,822	,547	-1,278	3,678
3	1	-11,000*	,906	,000	-13,731	-8,269
	2	-1,200	,822	,547	-3,678	1,278

Όπου υπάρχει
στατιστικά
σημαντική
διαφορά
υπάρχει
αστεράκι (*) ...

... και
το αντίστοιχο
επίπεδο
σημαντικότητας
(Sig.)
είναι μικρότερο
από 0.05

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών
μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης»
εφαρμόστηκε το **τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni**
και διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σωματικό βάρος,
ανεξάρτητα από το «φύλο»
μεταξύ όλων των χρονικών στιγμών μέτρησης
εκτός από τη 2^η και 3^η μέτρηση.

Estimates

Measure: MEASURE_1

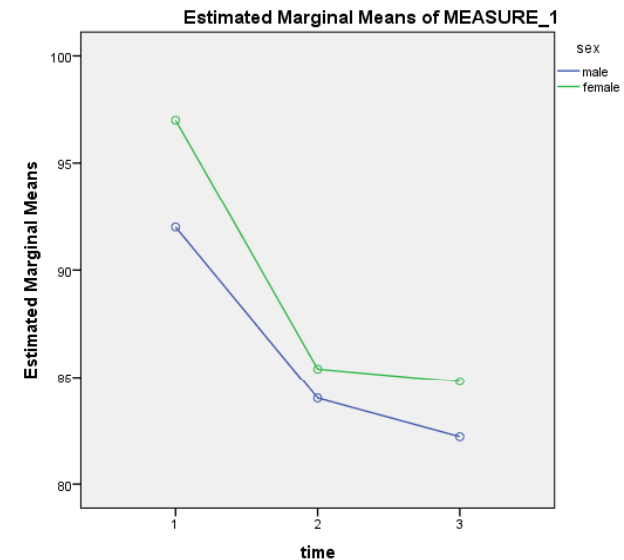
time	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	94,500	,500	93,347	95,653
2	84,700	,800	82,855	86,545
3	83,500	1,010	81,171	85,829

Descriptive Statistics

	sex	Mean	Std. Deviation	N
weight1	male	92,00	1,581	5
	female	97,00	1,581	5
	Total	94,50	3,028	10
weight2	male	84,00	1,581	5
	female	85,40	3,209	5
	Total	84,70	2,497	10
weight3	male	82,20	1,924	5
	female	84,80	4,087	5
	Total	83,50	3,308	10

...

Το σωματικό βάρος, ανεξάρτητα από το φύλο, μειώθηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ της 1^{ης} μέτρησης (94.50 ± 3.028 kg) και της 2^{ης} μέτρησης (84.70 ± 2.497 kg), ενώ δεν διαφοροποιήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά την 3^η μέτρηση (83.50 ± 3.308 kg)



Εφόσον υπάρχει
στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση

N802_D09_07_Two Way Repeated Measures_(interaction)_data

Ανάλυση διακύμανσης
ως προς έναν επαναλαμβανόμενο και έναν ανεξάρτητο παράγοντα
(Two Way repeated measures)

Σενάριο:

Μετρήσαμε
στην αρχή (weight1),
στο τέλος (weight2) και
ένα μήνα μετά τη διακοπή (weight3)
ενός προγράμματος άσκησης
το σωματικό βάρος
σε άντρες και γυναίκες.

Τι μετρήσαμε;

Εξαρτημένη μεταβλητή =
Σωματικό βάρος

Σε ποιούς την μετρήσαμε;

= σε άντρες και γυναίκες =

διαφορετικά άτομα =

ανεξάρτητα δείγματα = ανεξάρτητος παράγοντας

Πότε την μετρήσαμε;

Σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές

Μετρήθηκαν ΟΛΑ (τα ΙΔΙΑ) τα άτομα:

Ανεξάρτητη μεταβλητή –

επαναλαμβανόμενος παράγοντας =

Χρονική στιγμή μέτρησης

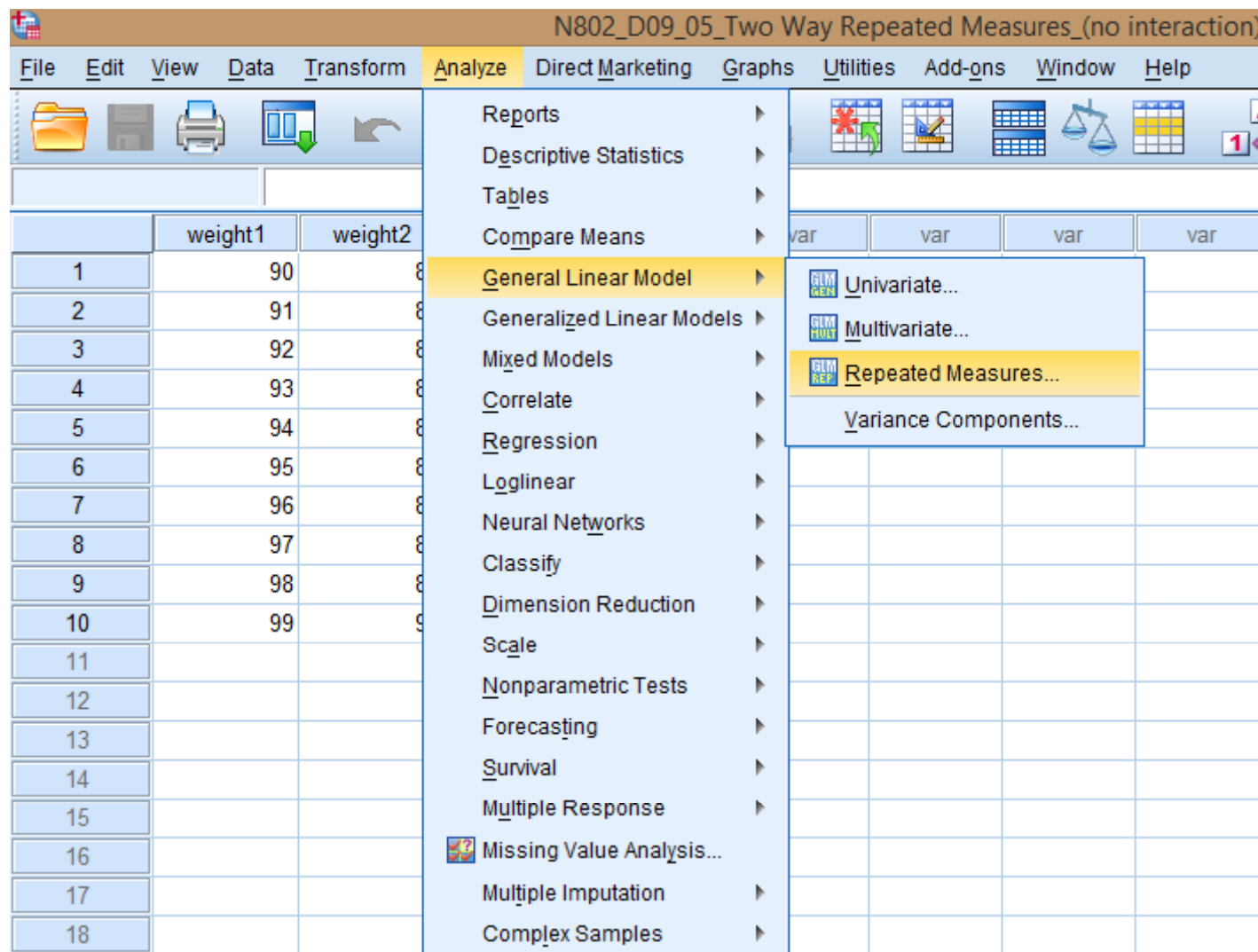
3 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις X **2** φύλα =

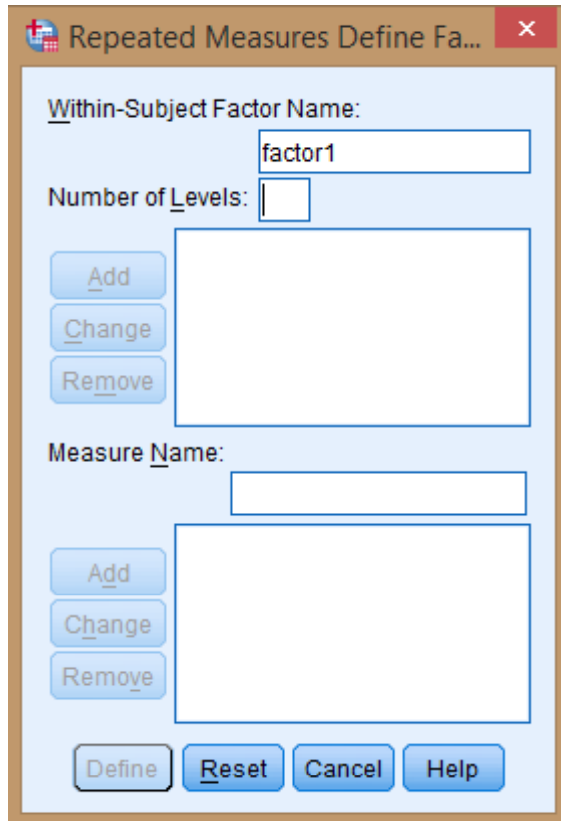
Two Way repeated measures

	weight1	weight2	weight3	sex	var
1	90	82	80	1	
2	91	83	81	1	
3	92	84	85	1	
4	93	85	82	1	
5	94	86	83	1	
6	95	83	100	2	
7	96	82	105	2	
8	97	85	102	2	
9	98	87	107	2	
10	99	90	106	2	

επαναλαμβανόμενος παράγοντας

ανεξάρτητος παράγοντας





The image shows the 'Repeated Measures Define Factor' dialog box in SPSS. The 'Within-Subject Factor Name' field contains 'factor1'. The 'Number of Levels' field is empty. There are two empty lists for adding, changing, or removing factors and measures. At the bottom are buttons for 'Define', 'Reset', 'Cancel', and 'Help'.

Repeated Measures Define Fa...

Within-Subject Factor Name: factor1

Number of Levels:

Add Change Remove

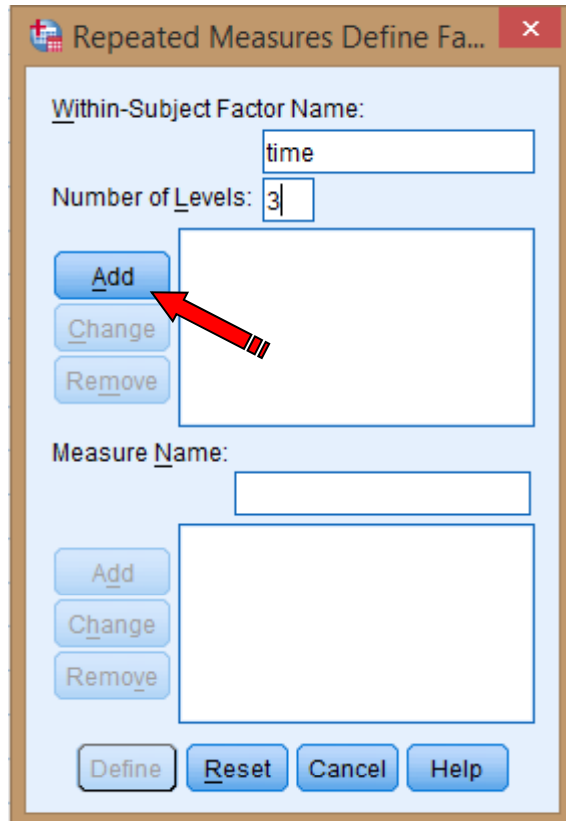
Measure Name:

Add Change Remove

Define Reset Cancel Help

Καθορισμός

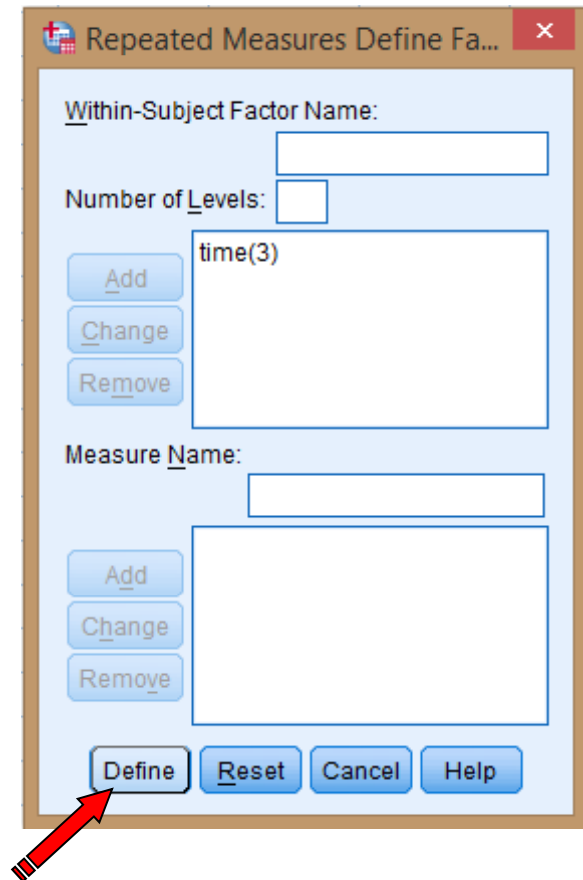
- επαναλαμβανόμενου παράγοντα (time) και
- του αριθμού των βαθμίδων (3) του



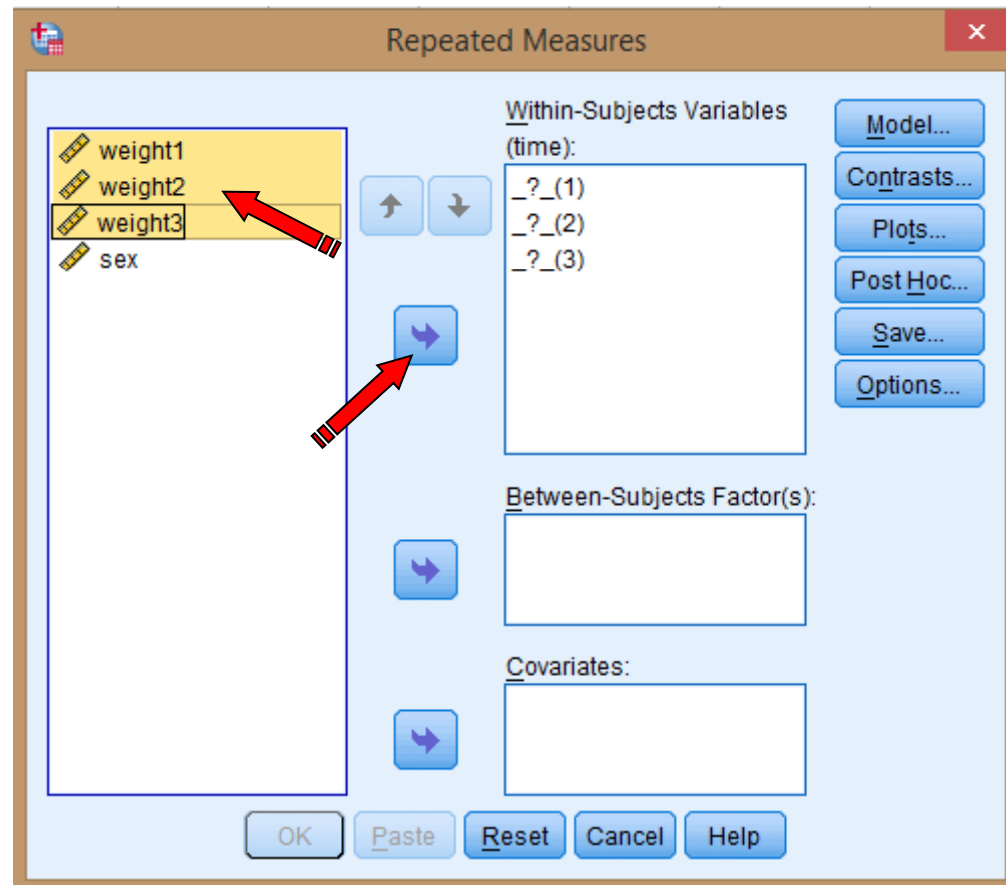
SPSS Repeated Measures Define Factor dialog box. The 'Within-Subject Factor Name' field contains 'time'. The 'Number of Levels' field contains '3'. A red arrow points to the 'Add' button in the list of factors.

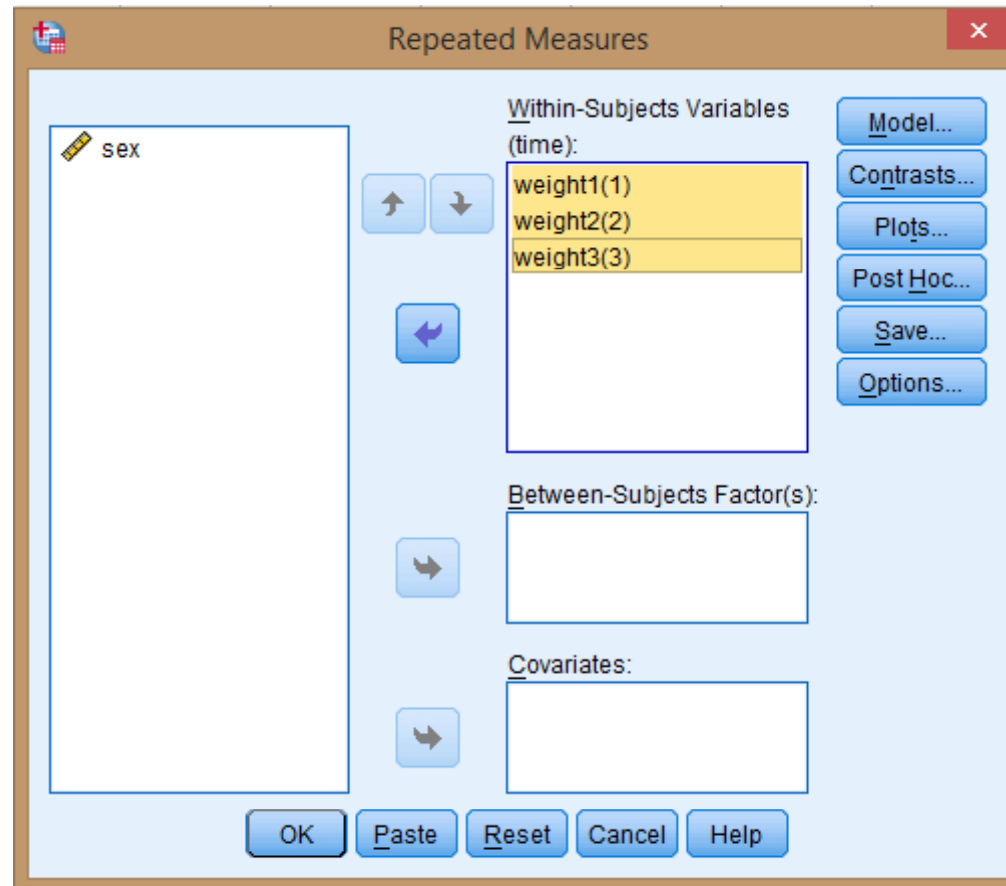
Επαναλαμβανόμενος παράγοντας: **time**

Βαθμίδες επαναλαμβανόμενου παράγοντα: **3**

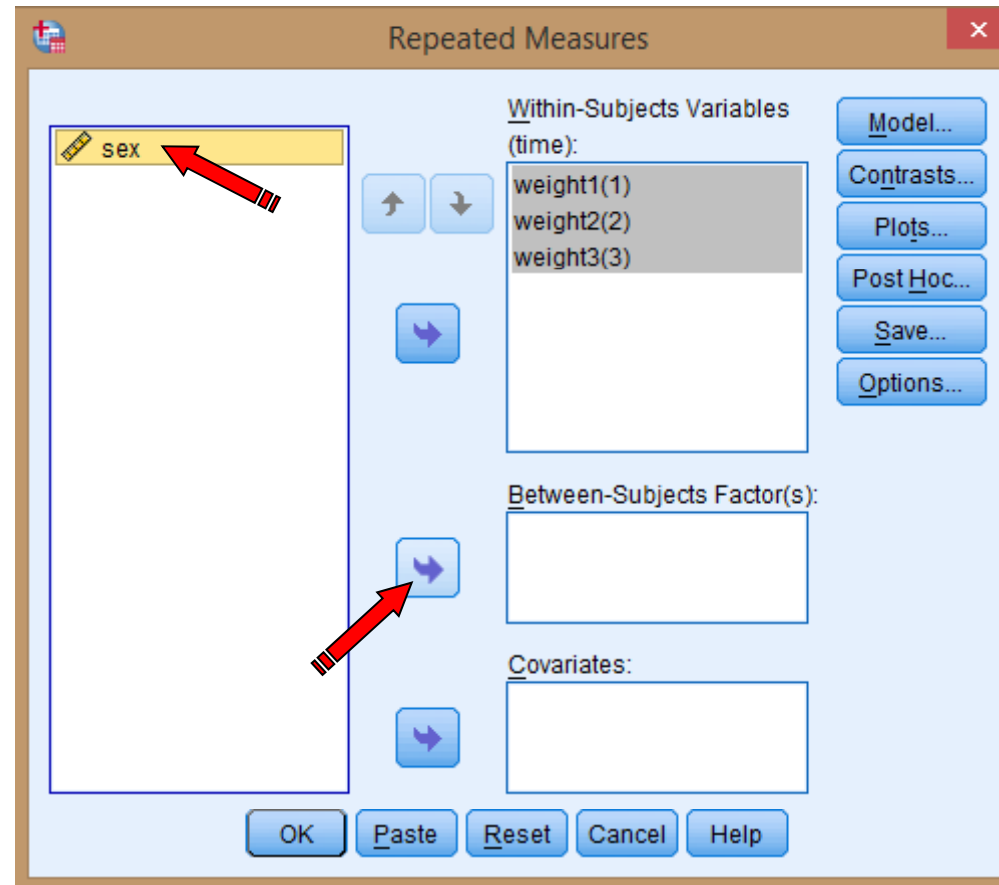


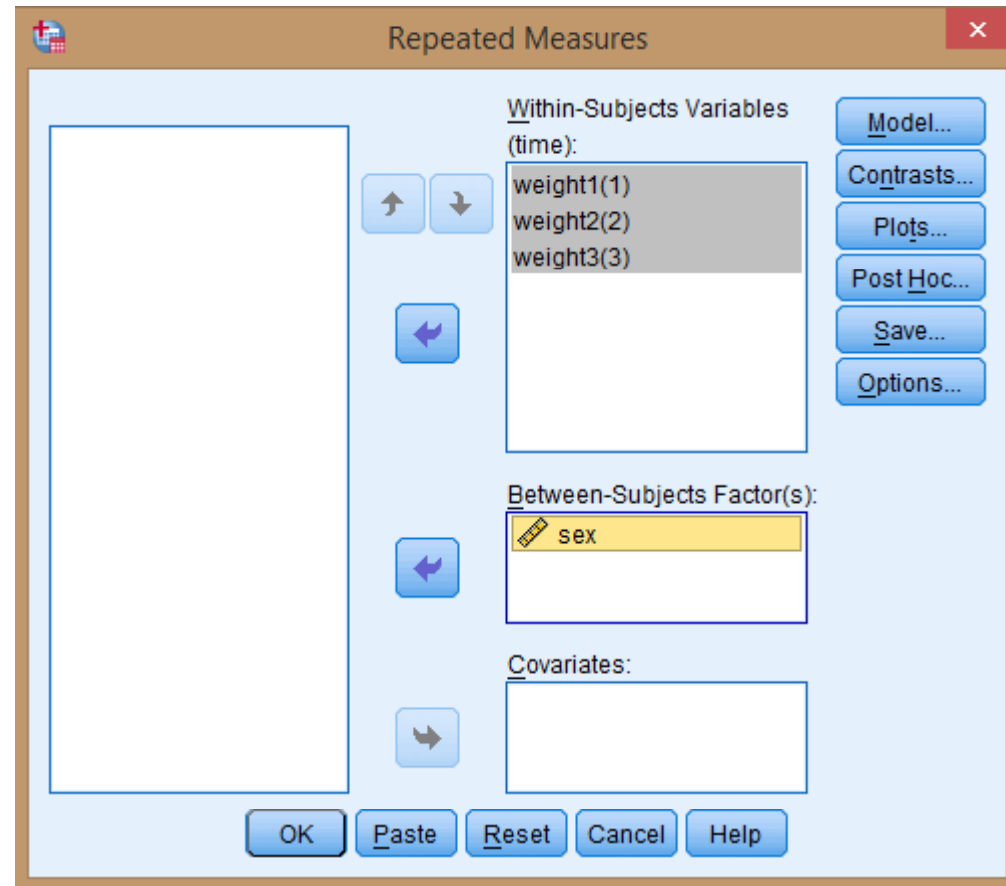
SPSS Repeated Measures Define Factor dialog box. The 'Within-Subject Factor Name' field is empty. The 'Number of Levels' field is empty. The list of factors contains 'time(3)'. A red arrow points to the 'Define' button at the bottom.



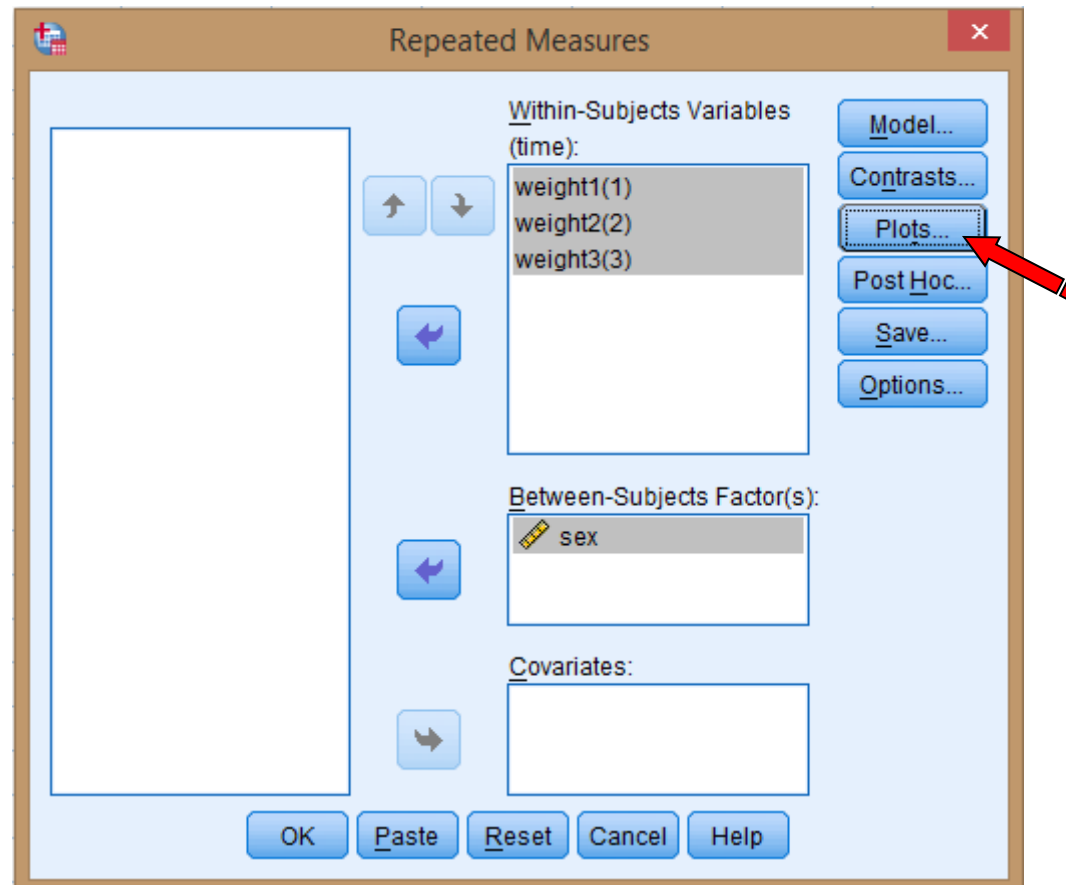


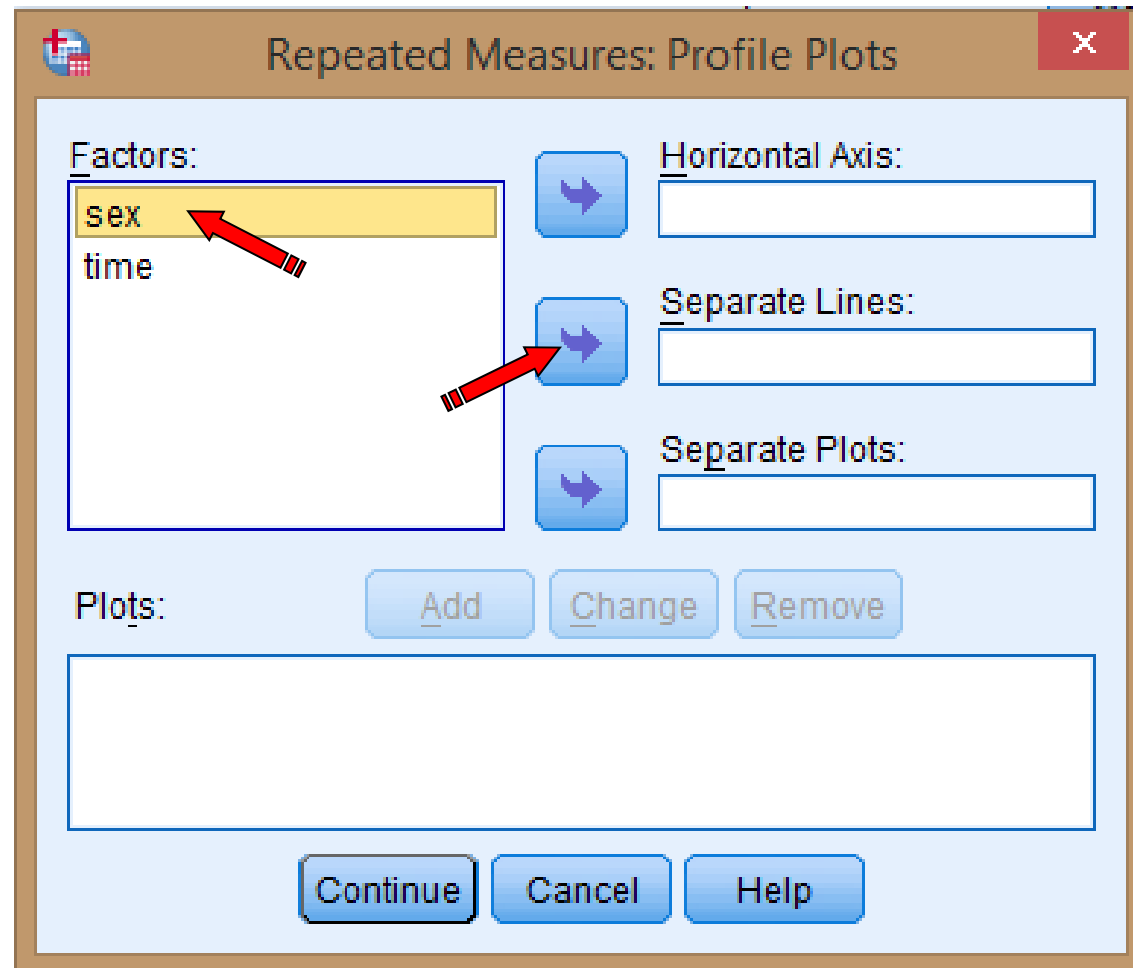
Καθορισμός
βαθμίδων
επαναλαμβανόμενου
παράγοντα





Καθορισμός
ανεξάρτητου
παράγοντα





 Repeated Measures: Profile Plots 

Factors:

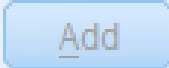
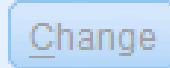
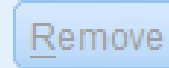
sex
time

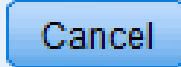
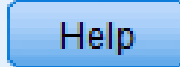
 **Horizontal Axis:**

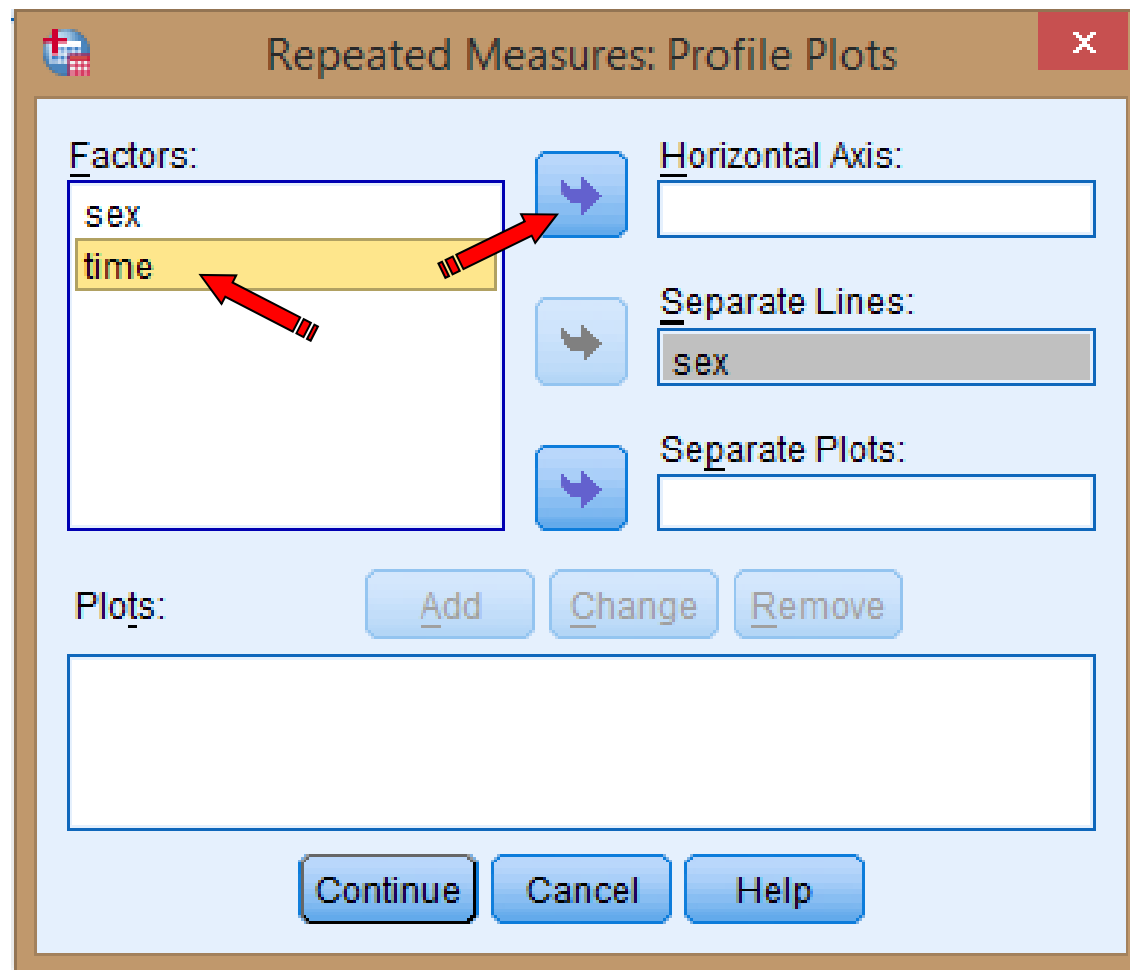
 **Separate Lines:**

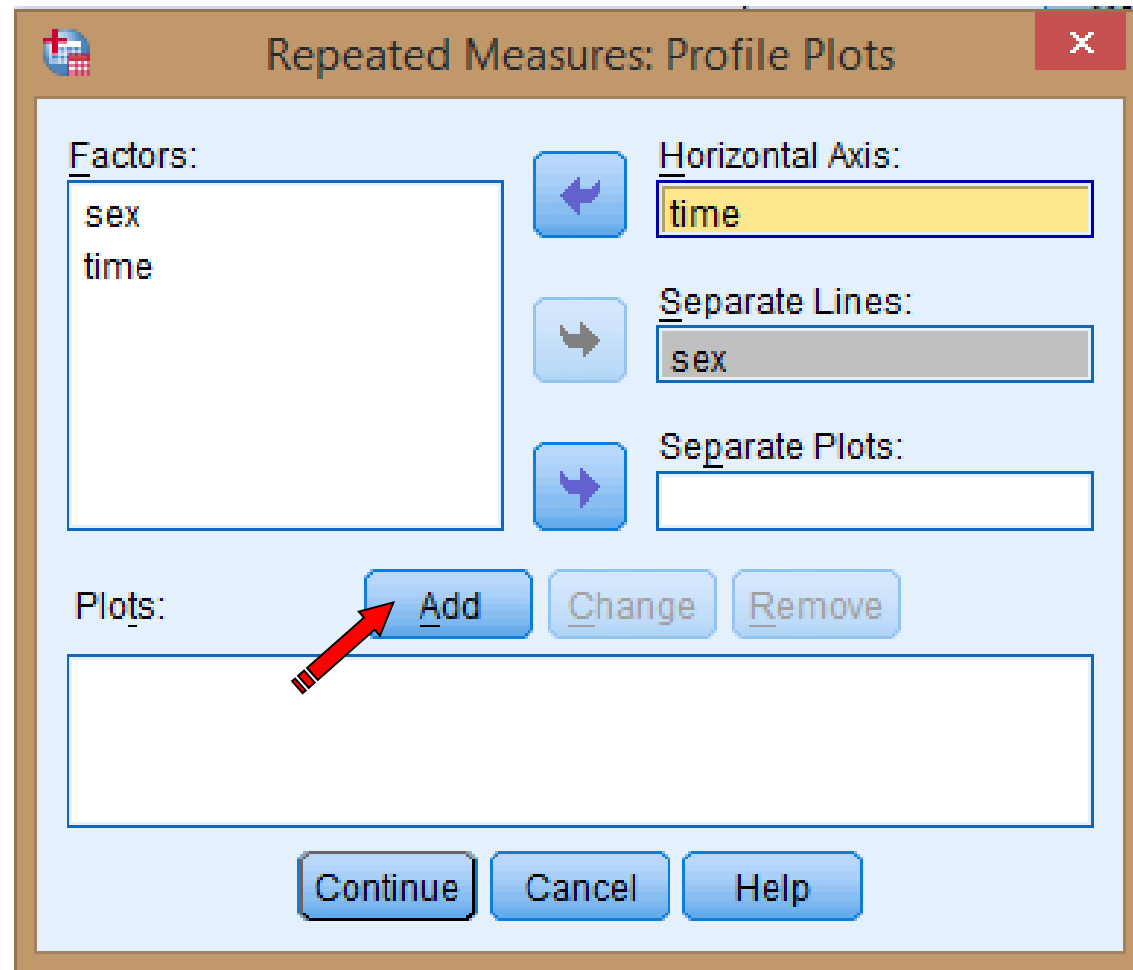
sex

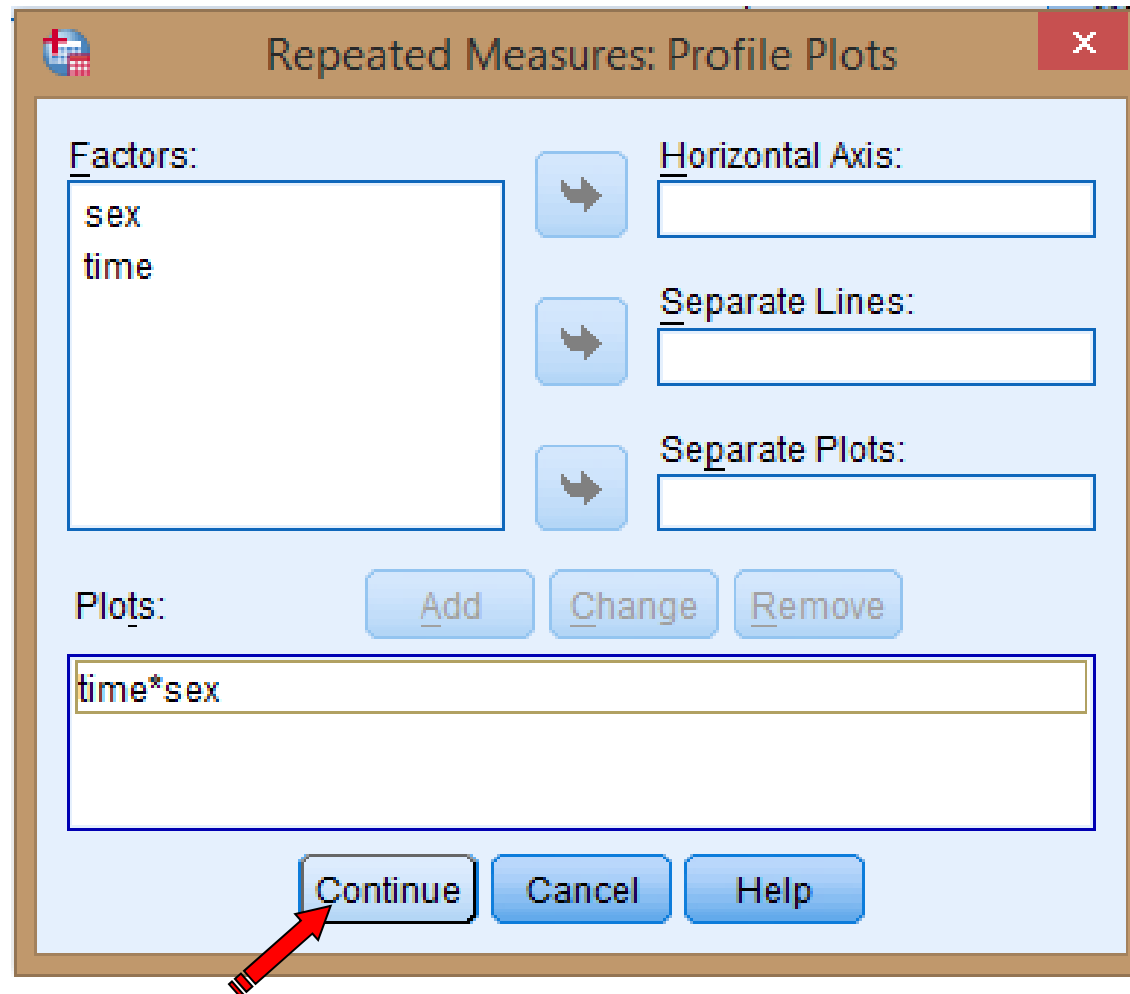
 **Separate Plots:**

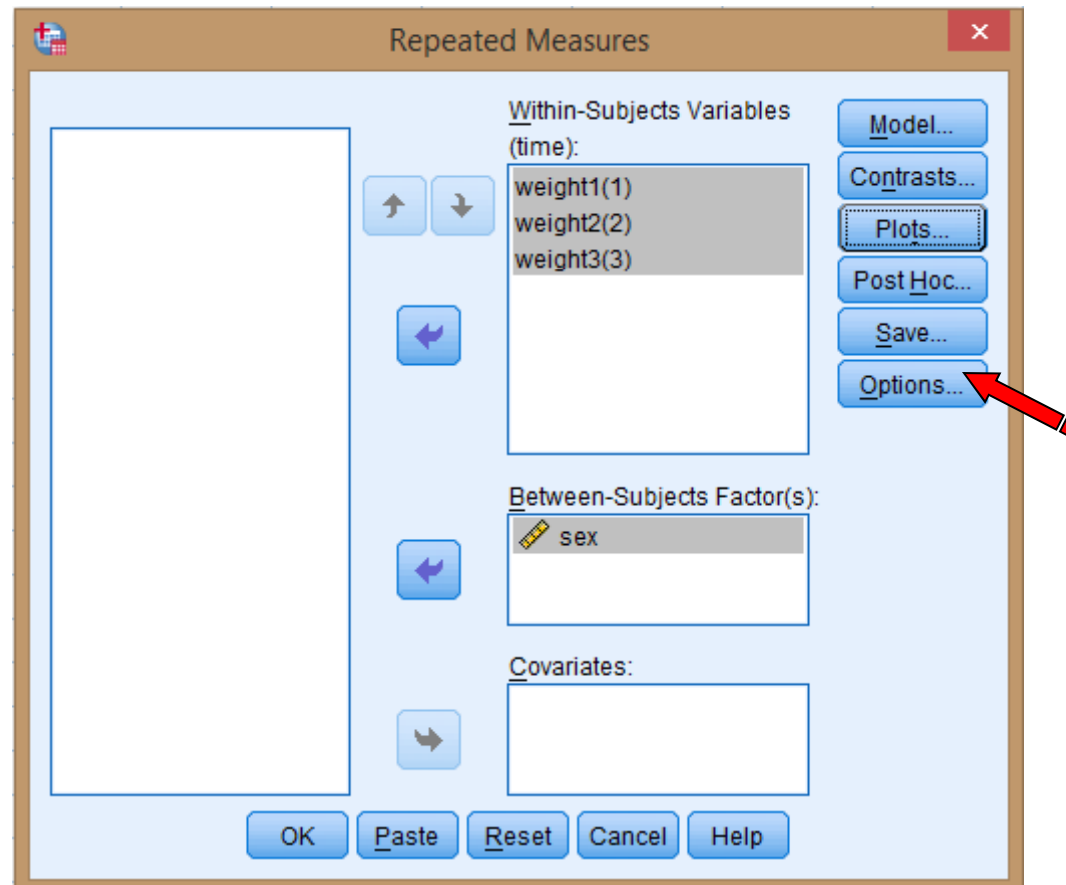
Plots:   

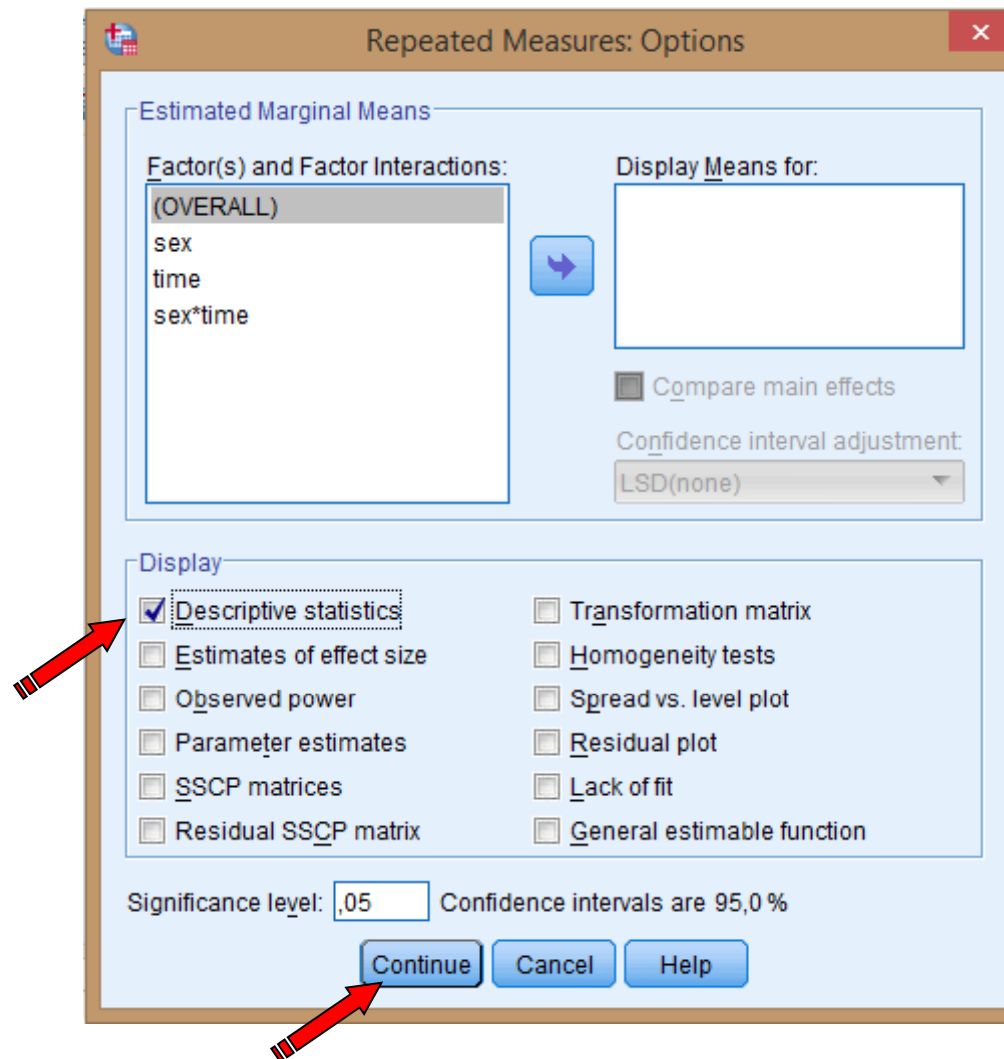
  

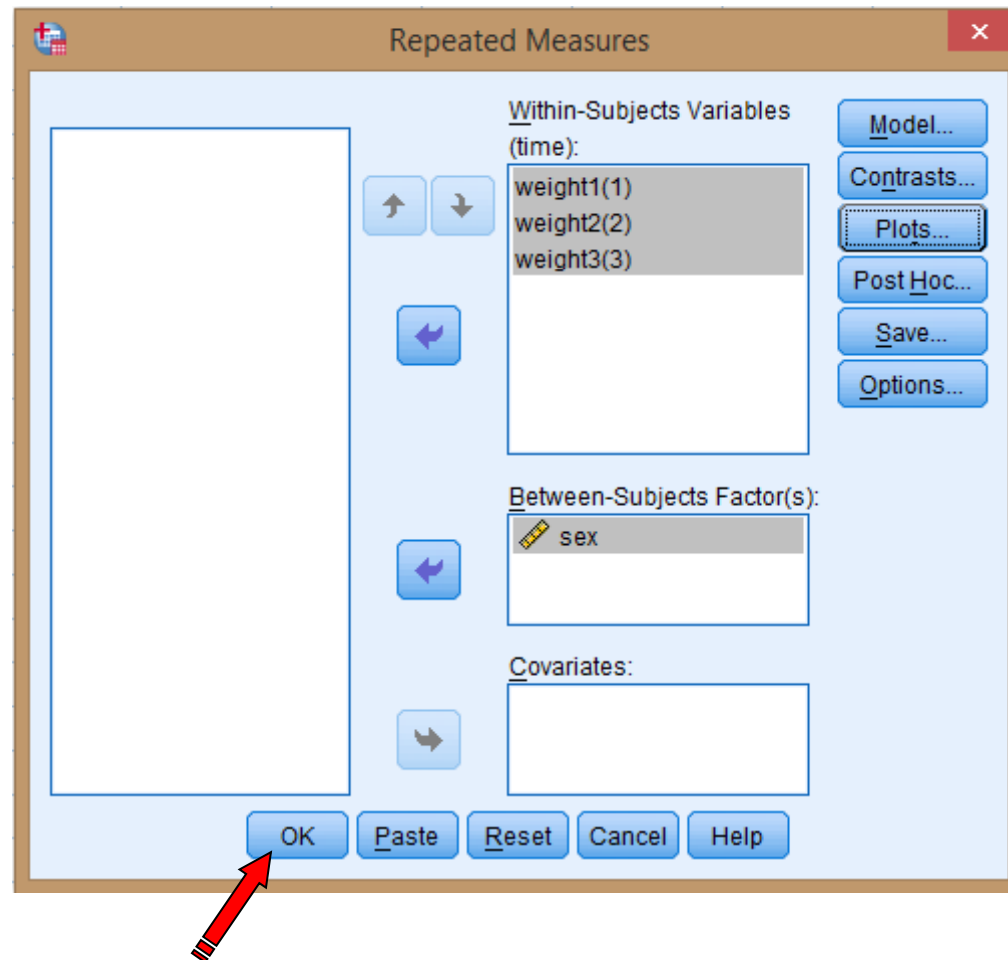












N802_D09_08_Two Way Repeated Measures_(interaction)_output

Tests of Within-Subjects Effects

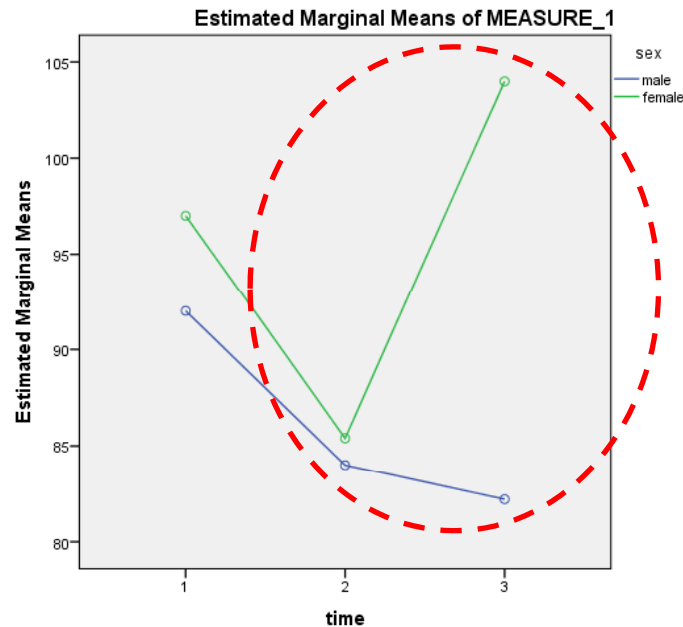
Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	561,867	2	280,933	160,533	,000
	Greenhouse-Geisser	561,867	1,423	394,759	160,533	,000
	Huynh-Feldt	561,867	1,860	302,066	160,533	,000
	Lower-bound	561,867	1,000	561,867	160,533	,000
time * sex	Sphericity Assumed	592,800	2	296,400	169,371	,000
	Greenhouse-Geisser	592,800	1,423	416,492	169,371	,000
	Huynh-Feldt	592,800	1,860	318,696	169,371	,000
	Lower-bound	592,800	1,000	592,800	169,371	,000
Error(time)	Sphericity Assumed	28,000	16	1,750		
	Greenhouse-Geisser	28,000	11,387	2,459		
	Huynh-Feldt	28,000	14,881	1,882		
	Lower-bound	28,000	8,000	3,500		

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς έναν επαναλαμβανόμενο και έναν ανεξάρτητο παράγοντα

(Two Way repeated measures) διαπιστώθηκε

στατιστικά σημαντική **αλληλεπίδραση** μεταξύ των δύο παραγόντων ($F_{2,16} = 169.371$; $p < 0.05$) στο σωματικό βάρος.



Εφόσον υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση,
η επίδραση του ενός παράγοντα [π.χ. του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (time)]
ΔΕΝ θα είναι σταθερή (ΔΕΝ θα είναι ΙΔΙΑ) σε όλες τις βαθμίδες του άλλου παράγοντα
[π.χ. του παράγοντα «φύλο»(sex)]

Δηλαδή:

ενώ στα αγόρια μεταξύ της 2^{ης} και της 3^{ης} μέτρησης
φαίνεται να υπάρχει διατήρηση του σωματικού βάρους
στα κορίτσια φαίνεται να υπάρχει αύξηση

... συνεπώς (εφόσον υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση)
ΔΕΝ μπορούμε και ΔΕΝ ΠΡΕΠΕΙ να κοιτάξουμε τις κύριες επιδράσεις (!!!)
γιατί θα καταλήξουμε σε εσφαλμένα συμπεράσματα (!!!)

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	561,867	2	280,933	160,533	,000
	Greenhouse-Geisser	561,867	1,423	394,759	160,533	,000
	Huynh-Feldt	561,867	1,860	302,066	160,533	,000
	Lower-bound	561,867	1,000	561,867	160,533	,000
time * sex	Sphericity Assumed	592,800	2	296,400	169,371	,000
	Greenhouse-Geisser	592,800	1,423	416,492	169,371	,000
	Huynh-Feldt	592,800	1,860	318,696	169,371	,000
	Lower-bound	592,800	1,000	592,800	169,371	,000
Error(time)	Sphericity Assumed	28,000	16	1,750		
	Greenhouse-Geisser	28,000	11,387	2,459		
	Huynh-Feldt	28,000	14,881	1,882		
	Lower-bound	28,000	8,000	3,500		



Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	247157,633	1	247157,633	21491,968	,000
sex	662,700	1	662,700	57,626	,000
Error	92,000	8	11,500		

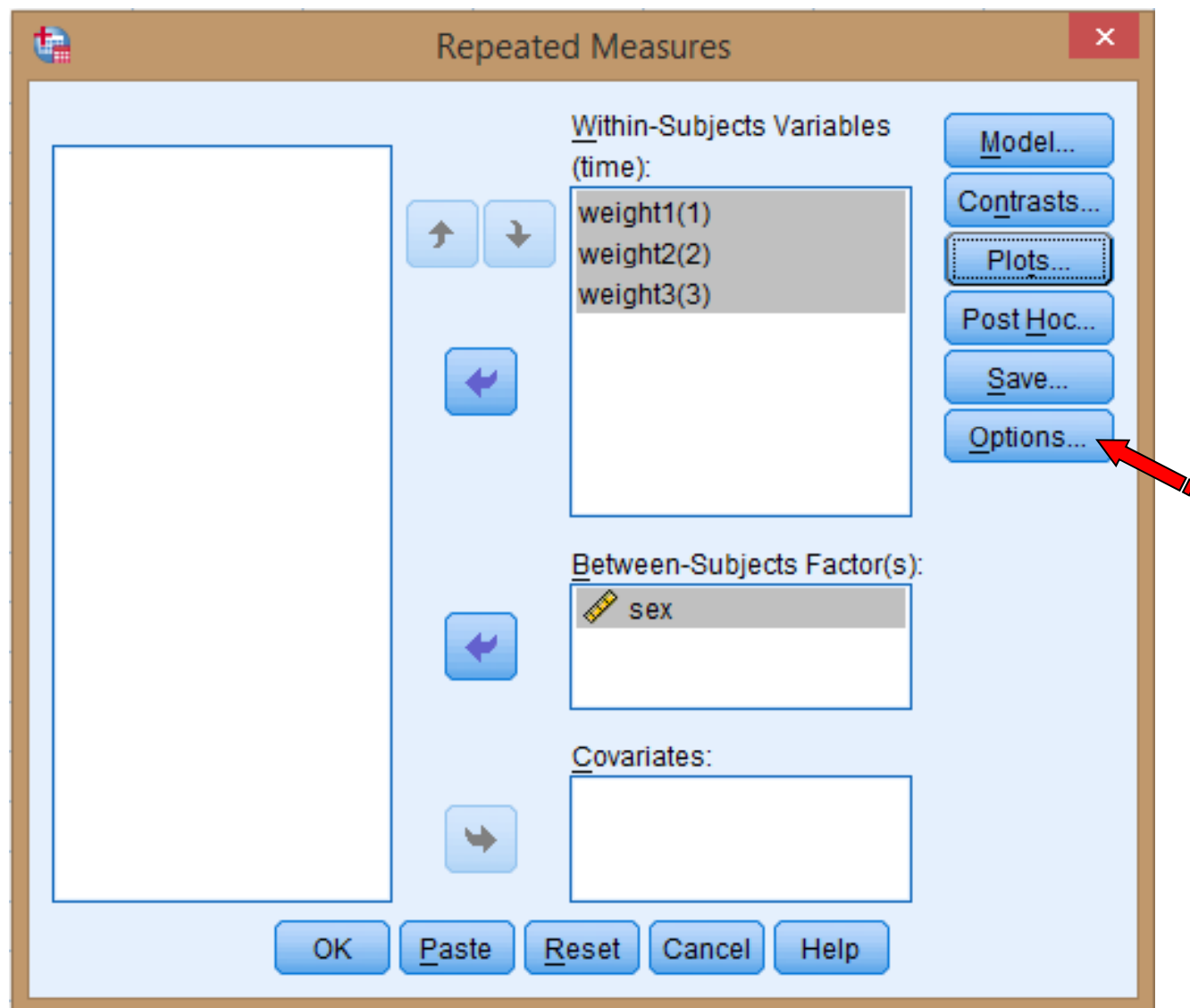


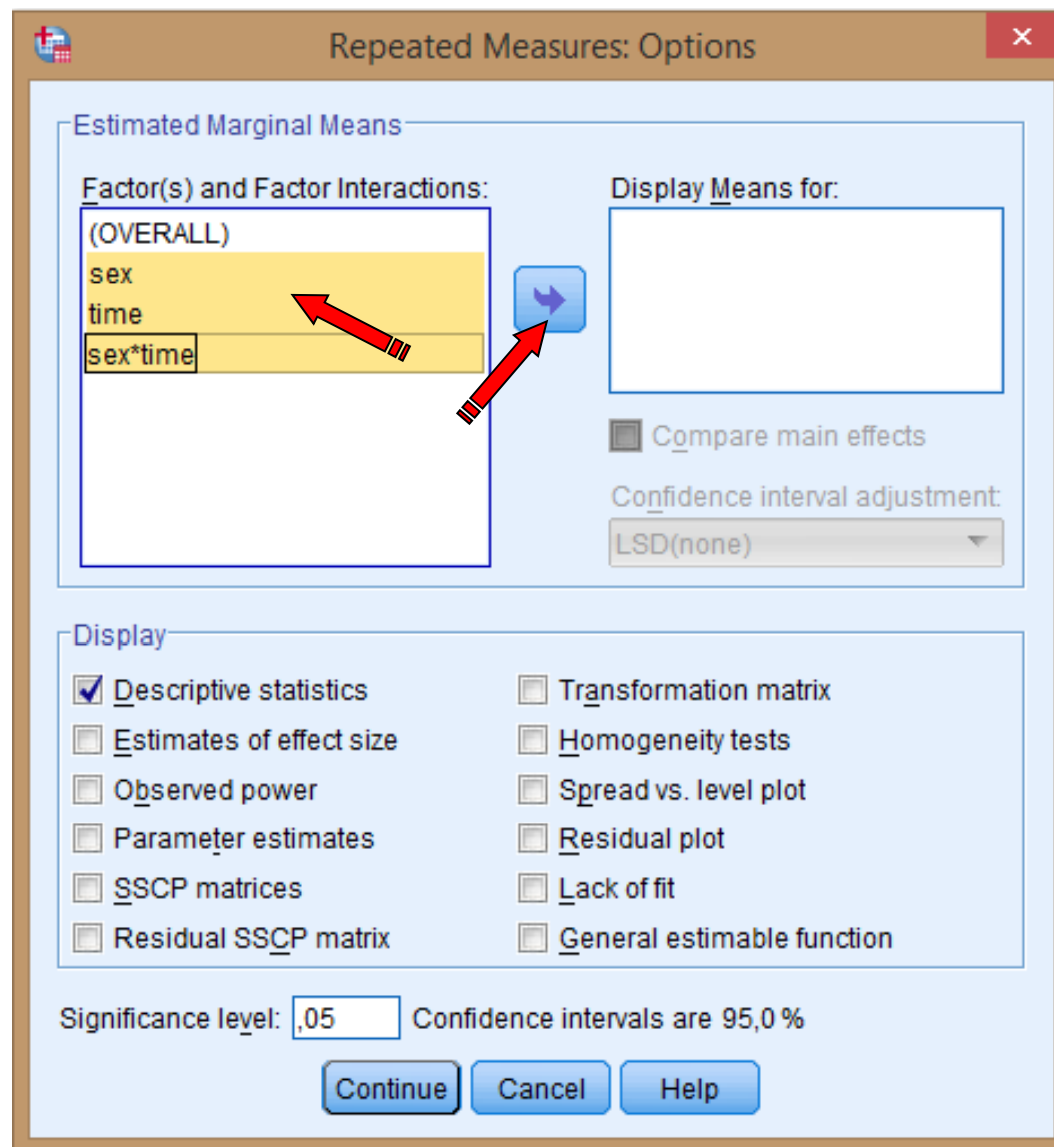
Θα πρέπει
να αναλυθεί η επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (time)
(weight_1, weight_2, weight_3) (simple main effect)
σε κάθε μία από τις βαθμίδες του παράγοντα «φύλο» (αγόρια, κορίτσια)

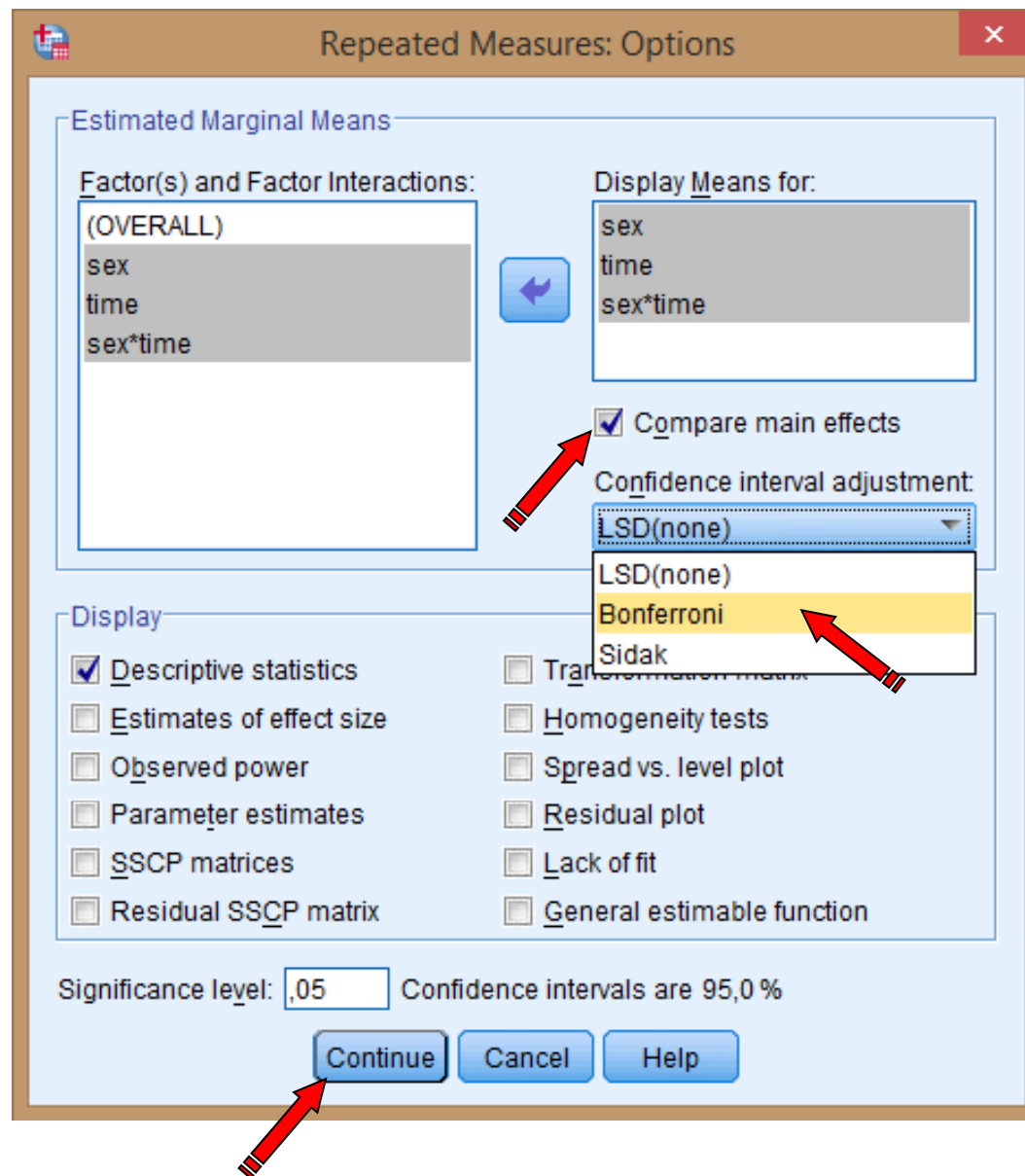
Descriptive Statistics

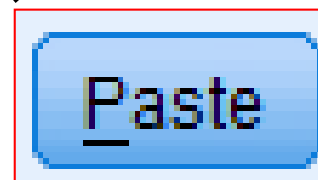
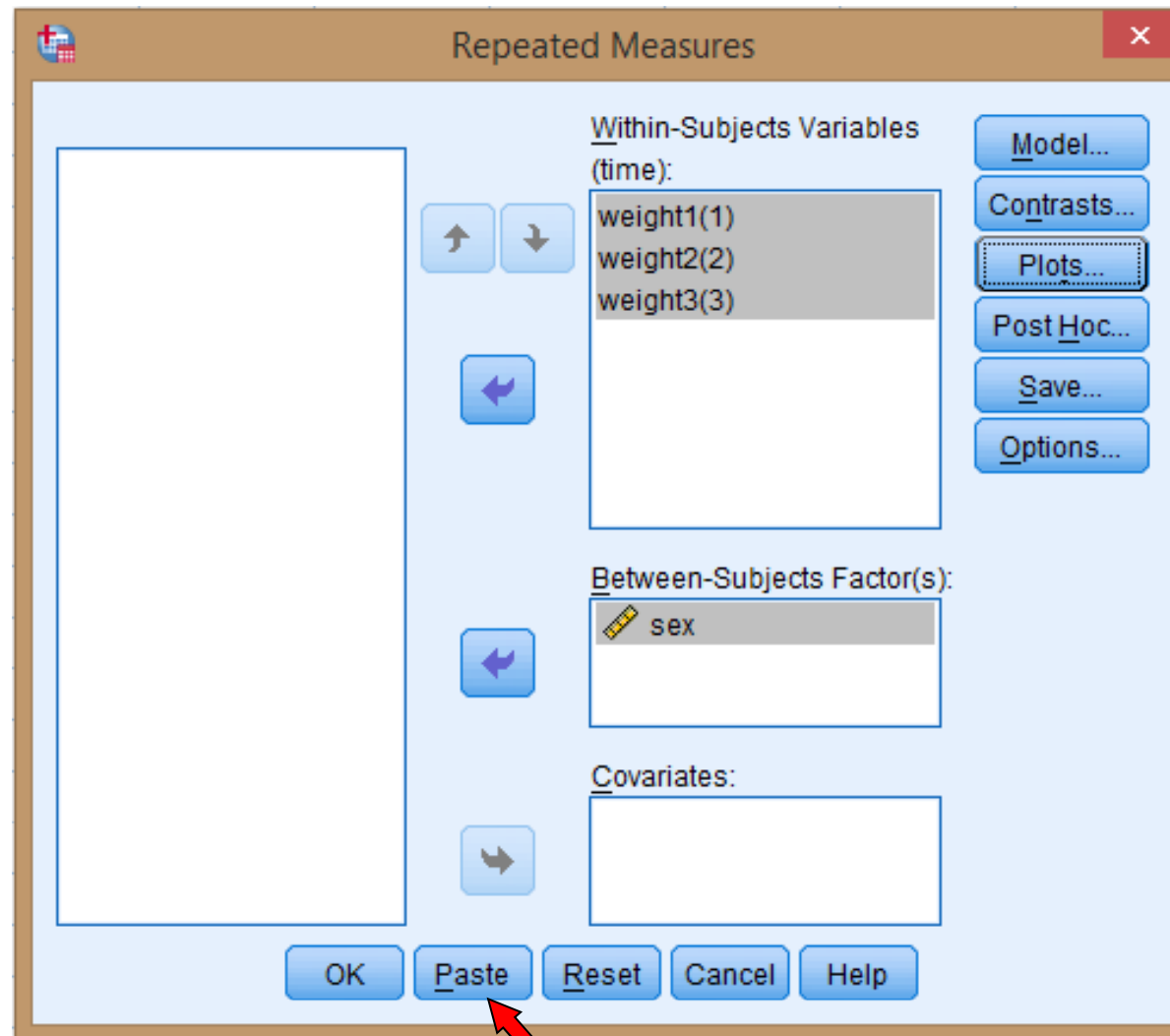
	sex	Mean	Std. Deviation	N
weight1	male	92,00	1,581	5
	female	97,00	1,581	5
	Total	94,50	3,028	10
weight2	male	84,00	1,581	5
	female	85,40	3,209	5
	Total	84,70	2,497	10
weight3	male	82,20	1,924	5
	female	104,00	2,915	5
	Total	93,10	11,723	10

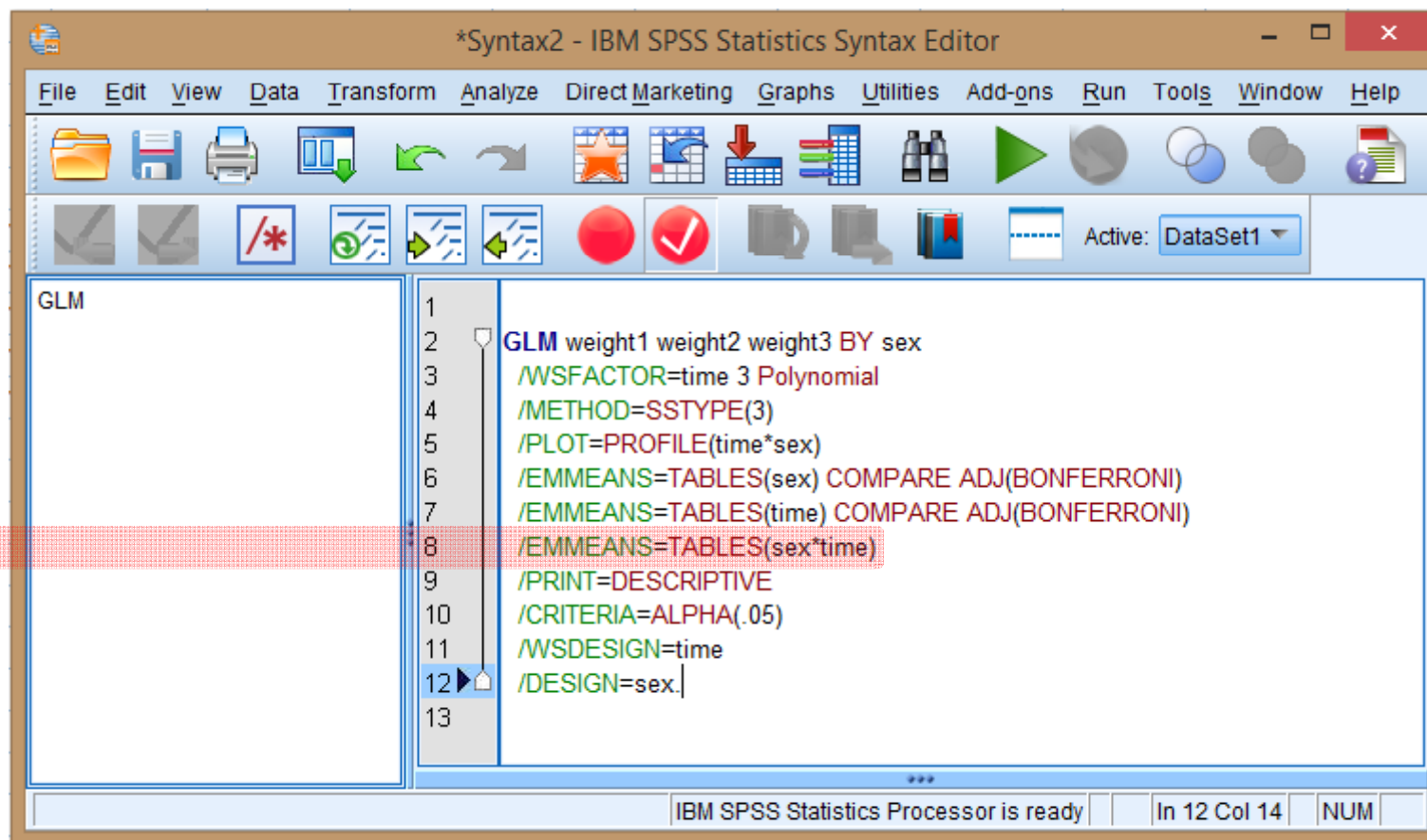
Δηλαδή
αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μέσων όρων του σωματικού βάρους
κατά την 1^η μέτρηση, τη 2^η μέτρηση και την 3^η μέτρηση
ξεχωριστά σε κάθε μία από τις βαθμίδες του παράγοντα φύλο (αγόρια, κορίτσια)

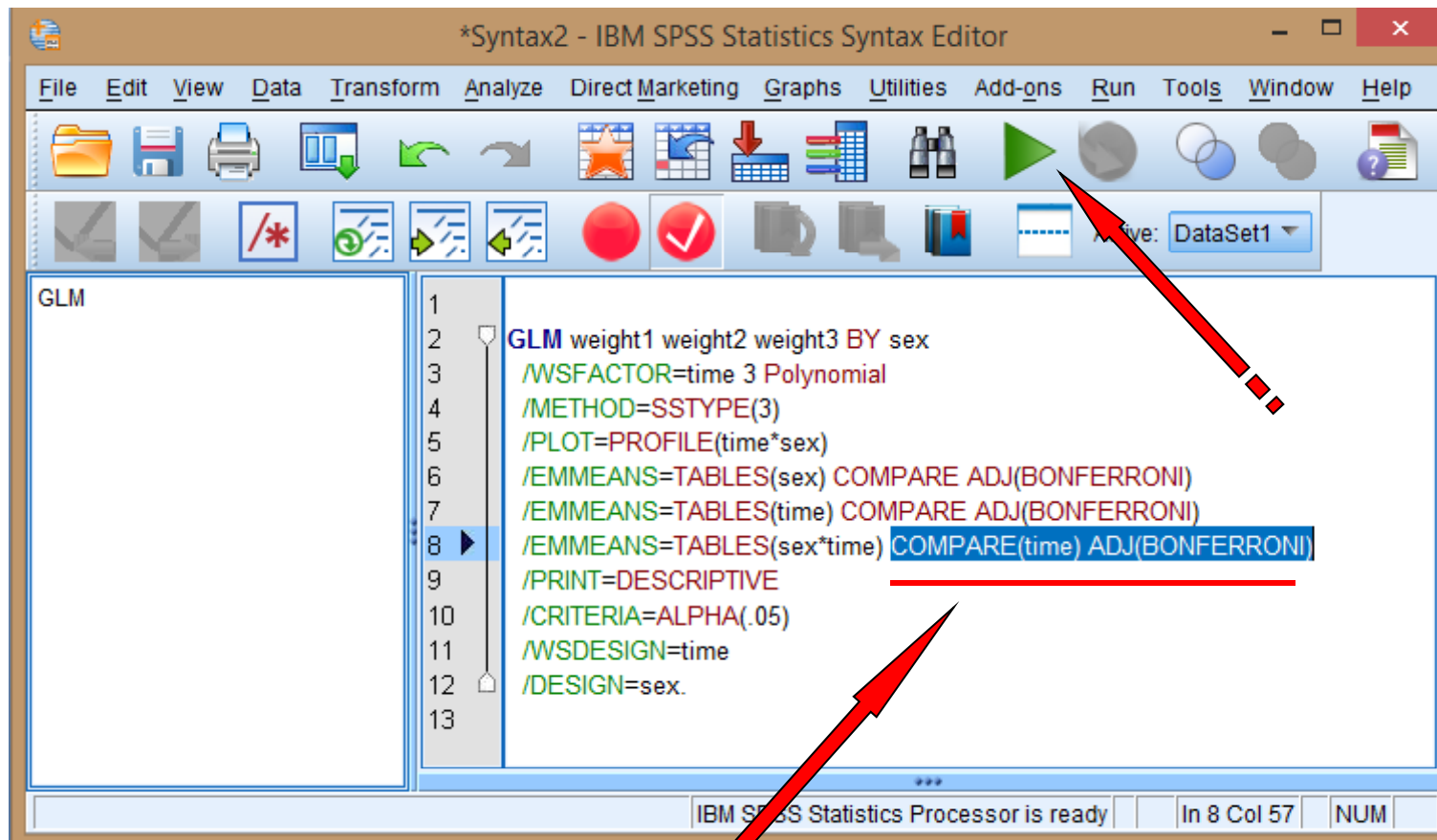












πληκτρολογούμε την εντολή **COMPARE (time) ADJ (BONFERRONI)**
για να αναλυθεί η επίδραση (simple main effect) του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (time)
σε κάθε μία από τις βαθμίδες του παράγοντα «φύλο» (sex)

3. sex * time

Estimates

Measure: MEASURE_1

sex	time	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
male	1	92,000	,707	90,369	93,631
	2	84,000	1,131	81,391	86,609
	3	82,200	1,105	79,653	84,747
female	1	97,000	,707	95,369	98,631
	2	85,400	1,131	82,791	88,009
	3	104,000	1,105	101,453	106,547

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

sex	(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
male	1	2	8,000 [*]	,574	,000	6,268	9,732
		3	9,800 [*]	,819	,000	7,331	12,269
	2	1	-8,000 [*]	,574	,000	-9,732	-6,268
		3	1,800	1,049	,373	-1,363	4,963
	3	1	-9,800 [*]	,819	,000	-12,269	-7,331
		2	-1,800	1,049	,373	-4,963	1,363
female	1	2	11,600 [*]	,574	,000	9,868	13,332
		3	-7,000 [*]	,819	,000	-9,469	-4,531
	2	1	-11,600 [*]	,574	,000	-13,332	-9,868
		3	-18,600 [*]	1,049	,000	-21,763	-15,437
	3	1	7,000 [*]	,819	,000	4,531	9,469
		2	18,600 [*]	1,049	,000	15,437	21,763

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Multivariate Tests

sex		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
male	Pillai's trace	,979	164,940 ^a	2,000	7,000	,000
	Wilks' lambda	,021	164,940 ^a	2,000	7,000	,000
	Hotelling's trace	47,126	164,940 ^a	2,000	7,000	,000
	Roy's largest root	47,126	164,940 ^a	2,000	7,000	,000
female	Pillai's trace	,983	196,545 ^a	2,000	7,000	,000
	Wilks' lambda	,017	196,545 ^a	2,000	7,000	,000
	Hotelling's trace	56,156	196,545 ^a	2,000	7,000	,000
	Roy's largest root	56,156	196,545 ^a	2,000	7,000	,000

Each F tests the multivariate simple effects of time within each level combination of the other effects shown. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Exact statistic

Αναλύοντας την αλληλεπίδραση

για την κάθε μία βαθμίδα του παράγοντα «φύλο» (αγόρια, κορίτσια – male, female)
διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης»
σε όλες τις βαθμίδες

Αγόρια (male): $F_{(2,7)} = 164.940; p = 0.000 < 0.05$

Κορίτσια (female): $F_{(2,7)} = 196.545; p = 0.000 < 0.05$

... καθώς ο παράγοντας «χρονική στιγμή μέτρησης» έχει πάνω από 2 βαθμίδες, (έχει 3 βαθμίδες) ...

για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών
μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης»
ξεχωριστά σε κάθε βαθμίδα του παράγοντα φύλο
πρέπει να εφαρμοστεί κάποιο τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ...

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

sex	(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
male	1	2	8,000*	,574	,000	6,268	9,732
		3	9,800*	,819	,000	7,331	12,269
	2	1	-8,000*	,574	,000	-9,732	-6,268
		3	1,800	1,049	,373	-1,363	4,963
	3	1	-9,800*	,819	,000	-12,269	-7,331
		2	-1,800	1,049	,373	-4,963	1,363
female	1	2	11,600*	,574	,000	9,868	13,332
		3	-7,000*	,819	,000	-9,469	-4,531
	2	1	-11,600*	,574	,000	-13,332	-9,868
		3	-18,600*	1,049	,000	-21,763	-15,437
	3	1	7,000*	,819	,000	4,531	9,469
		2	18,600*	1,049	,000	15,437	21,763

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

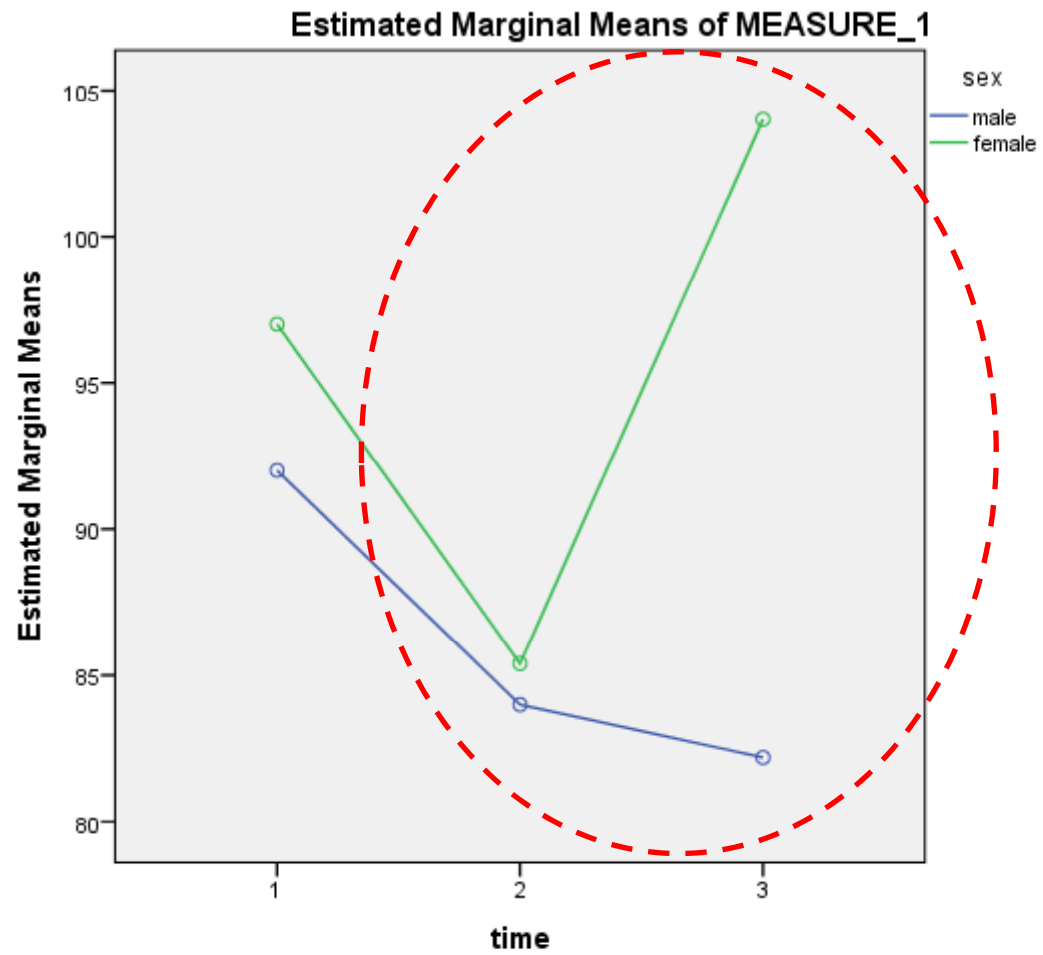
Όπου υπάρχει
στατιστικά
σημαντική
διαφορά
υπάρχει
αστεράκι (*) ...

... και
το αντίστοιχο
επίπεδο
σημαντικότητας
(Sig.)
είναι μικρότερο
από 0.05

Descriptive Statistics

	sex	Mean	Std. Deviation	N
weight1	male	92,00	1,581	5
	female	97,00	1,581	5
	Total	94,50	3,028	10
weight2	male	84,00	1,581	5
	female	85,40	3,209	5
	Total	84,70	2,497	10
weight3	male	82,20	1,924	5
	female	104,00	2,915	5
	Total	93,10	11,723	10

Από την εφαρμογή του **τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni** διαπιστώθηκε ότι ... στα **αγόρια** το σωματικό βάρος μειώθηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ της 1^{ης} μέτρησης (**92.00 ± 1.581 kg**) και της 2^{ης} μέτρησης (**84.00 ± 1.581 kg**), και **παρέμεινε αμετάβλητο** κατά την 3^η μέτρηση (**82.20 ± 1.924kg**)ενώ στα **κορίτσια** το σωματικό βάρος μειώθηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ της 1^{ης} μέτρησης (**97.00 ± 1.581 kg**) και της 2^{ης} μέτρησης (**85.40 ± 3.209 kg**), όμως **αυξήθηκε και πάλι** στατιστικά σημαντικά κατά την 3^η μέτρηση (**104.00 ± 2.915 kg**)

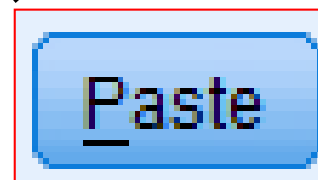
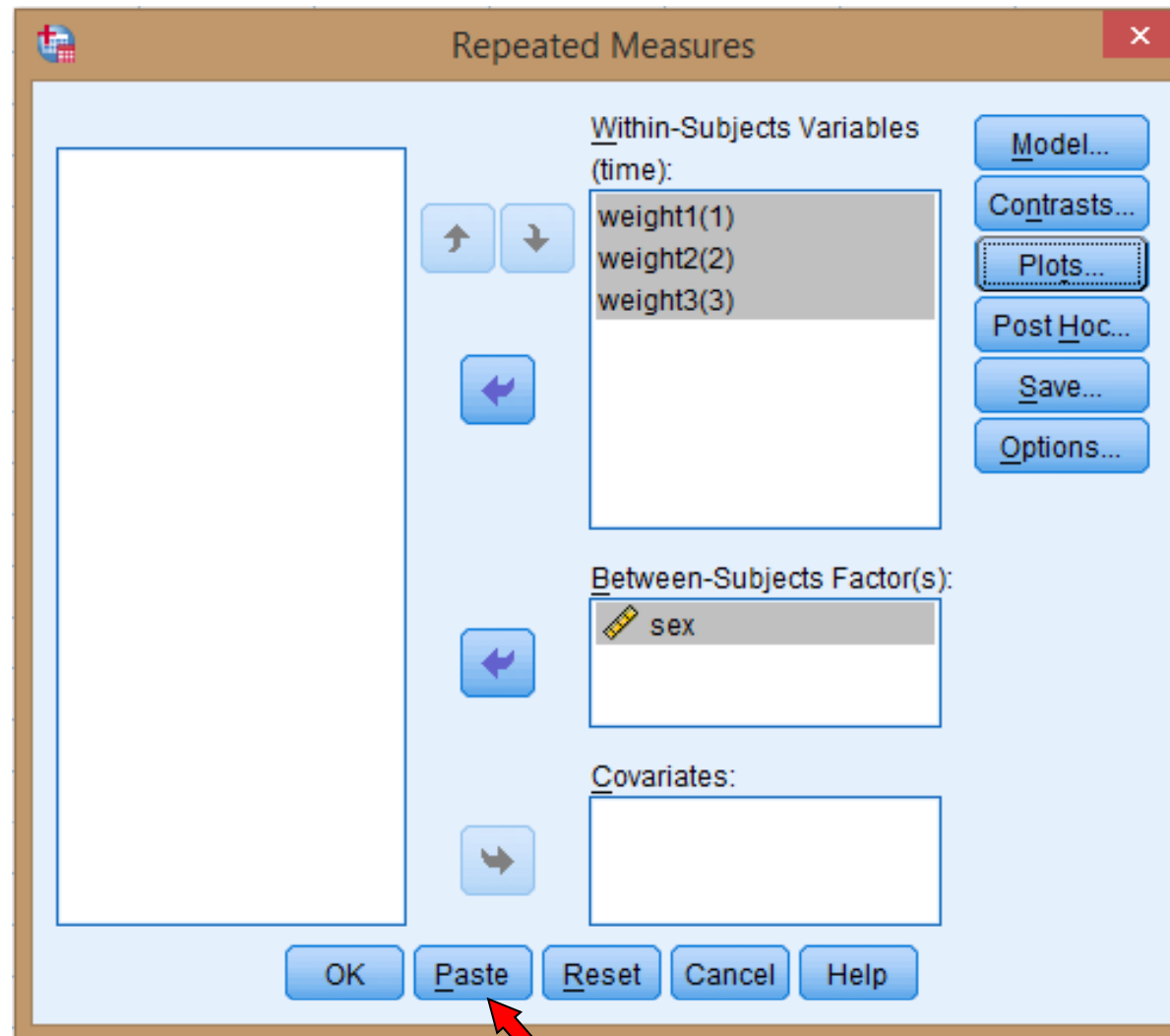


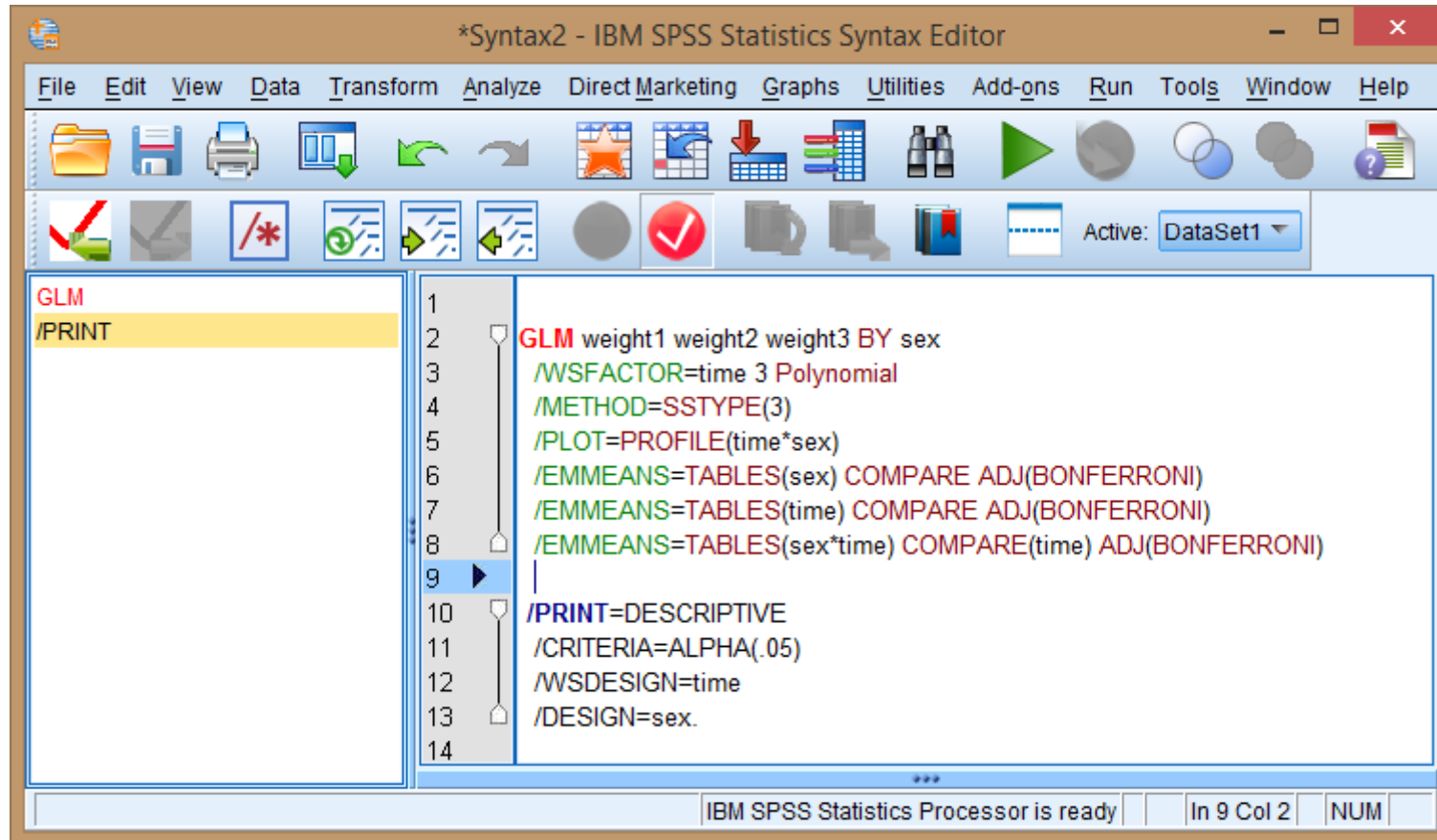
Για να
αναλυθεί η επίδραση (simple main effect) του παράγοντα «**φύλο**» (αγόρια, κορίτσια)
σε κάθε μία από τις βαθμίδες του παράγοντα «**χρονική στιγμή μέτρησης**»...

Descriptive Statistics

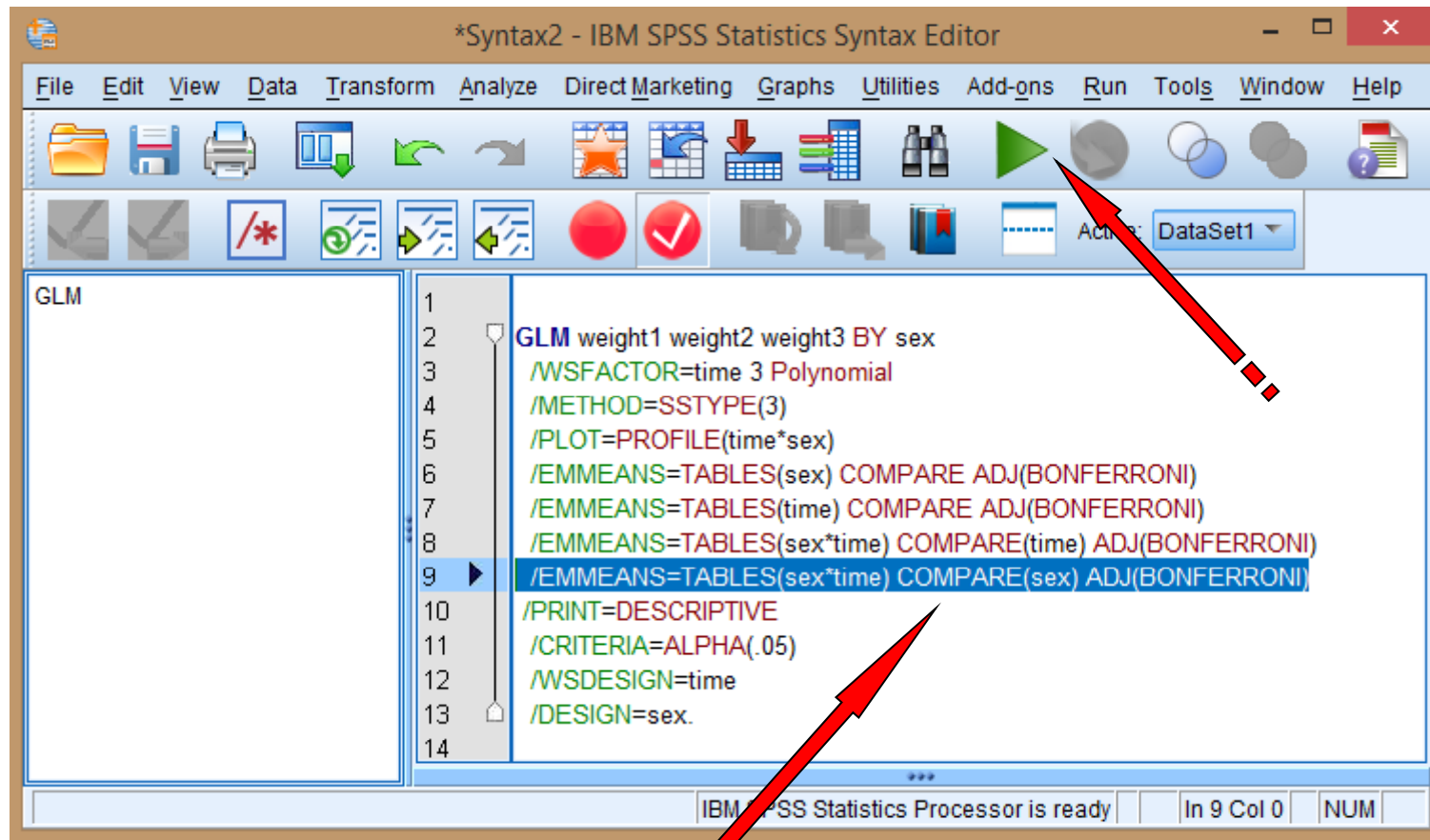
	sex	Mean	Std. Deviation	N
weight1	male	92,00	1,581	5
	female	97,00	1,581	5
	Total	94,50	3,028	10
weight2	male	84,00	1,581	5
	female	85,40	3,209	5
	Total	84,70	2,497	10
weight3	male	82,20	1,924	5
	female	104,00	2,915	5
	Total	93,10	11,723	10

Δηλαδή
 αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των αγοριών και των κοριτσιών
σε κάθε μία ξεχωριστά από τις βαθμίδες του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (1^η, 2^η & 3^η μέτρηση)





N802_D09_09_Two Way Repeated Measures_(interaction)_Syntax1



πληκτρολογούμε την εντολή **COMPARE (sex) ADJ (Bonferroni)**
για να αναλυθεί η επίδραση (simple main effect) του παράγοντα «φύλο» (sex)
σε κάθε μία από τις βαθμίδες του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (time)

4. sex * time

Estimates

Measure: MEASURE_1

sex	time	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
male	1	92,000	,707	90,369	93,631
	2	84,000	1,131	81,391	86,609
	3	82,200	1,105	79,653	84,747
female	1	97,000	,707	95,369	98,631
	2	85,400	1,131	82,791	88,009
	3	104,000	1,105	101,453	106,547

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

time	(I) sex	(J) sex	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
1	male	female	-5,000*	1,000	,001	-7,306	-2,694
	female	male	5,000*	1,000	,001	2,694	7,306
2	male	female	-1,400	1,600	,407	-5,090	2,290
	female	male	1,400	1,600	,407	-2,290	5,090
3	male	female	-21,800*	1,562	,000	-25,402	-18,198
	female	male	21,800*	1,562	,000	18,198	25,402

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Univariate Tests

Measure: MEASURE_1

time		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Contrast	62,500	1	62,500	25,000	,001
	Error	20,000	8	2,500		
2	Contrast	4,900	1	4,900	,766	,407
	Error	51,200	8	6,400		
3	Contrast	1188,100	1	1188,100	194,770	,000
	Error	48,800	8	6,100		

Each F tests the simple effects of sex within each level combination of the other effects shown. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Αναλύοντας την αλληλεπίδραση
για την κάθε μία βαθμίδα του παράγοντα «χρονική στιγμή μέτρησης» (1^η, 2^η & 3^η μέτρηση)
 διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική **επίδραση** του παράγοντα **«φύλο»**
μόνο στην 1^η και την 3^η μέτρηση

1^η μέτρηση: $F_{(1,8)} = 25.000; p = 0.001 < 0.05$

2^η μέτρηση: $F_{(1,8)} = 0.766; p = 0.407 > 0.05$

3^η μέτρηση: $F_{(1,8)} = 194.770; p = 0.000 < 0.05$

... καθώς ο παράγοντας «φύλο» έχει ΜΟΝΟ δύο (2) βαθμίδες ...
για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών
μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «φύλο»
ΔΕΝ χρειάζεται να εφαρμοστεί κάποιο τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ...

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

time	(I) sex	(J) sex	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
1	male	female	-5,000*	1,000	,001	-7,306	-2,694
	female	male	5,000*	1,000	,001	2,694	7,306
2	male	female	-1,400	1,600	,407	-5,090	2,290
	female	male	1,400	1,600	,407	-2,290	5,090
3	male	female	-21,800*	1,562	,000	-25,402	-18,198
	female	male	21,800*	1,562	,000	18,198	25,402

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Descriptive Statistics

	sex	Mean	Std. Deviation	N
weight1	male	92,00	1,581	5
	female	97,00	1,581	5
	Total	94,50	3,028	10
weight2	male	84,00	1,581	5
	female	85,40	3,209	5
	Total	84,70	2,497	10
weight3	male	82,20	1,924	5
	female	104,00	2,915	5
	Total	93,10	11,723	10

Από την εφαρμογή του **τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni** διαπιστώθηκε ότι
... στην **1^η μέτρηση**

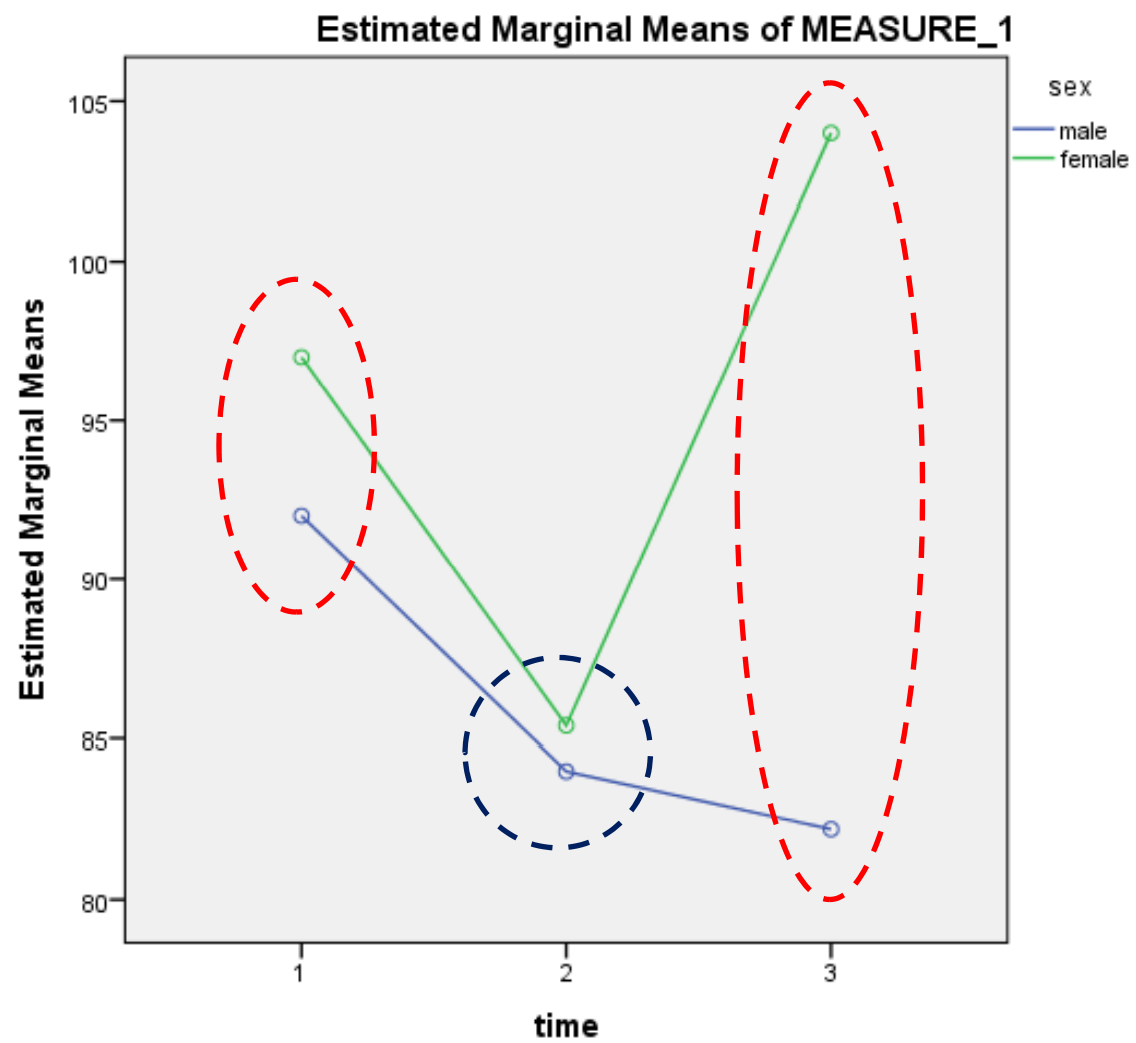
τα αγόρια (**92.00 ± 1.581 kg**) είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο σωματικό βάρος
από τα κορίτσια (**97.00 ± 1.581 kg**),

... στην **2^η μέτρηση**

τα αγόρια (**84.00 ± 1.581 kg**) **δεν διέφεραν** στατιστικά σημαντικά στο σωματικό τους βάρος
από τα κορίτσια (**85.40 ± 3.209 kg**),

...ενώ στην **3^η μέτρηση**

τα αγόρια (**82.20 ± 1.924 kg**) είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο σωματικό βάρος
από τα κορίτσια (**104.00 ± 2.915 kg**).



Ερωτήσεις ;

