



## **ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ**

### **ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ**

# **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΛΚΑΛΙΚΗΣ ΦΩΣΦΑΤΑΣΗΣ, ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΑΤΟΜΑ ΗΛΙΚΙΑΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 65 ΕΤΩΝ**

**ΚΑΜΠΟΛΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**

#### **Διπλωματική Εργασία**

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής  
του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών στο πλαίσιο του  
Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών

Αθήνα

Ιούνιος 2019



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Στατιστικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Παπαγεωργίου Ιουλία, για τις χρήσιμες συμβουλές και την καθοδήγησή της κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής μου εργασίας. Την ευχαριστώ πολύ που με εμπιστεύτηκε να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή και με υπομονή με βοήθησε να την ολοκληρώσω.



## **ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ**

Ονομάζομαι Καμπόλης Αλέξανδρος. Γεννήθηκα στις 15 Μαρτίου 1996 στην Αθήνα Αττικής και διαμένω μόνιμα στην Καλλιθέα Αττικής. Είμαι τελειόφοιτος φοιτητής του Τμήματος Στατιστικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καμπόλης Αλέξανδρος

### **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΛΚΑΛΙΚΗΣ ΦΩΣΦΑΤΑΣΗΣ, ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΑΤΟΜΑ ΗΛΙΚΙΑΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 65 ΕΤΩΝ**

Ιούνιος 2019

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση δεδομένων που συλλέχθηκαν το 1998 από τους Joan Boyd και Maria Delost, οι οποίοι είναι καθηγητές του Τμήματος Επαγγελματών Υγείας του Youngstown State University των Ηνωμένων Πολιτειών, και από τον John Holcomb, ο οποίος είναι καθηγητής του Τμήματος Επαγγελματών Υγείας του Cleveland State University των Ηνωμένων Πολιτειών, και αφορούν μετρήσεις αλκαλικής φωσφατάσης, ασβεστίου και φωσφόρου σε 174 άτομα άνω των 65 ετών. Για κάθε άτομο εκτός από τις μετρήσεις των τριών αυτών δεικτών έχουμε την ηλικία του, το φύλο του, το εργαστήριο στο οποίο μετρήθηκαν οι δείκτες και την τιμή 1, 2, 3, 4 ή 5 ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκει (1 για την ηλικιακή ομάδα 65 – 69, 2 για 70 – 74, 3 για 75 – 79, 4 για 80 – 84, 5 για 85 – 89). Στόχος της ανάλυσης είναι ο εντοπισμός διαφορών μεταξύ ανδρών και γυναικών ως προς τους τρεις αιματολογικούς δείκτες, ο εντοπισμός διαφορών των αιματολογικών δεικτών ως προς τους τύπους εργαστηρίων στα οποία μετρήθηκαν οι δείκτες, καθώς και ο εντοπισμός διαφορών των αιματολογικών δεικτών ως προς τα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες και τις γυναίκες ξεχωριστά.





## **ABSTRACT**

Kampolis Alexandros

### **STATISTICAL ANALYSIS OF DATA WHICH HAS TO DO WITH ALKALINE PHOSPHATASE, CALCIUM AND PHOSPHOROUS LEVELS OF SUBJECTS 65 YEARS OF AGE AND OLDER**

June 2019

This project aims to analyze the dataset which has compiled by Joan Boyd and Maria Delost, who are professors in the Department of Health Professions at Youngstown State University in the USA, and John Holcomb, who is professor in the Department of Health Professions at Cleveland State University in the USA. This dataset has to do with alkaline phosphatase, calcium and phosphorous levels of 174 subjects 65 years of age and older. For each subject, except for these three levels, we have its age, its gender, the lab where these levels measured and the value 1, 2, 3, 4 or 5 (1 if the subject belongs to 65 – 69 age group, 2 if belongs to 70 – 74 age group, 3 if belongs to 75 – 79 age group, 4 if belongs to 80 – 84 age group, 5 if belongs to 85 – 89 age group). The objective of the analysis is to determine if significant gender differences exist between subjects 65 years of age and older with regard to alkaline phosphatase, calcium and phosphorous levels, if significant differences of these three levels exist between the labs where the levels measured and, also, if significant differences of these three levels exist between the levels of age group for male and female separately.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>Σελίδα</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή – Περιγραφή μελέτης και προβλήματος	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιγραφική ανάλυση	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Σχέσεις μεταβλητών ανά δύο	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση κατά συστάδες (Cluster analysis)	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	59
ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R	59
ΠΙΝΑΚΕΣ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

	<u>Σελίδα</u>
Πίνακας 2.1: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων του φύλου (sex)	7
Πίνακας 2.2: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων των επιπέδων του εργαστηρίου (lab)	8
Πίνακας 2.3: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων των επιπέδων της ηλικιακής ομάδας (agegroup)	8
Πίνακας 2.4: Βασικά περιγραφικά μέτρα για τις ποσοτικές μεταβλητές	9
Πίνακας 3.1: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών	18
Πίνακας 3.2: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με άνισες διακυμάνσεις)	19
Πίνακας 3.3: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών	21
Πίνακας 3.4: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω των τιμών ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις)	22
Πίνακας 3.5: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών	24
Πίνακας 3.6: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω των τιμών φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις)	25
Πίνακας 3.7: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	27

Πίνακας 3.8: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (Kruskal Wallis test)	28
Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	31
Πίνακας 3.10: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	32
Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	34
Πίνακας 3.12: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	35
Πίνακας 3.13: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών	38
Πίνακας 3.14: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών ανά ηλικιακή ομάδα (Kruskal Wallis test)	39
Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών	40
Πίνακας 3.16: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών	41
Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών	42
Πίνακας 3.18: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών	43

Πίνακας 3.19: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	45
Πίνακας 3.20: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών ανά ηλικιακή ομάδα (Kruskal Wallis test)	46
Πίνακας 3.21: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	47
Πίνακας 3.22: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	48
Πίνακας 3.23: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	49
Πίνακας 3.24: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA με άνισες διακυμάνσεις της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	50
Πίνακας 4.1: Κατανομή ανδρών και γυναικών στις δύο ομάδες που προέκυψαν μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με average link clustering	54
Πίνακας 4.2: Κατανομή ανδρών και γυναικών στις δύο ομάδες που προέκυψαν μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με Ward's minimum variance criterion	56
Πίνακας A1: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής agegroup για τους άνδρες άνω των 65 ετών	66
Πίνακας A2: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής agegroup για τις γυναίκες άνω των 65 ετών	66





## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

	<u>Σελίδα</u>
Διάγραμμα 2.1: Ιστογράμμα για την μεταβλητή age	10
Διάγραμμα 2.2: Ιστογράμματα για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos	11
Διάγραμμα 2.3: Διάγραμμα Q-Q plot για την μεταβλητή age	12
Διάγραμμα 2.4: Διαγράμματα Q-Q plots για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos	13
Διάγραμμα 2.5: Διάγραμμα πλαισίου – απολήξεων (box plot) για την μεταβλητή age	14
Διάγραμμα 2.6: Διαγράμματα πλαισίου – απολήξεων (box plots) για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos	15
Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά φύλο	20
Διάγραμμα 3.2: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής του ασβεστίου στο αίμα ανά φύλο	23
Διάγραμμα 3.3: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής του φωσφόρου στο αίμα ανά φύλο	26
Διάγραμμα 3.4: Διάγραμμα πλαισίου – απολήξεων (box plot) της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	29
Διάγραμμα 3.5: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής ασβεστίου στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις	33
Διάγραμμα 3.6: Διαγράμματα διασποράς (scatterplots) για τις ποσοτικές μεταβλητές	36
Διάγραμμα 3.7: Correlogram με τους συντελεστές συσχέτισης του Pearson για τις ποσοτικές μεταβλητές	37
Διάγραμμα 3.8: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής ασβεστίου στο αίμα ανά ηλικιακή ομάδα για τους άνδρες άνω των 65 ετών	44

Διάγραμμα 4.1: Δενδροδιάγραμμα που προκύπτει μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με average link clustering	53
Διάγραμμα 4.2: Δενδροδιάγραμμα που προκύπτει μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με Ward's minimum variance criterion	55





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή – Περιγραφή μελέτης και προβλήματος**

### **Αλκαλική φωσφατάση στο αίμα**

Η αλκαλική φωσφατάση (Alkaline Phosphatase – ALP) είναι ένα ένζυμο που βρίσκεται στο ήπαρ, τα οστά, τον πλακούντα στις εγκύους, το έντερο και τα νεφρά, αλλά κυρίως στα επιθηλιακά κύτταρα των χοληφόρων σωληναρίων καθώς και στους οστεοβλάστες που συμμετέχουν στο σχηματισμό νέου οστού. Η αλκαλική φωσφατάση φυσιολογικά εκκρίνεται από το ήπαρ στη χολή.

Η μέτρηση της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα χρησιμοποιείται για την διάγνωση ή την παρακολούθηση θεραπείας ηπατικής διαταραχής ή νόσου των οστών. Η αλκαλική φωσφατάση επηρεάζεται από την ηλικία. Είναι φυσιολογικά αυξημένη (έως και τριπλάσια) στα παιδιά και τους εφήβους λόγω της φυσιολογικής οστικής (οστεοβλαστικής) ανάπτυξης. Επίσης, σταδιακά αυξάνει από την ηλικία των 40-65 χρόνων, ιδιαίτερα στις γυναίκες. Έτσι, η αλκαλική φωσφατάση είναι φυσιολογικά αυξημένη κατά 50% σε μια γυναίκα 65 ετών σε σύγκριση με μια γυναίκα 30 ετών. Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι οι φυσιολογικές τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης διαφέρουν από εργαστήριο σε εργαστήριο, ανάλογα με το αντιδραστήριο που χρησιμοποιείται. Συνεπώς, τρεις παράγοντες επηρεάζουν τις τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης: η ηλικία, το φύλο και το εργαστήριο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση. Ενδεικτικές φυσιολογικές τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα είναι:

- Άνδρες: 45 – 115 IU/L
- Γυναίκες: 30 – 100 IU/L (για τις γυναίκες άνω των 60 ετών οι φυσιολογικές τιμές είναι αυξημένες κατά 20% περίπου σε σχέση με αυτές τις τιμές. Δηλαδή οι φυσιολογικές τιμές είναι 36 – 120 IU/L)

### **Ασβέστιο στο αίμα**

Το ασβέστιο (Calcium – Ca) βρίσκεται στο αίμα σε δύο μορφές. Περίπου το 50% βρίσκεται σε ελεύθερη μορφή και το άλλο 50% είναι συνδεδεμένο με πρωτεΐνες του πλάσματος, κυρίως με την αλβουμίνη. Το ασβέστιο που κυκλοφορεί σε ελεύθερη μορφή είναι το βιολογικά δραστικό. Οι λειτουργίες του περιλαμβάνουν τη σύσπαση των μυών, τη λειτουργία της καρδιάς, τη διαβίβαση των νευρικών σημάτων και την πήξη του αίματος. Το ποσό του ασβεστίου στο αίμα είναι ελάχιστο σε σχέση με το 98% έως 99% που βρίσκεται αποθηκευμένο στα δόντια και τα οστά. Η αποθήκευση του ασβεστίου στα οστά παρέχει μια εξαιρετική δεξαμενή η οποία είναι άμεσα διαθέσιμη για την απελευθέρωση του στην κυκλοφορία του αίματος, διατηρώντας φυσιολογικό το επίπεδο του ασβεστίου στο αίμα. Υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ ασβεστίου και φωσφόρου: όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου στον ορό αυξάνεται, η συγκέντρωση του φωσφόρου μειώνεται.

Η μέτρηση του ασβεστίου στο αίμα χρησιμοποιείται για τη διάγνωση και την παρακολούθηση της μεγάλης φάσματος διαταραχών, συμπεριλαμβανομένων νοσημάτων των οστών, των νεφρών, των παραθυρεοειδών αδένων και του γαστρεντερικού συστήματος. Τα επίπεδα του ασβεστίου στο αίμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των επιπέδων της βιταμίνης D και των λευκωμάτων στον οργανισμό. Ενδεικτικές φυσιολογικές τιμές του ασβεστίου στο αίμα είναι: 2.2 – 2.6 mmol/L.

### **Φώσφορος στο αίμα**

Ο φώσφορος (Phosphorus – P) είναι ένα ιχνοστοιχείο που υπάρχει σε κάθε κύτταρο του ανθρώπου και είναι απαραίτητο για τη σύνθεση του DNA. Ο περισσότερος φώσφορος (P, PO<sub>4</sub>, ανόργανα φωσφορικά) του ανθρώπινου οργανισμού βρίσκεται ενωμένος μαζί με ασβέστιο στα οστά. Περίπου το 15% του φωσφόρου υπάρχει στο αίμα, καθιστώντας τον φώσφορο ως το κύριο ανιόν του ενδοκυττάριου περιβάλλοντος. Έχει διάφορες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένου του ρόλου του στο μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων, την αποθήκευση και μεταφορά της ενέργειας εντός του σώματος, την δημιουργία του οστίτη ιστού και τη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας. Όπως είδαμε, κατέχει μια αντίστροφη σχέση με το ασβέστιο: η αύξηση στον ορό του ενός, έχει σαν αποτέλεσμα τα νεφρά να απεκκρίνουν το άλλο.

Η μέτρηση του φωσφόρου στο αίμα χρησιμοποιείται για τη διάγνωση και την παρακολούθηση πολλών παθολογικών καταστάσεων που αφορούν τα οστά, τους νεφρούς και τους παραθυρεοειδείς αδένες. Ενδεικτικές φυσιολογικές τιμές του φωσφόρου στο αίμα είναι: 0.88 – 1.44 mmol/L.

## Οστεοπόρωση

Η οστεοπόρωση είναι η συχνότερη πάθηση των οστών και χαρακτηρίζεται, πρώτον, από χαμηλή οστική μάζα ή, πιο απλά, από λιγότερη ποσότητα οστού και δεύτερον, από διαταραχή της μικροαρχιτεκτονικής δομής των οστών με αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής τους και τον αυξημένο κίνδυνο κατάγματος. Η οστεοπόρωση διακρίνεται σε:

- Πρωτοπαθή
  - Μετεμνηνοπαυσιακή οστεοπόρωση
  - Οστεοπόρωση των ηλικιωμένων ή γεροντική οστεοπόρωση
- Δευτεροπαθή

Η πιο συχνή μορφή οστεοπόρωσης είναι η μετεμνηνοπαυσιακή. Εμφανίζεται σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση και σχετίζεται με τη μειωμένη παραγωγή οιστρογόνων, που φυσιολογικά παρατηρείται σε αυτή την ηλικία των γυναικών. Η λεγόμενη οστεοπόρωση των ηλικιωμένων εμφανίζεται σε γυναίκες και άνδρες ηλικίας 70 ετών και πάνω. Η δευτεροπαθής οστεοπόρωση αναπτύσσεται σε ασθενείς με ορισμένες παθήσεις, όπως είναι π.χ. ο υπερπαραθυρεοειδισμός και η ρευματοειδής αρθρίτιδα. Επίσης, δευτεροπαθής οστεοπόρωση μπορεί να εμφανιστεί σε ασθενείς που παίρνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα ορισμένα φάρμακα, όπως είναι π.χ. η κορτιζόνη και τα αντιεπιληπτικά φάρμακα. Η οστεοπόρωση εμφανίζεται συνήθως μετά την ηλικία των 50 ετών, είναι πολύ συχνότερη στις γυναίκες απ' ό,τι στους άνδρες και η συχνότητά της αυξάνει με την πρόοδο της ηλικίας.

Ένας από τους τρόπους με τους οποίους γίνεται η διάγνωση της οστεοπόρωσης είναι η μέτρηση της αλκαλικής φωσφατάσης, του ασβεστίου και του φωσφόρου στο αίμα. Πιο συγκεκριμένα, στην οστεοπόρωση η αλκαλική φωσφατάση αυξάνεται, το ασβέστιο μειώνεται και ο φώσφορος αυξάνεται.



### Φύση των δεδομένων

Τα δεδομένα<sup>1</sup> που θα αναλύσουμε στην παρούσα εργασία συλλέχθηκαν το 1998 από τους Joan Boyd και Maria Delost, οι οποίοι είναι καθηγητές του Τμήματος Επαγγελματιών Υγείας του Youngstown State University των Ηνωμένων Πολιτειών, και από τον John Holcomb, ο οποίος είναι καθηγητής του Τμήματος Επαγγελματιών Υγείας του Cleveland State University των Ηνωμένων Πολιτειών, και αφορούν μετρήσεις αλκαλικής φωσφατάσης, ασβεστίου και φωσφόρου σε 174 άτομα άνω των 65 ετών (η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 178 άτομα άνω των 65 ετών αλλά επειδή για 4 παρατηρήσεις είχαν γίνει λάθη στην εισαγωγή των δεδομένων και επιπλέον είχαμε ελλιπείς τιμές, αποφασίσαμε να αφαιρέσουμε αυτές τις 4 παρατηρήσεις από το δείγμα μας προκειμένου τα αποτελέσματα της ανάλυσής μας να είναι όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα). Οι μεταβλητές που έχουμε στη διάθεσή μας είναι οι εξής:

1. age: ηλικία του ατόμου
2. sex: κατηγορική μεταβλητή που παίρνει τις τιμές 1, 2 ανάλογα με το φύλο του ατόμου (1 αν το άτομο είναι άνδρας, 2 αν το άτομο είναι γυναίκα)
3. alkphos: τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα του ατόμου (μονάδα μέτρησης: IU/L)
4. lab: κατηγορική μεταβλητή που παίρνει τις τιμές 1, 2, 3, 4, 5, 6 ανάλογα με το εργαστήριο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των τριών αιματολογικών δεικτών (1 για Metpath, 2 για Deyor, 3 για St. Elizabeth's, 4 για CB Rouche, 5 για Youngstown Osteopathic Hospital, 6 για Horizon)
5. cal: τιμή ασβεστίου στο αίμα του ατόμου (μονάδα μέτρησης: mmol/L)
6. phos: τιμή φωσφόρου στο αίμα του ατόμου (μονάδα μέτρησης: mmol/L)
7. agegroup: κατηγορική μεταβλητή που παίρνει τις τιμές 1, 2, 3, 4, 5 ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκει το άτομο (1 για 65 – 69, 2 για 70 – 74, 3 για 75 – 79, 4 για 80 – 84, 5 για 85 – 89)

Κύριος στόχος της ανάλυσης είναι ο εντοπισμός διαφορών μεταξύ ανδρών και γυναικών ως προς τους τρεις αιματολογικούς δείκτες, ο εντοπισμός διαφορών των αιματολογικών δεικτών ως προς τους έξι τύπους εργαστηρίου στα οποία μετρήθηκαν οι δείκτες, καθώς και ο εντοπισμός διαφορών των αιματολογικών δεικτών ως προς τα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες και τις γυναίκες ξεχωριστά.

---

<sup>1</sup> τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα <http://jse.amstat.org/datasets/calciumgood.dat.txt>



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιγραφική ανάλυση**

Ξεκινώντας την ανάλυσή μας εισάγουμε τα δεδομένα στην R (έκδοση 3.3.3) με την οποία θα εργαστούμε<sup>2</sup>.

Οι μεταβλητές `sex`, `lab` και `agegroup` είναι κατηγορικές, ενώ οι μεταβλητές `age`, `alkphos`, `cal` και `rphos` είναι ποσοτικές. Άρα για τις μεταβλητές `sex`, `lab` και `agegroup` θα κατασκευάσουμε πίνακες κατανομής συχνοτήτων<sup>3</sup>, ενώ για όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές θα υπολογίσουμε μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διάμεσο, κύρτωση, ασυμμετρία<sup>4</sup> και θα κατασκευάσουμε ιστογράμματα, διαγράμματα Q-Q plots και διαγράμματα πλαισίου – απολήξεων (box plots)<sup>5</sup>.

### **Περιγραφική ανάλυση των κατηγορικών μεταβλητών**

<b>Φύλο</b>	<b>Πλήθος</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>
male	91	52.30
female	83	47.70
Σύνολο	174	100

***Πίνακας 2.1: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων του φύλου (sex)***

---

<sup>2</sup> για τις εντολές με τις οποίες εισάγουμε τα δεδομένα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 1

<sup>3</sup> για τις εντολές με τις οποίες παίρνουμε τους πίνακες κατανομής συχνοτήτων βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 2

<sup>4</sup> για τις εντολές με τις οποίες παίρνουμε τα περιγραφικά μέτρα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 3

<sup>5</sup> για τις εντολές με τις οποίες παίρνουμε τα διαγράμματα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 4

Εργαστήριο	Πλήθος	Ποσοστό (%)
Metpath	86	49.43
Deyor	41	23.56
St.Elizabeth's	16	9.20
CB Rouche	14	8.05
YOH	11	6.32
Horizon	6	3.45
Σύνολο	174	100

**Πίνακας 2.2: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων των επιπέδων του εργαστηρίου (lab)**

Ηλικιακή ομάδα	Πλήθος	Ποσοστό (%)
65-69	55	31.61
70-74	69	39.66
75-79	36	20.69
80-84	11	6.32
85-89	3	1.72
Σύνολο	174	100

**Πίνακας 2.3: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων των επιπέδων της ηλικιακής ομάδας (agegroup)**

Παρατηρώντας τους Πίνακες 2.1, 2.2 & 2.3 διαπιστώνουμε τα εξής:

1. Στο δείγμα μας έχουμε 91 άνδρες και 83 γυναίκες.
2. Από τις 174 μετρήσεις, 86 αναλύθηκαν στο εργαστήριο Metpath, 41 στο εργαστήριο Deyor, 16 στο εργαστήριο St.Elizabeth's, 14 στο εργαστήριο CB Rouche, 11 στο εργαστήριο YOH και 6 στο εργαστήριο Horizon.
3. Στο δείγμα μας έχουμε 55 άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 65 – 69, 69 άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 70 – 74, 36 άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 75 – 79, 11 άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 80 – 84 και 3 άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 85 – 89.

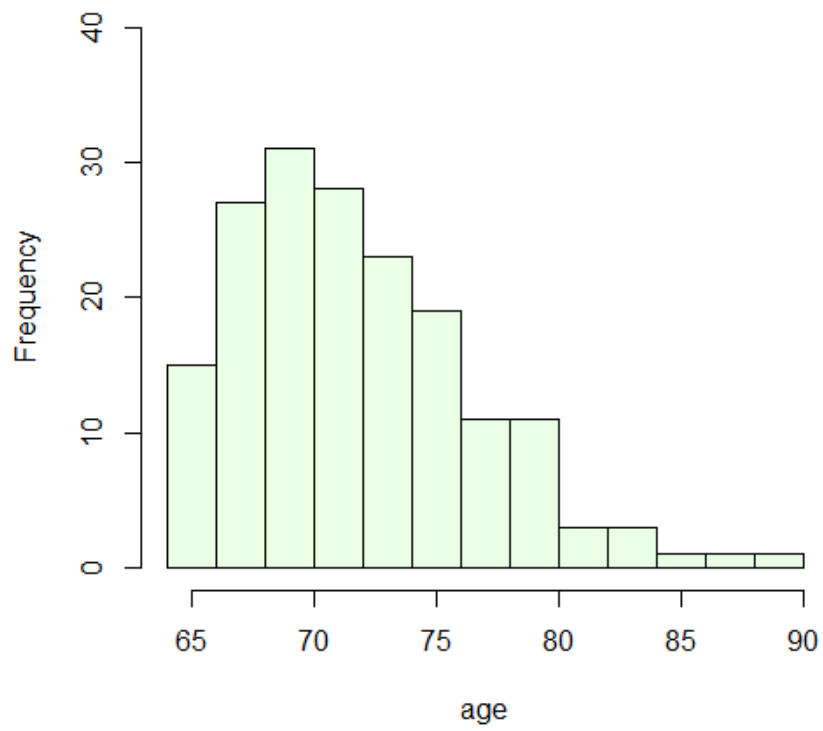
## Περιγραφική ανάλυση των ποσοτικών μεταβλητών

<i>Variable</i>	<i>vars</i>	<i>n</i>	<i>missings</i>	<i>missings (percentage)</i>	<i>mean</i>	<i>sd</i>	<i>median</i>	<i>trimmed</i>	<i>mad</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>range</i>	<i>skew</i>	<i>kurtosis</i>	<i>se</i>
age	1	174	0	0	72.28	4.86	71	71.88	4.45	65	89	24	0.83	0.58	0.37
alkphos	2	174	0	0	91.87	30.4	85	88.69	25.95	42	219	177	1.3	2.56	2.3
cal	3	174	0	0	2.36	0.14	2.35	2.36	0.15	1.9	2.75	0.85	-0.06	0.27	0.01
phos	4	174	0	0	1.1	0.18	1.13	1.1	0.19	0.52	1.61	1.09	-0.05	0.15	0.01

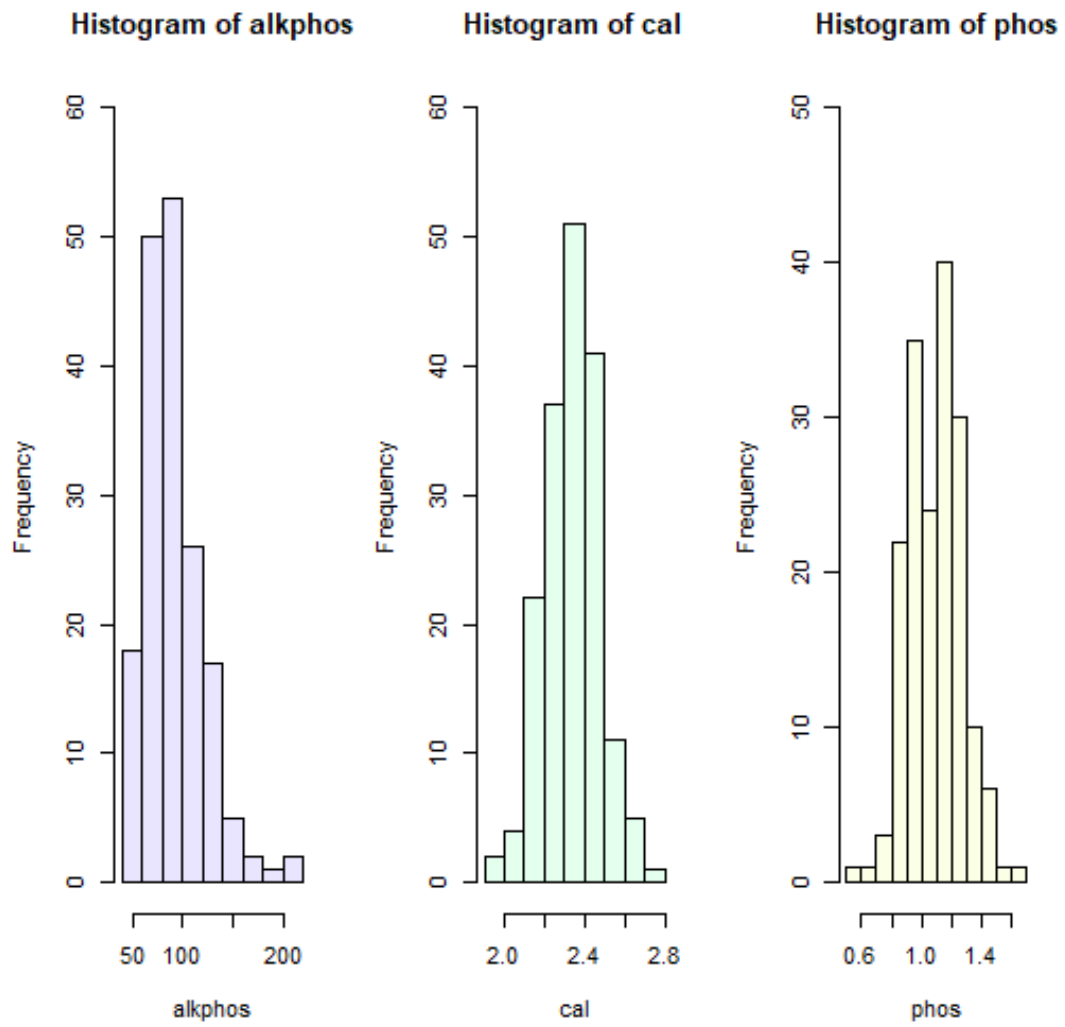
**Πίνακας 2.4: Βασικά περιγραφικά μέτρα για τις ποσοτικές μεταβλητές**

Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων στην έρευνα είναι 72 έτη, η μέση τιμή της μέτρησης της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα είναι 91.87 IU/L, η μέση τιμή της μέτρησης του ασβεστίου στο αίμα είναι 2.36 mmol/L και η μέση τιμή της μέτρησης του φωσφόρου στο αίμα είναι 1.1 mmol/L.

**Histogram of age**



**Διάγραμμα 2.1: Ιστόγραμμα για την μεταβλητή age**



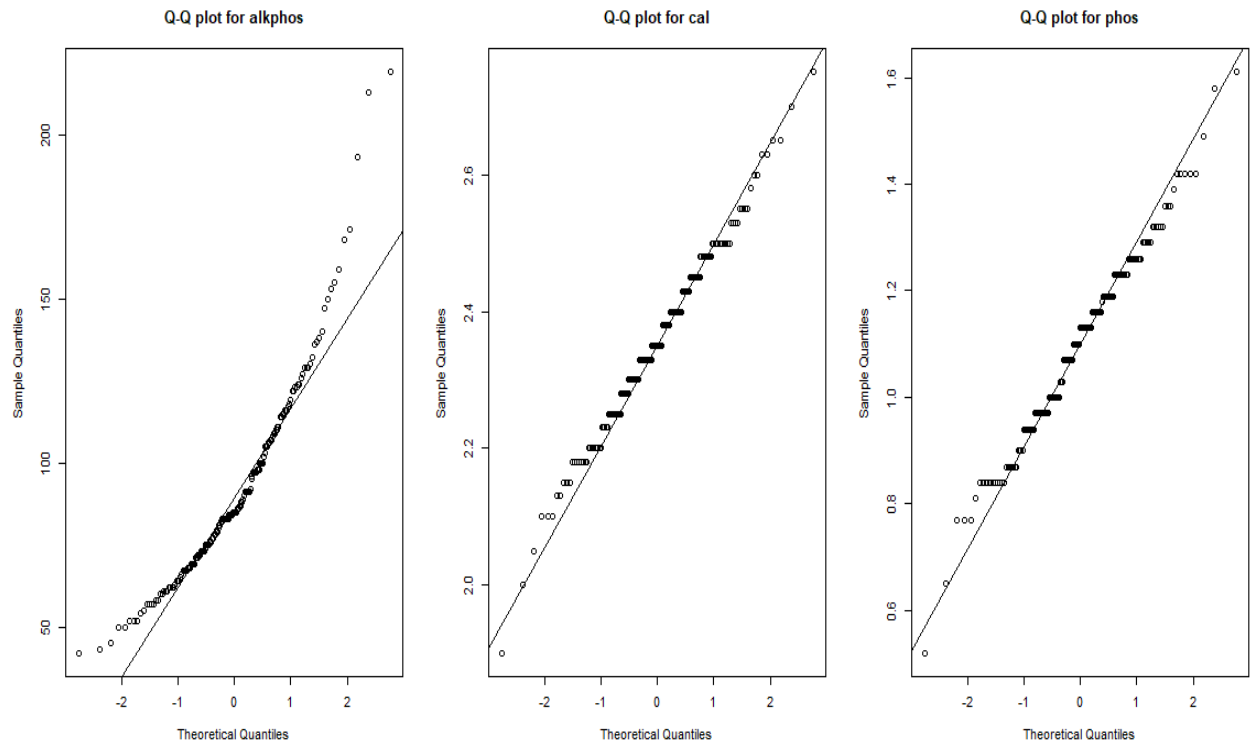
**Διάγραμμα 2.2: Ιστογράμματα για τις μεταβλητές *alkphos*, *cal* και *phos***

Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 2.1 & 2.2 οι περισσότεροι συμμετέχοντες στην έρευνα ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 65 – 80, οι περισσότερες μετρήσεις αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα είναι μεταξύ 50 IU/L και 150 IU/L, οι περισσότερες μετρήσεις ασβεστίου στο αίμα είναι μεταξύ 2 mmol/L και 2.5 mmol/L και οι περισσότερες μετρήσεις φωσφόρου στο αίμα είναι μεταξύ 0.6 mmol/L και 1.3 mmol/L.



**Διάγραμμα 2.3: Διάγραμμα Q-Q plot για την μεταβλητή age**

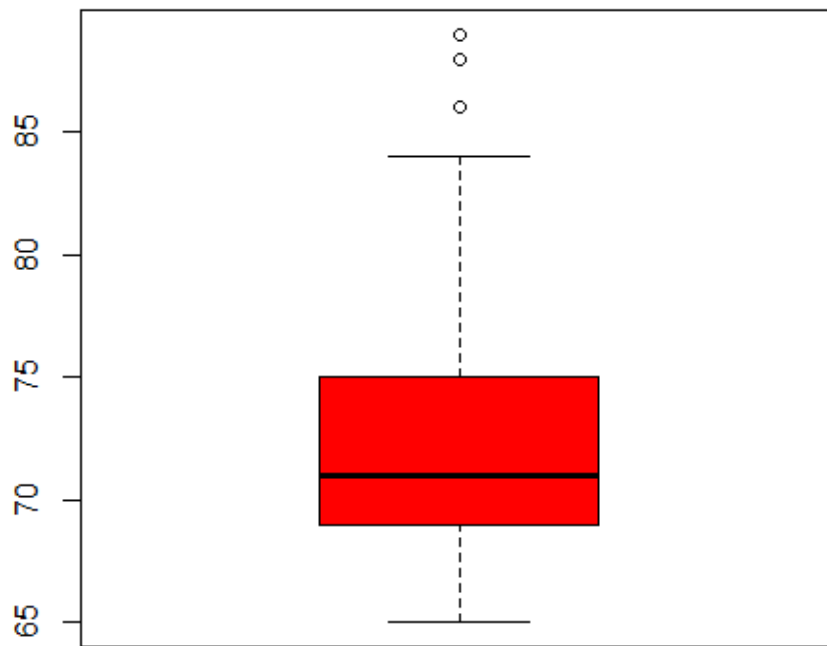




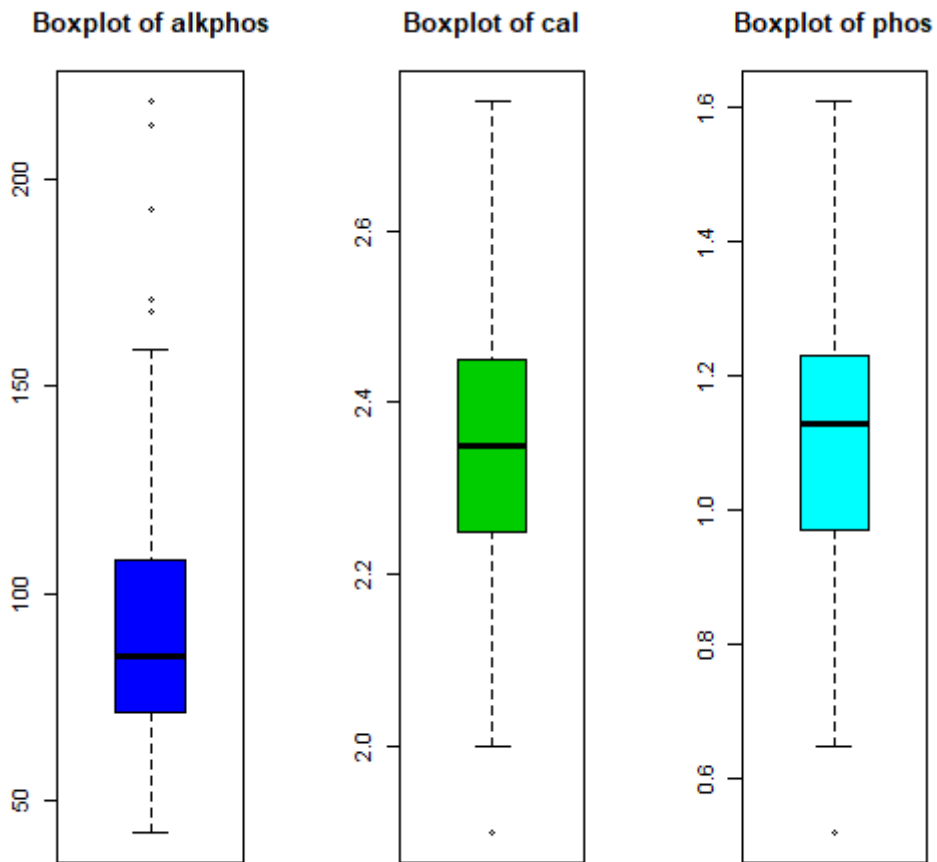
**Διάγραμμα 2.4:** Διαγράμματα Q-Q plots για τις μεταβλητές *alkphos*, *cal* και *phos*

Από τα Q-Q plots (Διαγράμματα 2.3 & 2.4) δεν έχουμε ενδείξεις ότι οι μεταβλητές *age*, *alkphos*, *cal* και *phos* ακολουθούν την κανονική κατανομή.

**Boxplot of age**



**Διάγραμμα 2.5: Διάγραμμα πλαισίου – απολήξεων (box plot) για την μεταβλητή age**



**Διάγραμμα 2.6: Διαγράμματα πλαισίου – απολήξεων (box plots) για τις μεταβλητές *alkphos*, *cal* και *phos***

Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 2.5 & 2.6 η κατανομή των μεταβλητών *age*, *alkphos*, *cal* και *phos* δεν είναι συμμετρική (το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, καθώς παρατηρώντας τα Q-Q plots συμπεράναμε ότι δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι μεταβλητές αυτές ακολουθούν την κανονική κατανομή). Επίσης, βλέπουμε ότι η μεταβλητή *age* έχει τρεις ακραίες τιμές, η μεταβλητή *alkphos* έχει πέντε ακραίες τιμές, η μεταβλητή *cal* έχει μία ακραία τιμή και η μεταβλητή *phos* έχει μία ακραία τιμή.



### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Σχέσεις μεταβλητών ανά δύο

Στο παρών κεφάλαιο θα μελετήσουμε τις σχέσεις των μεταβλητών ανά δύο. Οι σχέσεις που έχουν νόημα να μελετηθούν είναι οι σχέσεις μεταξύ των παρακάτω μεταβλητών:

1. τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και φύλο (sex)
2. τιμή ασβεστίου στο αίμα (cal) και φύλο (sex)
3. τιμή φωσφόρου στο αίμα (phos) και φύλο (sex)
4. τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και εργαστήριο (lab)
5. τιμή ασβεστίου στο αίμα (cal) και εργαστήριο (lab)
6. τιμή φωσφόρου στο αίμα (phos) και εργαστήριο (lab)
7. ηλικία (age) και τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos)
8. ηλικία (age) και τιμή ασβεστίου στο αίμα (cal)
9. ηλικία (age) και τιμή φωσφόρου στο αίμα (phos)
10. τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και τιμή ασβεστίου στο αίμα (cal)
11. τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και τιμή φωσφόρου στο αίμα (phos)
12. τιμή ασβεστίου στο αίμα (cal) και τιμή φωσφόρου στο αίμα (phos)

Για τη μελέτη των τριών πρώτων σχέσεων θα κάνουμε t-tests για δύο ανεξάρτητα δείγματα<sup>6</sup> και θα κατασκευάσουμε διαγράμματα σφαλμάτων (error bars)<sup>7</sup>, για τη μελέτη των επόμενων τριών σχέσεων θα κάνουμε ελέγχους ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)<sup>8</sup> και θα κατασκευάσουμε διαγράμματα πλαισίου – απολήξεων (box plots) και διαγράμματα σφαλμάτων (error bars)<sup>9</sup>, ενώ για τη μελέτη των έξι τελευταίων σχέσεων θα κατασκευάσουμε διαγράμματα

---

<sup>6</sup> για τις εντολές με τις οποίες κάνουμε τα t-tests και τους ελέγχους προϋποθέσεων των t-tests βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 5

<sup>7</sup> για τις εντολές με τις οποίες κατασκευάζουμε τα error bars βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 6

<sup>8</sup> για τις εντολές με τις οποίες κάνουμε τους ελέγχους ANOVA και τους ελέγχους προϋποθέσεων των ελέγχων ANOVA βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 7

<sup>9</sup> για τις εντολές με τις οποίες κατασκευάζουμε τα box plots και τα error bars βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 8

διασποράς (scatterplots)<sup>10</sup> και θα υπολογίσουμε τον συντελεστή συσχέτισης του Pearson<sup>11</sup>.

### Σχέση μεταξύ τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και φύλου (sex)

#### ➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου της ισότητας των μέσων τιμών της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα της μεταβλητής alkphos σε κάθε μία από τις δύο ομάδες ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των δύο ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα είναι μεγάλο. Άρα ισχύει η πρώτη προϋπόθεση του ελέγχου.

```
F test to compare two variances

data:  alkphos by sex
F = 0.41146, num df = 90, denom df = 82, p-value = 4.76e-05
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.2681642 0.6286445
sample estimates:
ratio of variances
 0.4114624
```

**Πίνακας 3.1: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών**

<sup>10</sup> για τις εντολές με τις οποίες κατασκευάζουμε τα scatterplots βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 9

<sup>11</sup> για τις εντολές με τις οποίες κατασκευάζουμε correlogram με τους συντελεστές συσχέτισης του Pearson βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 10

Στον Πίνακα 3.1 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου της δεύτερης προϋπόθεσης και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων των τιμών της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών ( $p$ -value ελέγχου  $\approx 0 < \alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε  $t$ -test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με άνισες διακυμάνσεις.

➤ **t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με άνισες διακυμάνσεις**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο υποθέσεων:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  έναντι  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , όπου  $\mu_1$  είναι η μέση τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών και  $\mu_2$  είναι η μέση τιμή αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών.

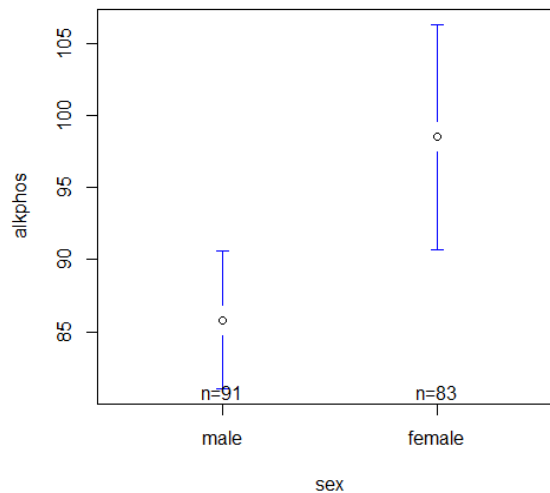
```
Welch Two Sample t-test

data:  alkphos by sex
t = -2.7544, df = 137.46, p-value = 0.006677
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -21.825723  -3.584048
sample estimates:
 mean in group male mean in group female
      85.81319      98.51807
```

**Πίνακας 3.2: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με άνισες διακυμάνσεις)**

➤ **Συμπέρασμα**

Η μέση τιμή της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την μέση τιμή της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών ( $p$ -value ελέγχου ισότητας μέσων με άνισες διακυμάνσεις =  $0.0067 < \alpha = 0.05$ ). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το Διάγραμμα 3.1, καθώς τα διαστήματα εμπιστοσύνης για την μέση τιμή της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών και των γυναικών άνω των 65 ετών δεν επικαλύπτονται. Επίσης, σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.1 οι γυναίκες άνω των 65 ετών έχουν υψηλότερες τιμές αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα σε σχέση με τους άνδρες άνω των 65 ετών.



**Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά φύλο**



### Σχέση μεταξύ τιμής ασβεστίου στο αίμα (cal) και φύλου (sex)

#### ➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου της ισότητας των μέσων τιμών του ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα της μεταβλητής cal σε κάθε μία από τις δύο ομάδες ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των δύο ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα είναι μεγάλο. Άρα ισχύει η πρώτη προϋπόθεση του ελέγχου.

```
F test to compare two variances

data: cal by sex
F = 0.74593, num df = 90, denom df = 82, p-value = 0.1745
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.4861494 1.1396565
sample estimates:
ratio of variances
 0.7459316
```

**Πίνακας 3.3: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.3 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου της δεύτερης προϋπόθεσης και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων των τιμών του ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών ( $p\text{-value ελέγχου} = 0.1745 > \alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις.

➤ **t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο υποθέσεων:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  έναντι  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , όπου  $\mu_1$  είναι η μέση τιμή ασβεστίου στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών και  $\mu_2$  είναι η μέση τιμή ασβεστίου στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών.

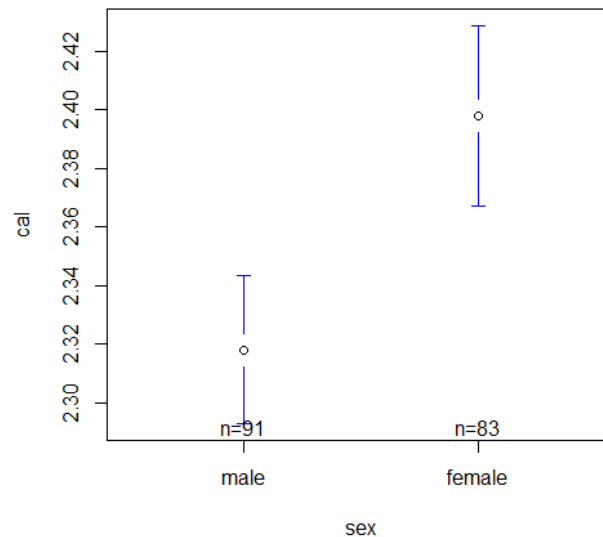
```
Two Sample t-test

data:  cal by sex
t = -4.0132, df = 172, p-value = 8.926e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.11925852 -0.04062232
sample estimates:
 mean in group male mean in group female
      2.318132          2.398072
```

**Πίνακας 3.4: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω τιμών ασβεστίου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις)**

➤ **Συμπέρασμα**

Η μέση τιμή του ασβεστίου στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την μέση τιμή του ασβεστίου στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών (p-value ελέγχου ισότητας μέσω με ίσες διακυμάνσεις  $\approx 0 < \alpha = 0.05$ ). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το Διάγραμμα 3.2, καθώς τα διαστήματα εμπιστοσύνης για την μέση τιμή του ασβεστίου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών και των γυναικών άνω των 65 ετών δεν επικαλύπτονται. Επίσης, σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.2 οι γυναίκες άνω των 65 ετών έχουν υψηλότερες τιμές ασβεστίου στο αίμα σε σχέση με τους άνδρες άνω των 65 ετών.



**Διάγραμμα 3.2: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής του ασβεστίου στο αίμα ανά φύλο**

### Σχέση μεταξύ τιμής φωσφόρου στο αίμα (phos) και φύλου (sex)

#### ➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου της ισότητας των μέσων τιμών του φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα της μεταβλητής phos σε κάθε μία από τις δύο ομάδες ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των δύο ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα είναι μεγάλο. Άρα ισχύει η πρώτη προϋπόθεση του ελέγχου.

#### F test to compare two variances

```
data: phos by sex
F = 1.3122, num df = 90, denom df = 82, p-value = 0.2124
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.8552276 2.0048688
sample estimates:
ratio of variances
 1.312233
```

**Πίνακας 3.5: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διακυμάνσεων των τιμών φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.5 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου της δεύτερης προϋπόθεσης και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων των τιμών του φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών ( $p\text{-value ελέγχου} = 0.2124 > \alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις.

➤ **t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο υποθέσεων:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  έναντι  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , όπου  $\mu_1$  είναι η μέση τιμή φωσφόρου στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών και  $\mu_2$  είναι η μέση τιμή φωσφόρου στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών.

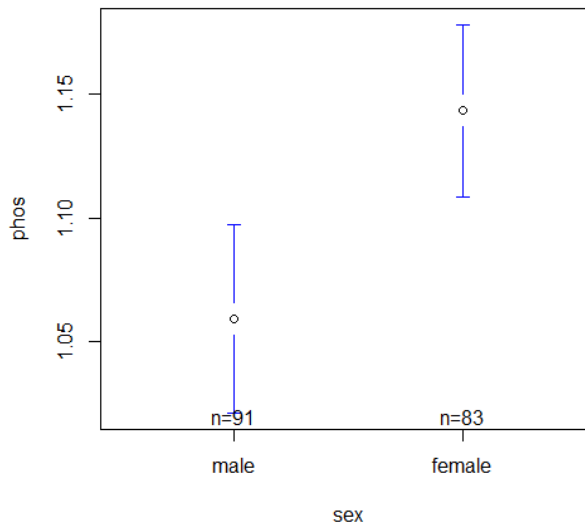
```
Two Sample t-test

data:  phos by sex
t = -3.2079, df = 172, p-value = 0.001595
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.13515584 -0.03218694
sample estimates:
mean in group male mean in group female
      1.059341          1.143012
```

***Πίνακας 3.6: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας μέσω των τιμών φωσφόρου στο αίμα μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών (t-test για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις)***

➤ **Συμπέρασμα**

Η μέση τιμή του φωσφόρου στο αίμα για τους άνδρες άνω των 65 ετών διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την μέση τιμή του φωσφόρου στο αίμα για τις γυναίκες άνω των 65 ετών (p-value ελέγχου ισότητας μέσω με ίσες διακυμάνσεις = 0.001595 <  $\alpha$  = 0.05). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το Διάγραμμα 3.3, καθώς τα διαστήματα εμπιστοσύνης για την μέση τιμή του φωσφόρου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών και των γυναικών άνω των 65 ετών δεν επικαλύπτονται. Επίσης, σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.3 οι γυναίκες άνω των 65 ετών έχουν υψηλότερες τιμές φωσφόρου στο αίμα σε σχέση με τους άνδρες άνω των 65 ετών.



**Διάγραμμα 3.3: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής του φωσφόρου στο αίμα ανά φύλο**

Σχέση μεταξύ τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και εργαστηρίου (lab)

➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
Shapiro-Wilk normality test  
data: aov(alkphos ~ lab, data = a)$res  
W = 0.91662, p-value = 2.089e-08
```

**Πίνακας 3.7: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

Στον Πίνακα 3.7 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p\text{-value}$  ελέγχου Shapiro – Wilk  $\approx 0 < \alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε τον μη παραμετρικό έλεγχο Kruskal Wallis (έλεγχος ισότητας διαμέσων).

➤ **Μη παραμετρικός έλεγχος Kruskal Wallis**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_5 = M_6$  έναντι  $H_1: \Delta\epsilon\nu$  ισχύει η  $H_0$  ,

όπου  $M_i, i = 1, 2, \dots, 6$  είναι η διάμεσος των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης που μετρήθηκαν στο εργαστήριο  $i$  ( $i=1 \rightarrow$  Metpath,  $i=2 \rightarrow$  Deyor,  $i=3 \rightarrow$  St.Elizabeth's,  $i=4 \rightarrow$  CB Rouche,  $i=5 \rightarrow$  YOH,  $i=6 \rightarrow$  Horizon).

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: alkphos by lab
```

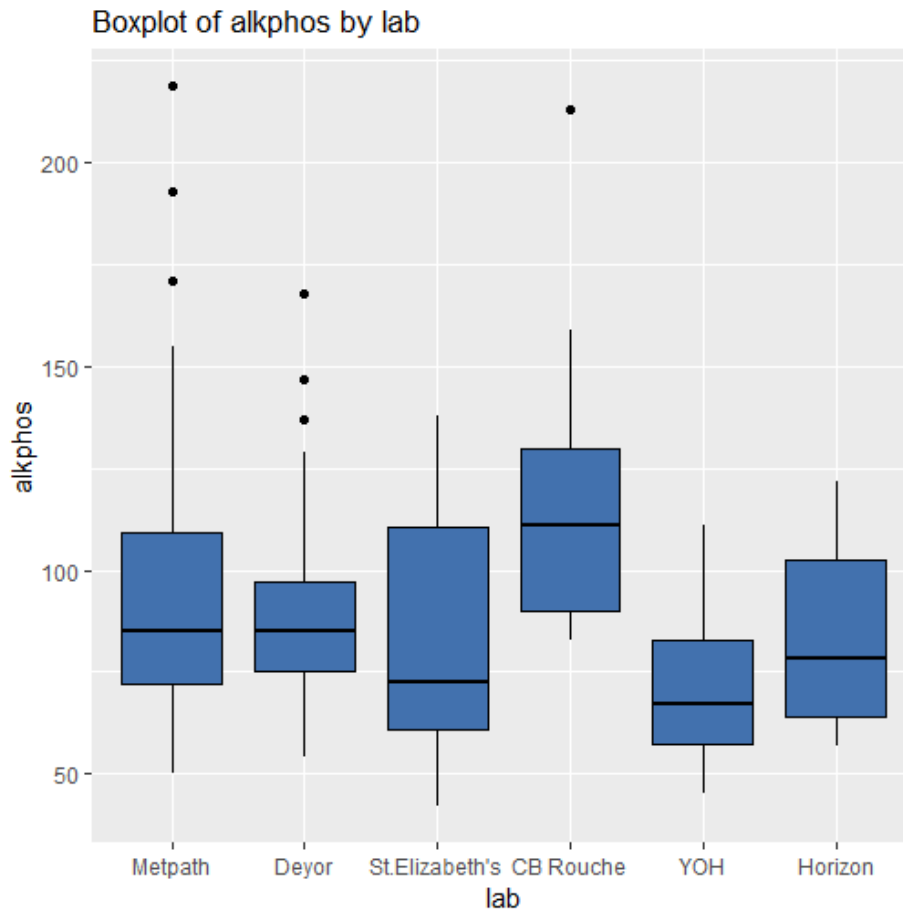
```
Kruskal-Wallis chi-squared = 18.7, df = 5, p-value = 0.002185
```

**Πίνακας 3.8: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (Kruskal Wallis test)**



➤ **Συμπέρασμα**

Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου Kruskal Wallis = 0.0022 <  $\alpha$  = 0.05).



**Διάγραμμα 3.4: Διάγραμμα πλαισίου – απολήξεων (box plot) της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.4 τα ζεύγη διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα που διαφέρουν είναι τα εξής:

- του εργαστηρίου Metpath με του εργαστηρίου St.Elizabeth's
- του εργαστηρίου Metpath με του εργαστηρίου CB Rouche
- του εργαστηρίου Metpath με του εργαστηρίου YOH
- του εργαστηρίου Deyor με του εργαστηρίου St.Elizabeth's
- του εργαστηρίου Deyor με του εργαστηρίου CB Rouche
- του εργαστηρίου Deyor με του εργαστηρίου YOH
- του εργαστηρίου St.Elizabeth's με του εργαστηρίου CB Rouche
- του εργαστηρίου CB Rouche με του εργαστηρίου YOH
- του εργαστηρίου CB Rouche με του εργαστηρίου Horizon

## Σχέση μεταξύ τιμής ασβεστίου στο αίμα (cal) και εργαστηρίου (lab)

### ➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA cal~lab
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(cal~lab,data=a)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(cal ~ lab, data = a)$res
W = 0.98678, p-value = 0.1009

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(cal~lab,data=a)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  5  1.0976 0.3637
      168
```

**Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

Στον Πίνακα 3.9 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.1009  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.9 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene = 0.3637  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 \text{ έναντι } H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0 ,$$

όπου  $\mu_i, i = 1, 2, \dots, 6$  είναι η μέση τιμή των τιμών ασβεστίου που μετρήθηκαν στο εργαστήριο  $i$  ( $i=1 \rightarrow$  Metpath,  $i=2 \rightarrow$  Deyor,  $i=3 \rightarrow$  St.Elizabeth's,  $i=4 \rightarrow$  CB Rouche,  $i=5 \rightarrow$  YOH,  $i=6 \rightarrow$  Horizon).

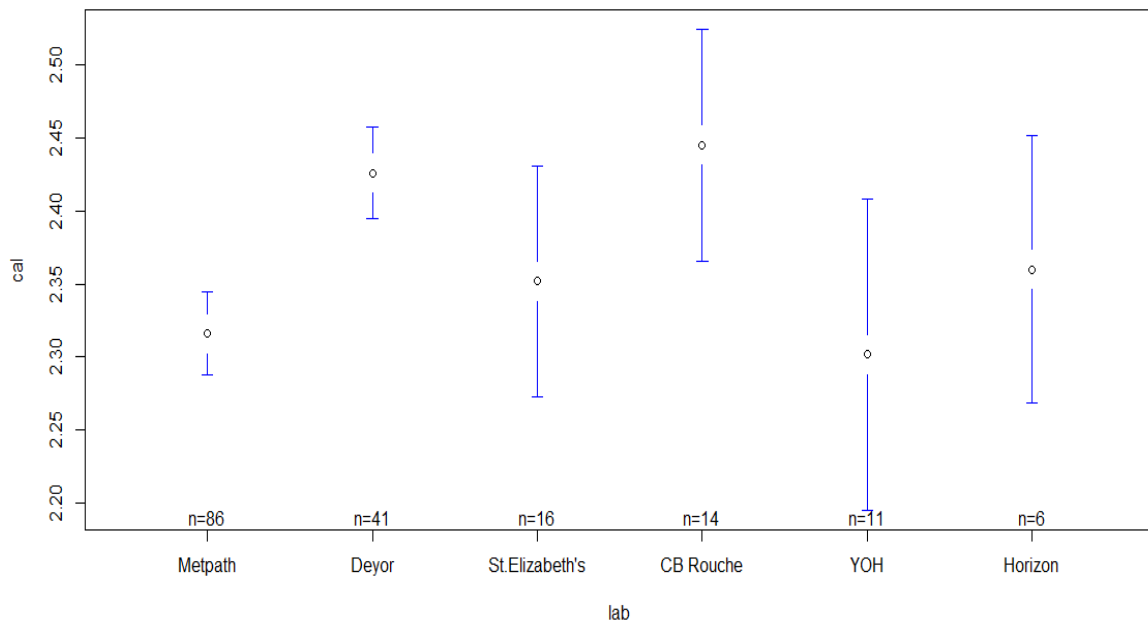
```
One-way analysis of means
data: cal and lab
F = 5.845, num df = 5, denom df = 168, p-value = 5.261e-05
```

**Πίνακας 3.10: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA  $\approx 0 < \alpha = 0.05$ ). Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.5 τα ζεύγη μέσων τιμών ασβεστίου στο αίμα που διαφέρουν είναι τα εξής:

- του εργαστηρίου Metpath και του εργαστηρίου Deyor
- του εργαστηρίου Metpath και του εργαστηρίου CB Rouche
- του εργαστηρίου Metpath και του εργαστηρίου Horizon
- του εργαστηρίου Deyor και του εργαστηρίου St.Elizabeth's
- του εργαστηρίου Deyor και του εργαστηρίου YOH
- του εργαστηρίου Deyor και του εργαστηρίου Horizon
- του εργαστηρίου CB Rouche και του εργαστηρίου YOH



**Διάγραμμα 3.5: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής ασβεστίου στο αίμα ανά τύπο εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

## Σχέση μεταξύ τιμής φωσφόρου στο αίμα (phos) και εργαστηρίου (lab)

### ➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA phos~lab
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(phos~lab,data=a)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(phos ~ lab, data = a)$res
W = 0.99116, p-value = 0.3612

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(phos~lab,data=a)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  5  1.0946 0.3653
      168
```

**Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

Στον Πίνακα 3.11 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.3612  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.11 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene = 0.3653  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 \text{ έναντι } H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0 ,$$

όπου  $\mu_i, i = 1, 2, \dots, 6$  είναι η μέση τιμή των τιμών φωσφόρου που μετρήθηκαν στο εργαστήριο  $i$  ( $i=1 \rightarrow$  Metpath,  $i=2 \rightarrow$  Deyor,  $i=3 \rightarrow$  St.Elizabeth's,  $i=4 \rightarrow$  CB Rouche,  $i=5 \rightarrow$  YOH,  $i=6 \rightarrow$  Horizon).

```
One-way analysis of means

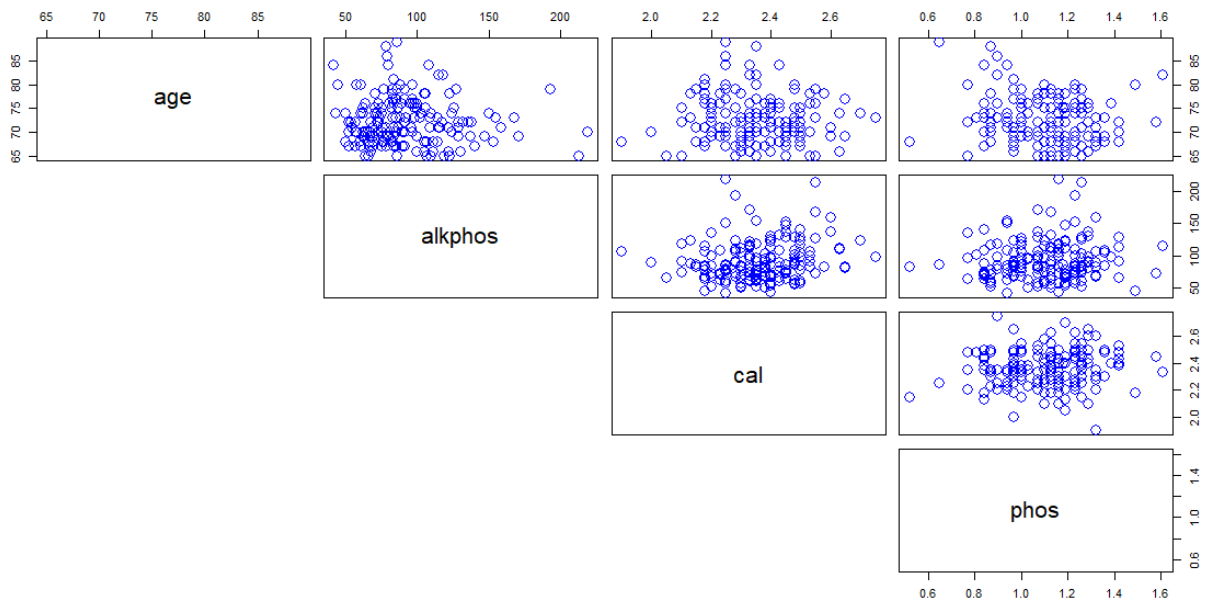
data: phos and lab
F = 1.5398, num df = 5, denom df = 168, p-value = 0.18
```

**Πίνακας 3.12: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις**

➤ **Συμπέρασμα**

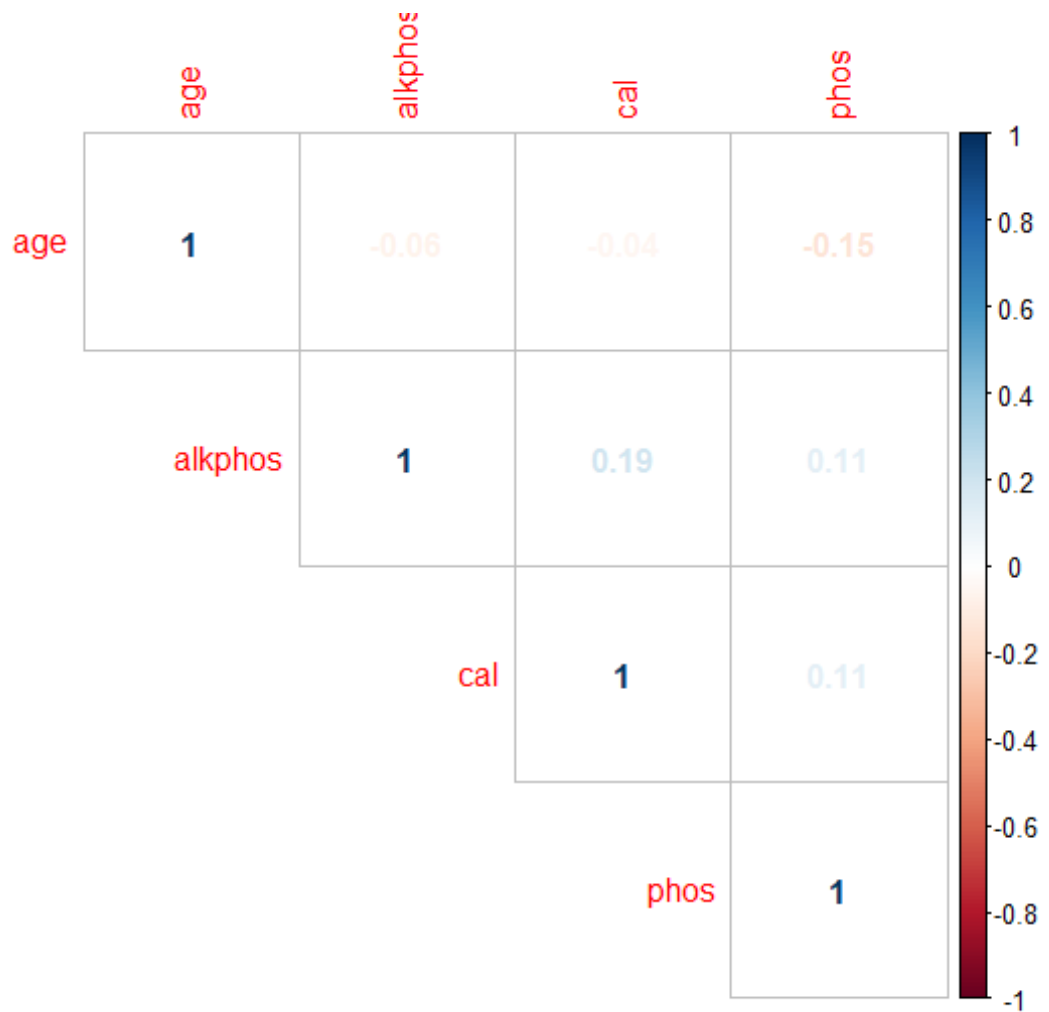
Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA = 0.18  $>$   $\alpha = 0.05$ ).

### Σχέσεις των ποσοτικών μεταβλητών ανά δύο



**Διάγραμμα 3.6: Διαγράμματα διασποράς (scatterplots) για τις ποσοτικές μεταβλητές**





**Διάγραμμα 3.7: Correlogram με τους συντελεστές συσχέτισης του Pearson για τις ποσοτικές μεταβλητές**

Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 3.6 & 3.7 δεν έχουμε ενδείξεις ότι κάποια ποσοτική μεταβλητή έχει γραμμική σχέση με κάποια άλλη ποσοτική μεταβλητή.

Έχοντας δει ότι οι τρεις αιματολογικοί δείκτες διαφέρουν ανάλογα με το φύλο του ατόμου, θα ήταν χρήσιμο να ελέγξουμε ξεχωριστά για τους άνδρες και τις γυναίκες αν οι τρεις δείκτες διαφέρουν ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκει το άτομο<sup>12</sup>. Για τον σκοπό αυτό, θα κάνουμε ελέγχους ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)<sup>13</sup> και θα κατασκευάσουμε διάγραμμα σφαλμάτων (error bar)<sup>14</sup>.

### **Σχέση μεταξύ τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τους άνδρες άνω των 65 ετών**<sup>15</sup>

#### ➤ **Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)**

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
Shapiro-Wilk normality test  
  
data: aov(alkphos ~ agegroup, data = c)$res  
W = 0.95414, p-value = 0.002843
```

**Πίνακας 3.13: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

<sup>12</sup> για τις εντολές με τις οποίες χωρίζουμε τα δεδομένα ως προς το φύλο βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 11

<sup>13</sup> για τις εντολές με τις οποίες κάνουμε τους ελέγχους ANOVA και τους ελέγχους προϋποθέσεων των ελέγχων ANOVA βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 12

<sup>14</sup> για τις εντολές με τις οποίες κατασκευάζουμε το error bar βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 13

<sup>15</sup> για τον πίνακα κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής agegroup για τους άνδρες άνω των 65 ετών βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΠΙΝΑΚΕΣ, Πίνακας A1 , ενώ για τις εντολές με τις οποίες παίρνουμε τον πίνακα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 14

Στον Πίνακα 3.13 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.0028 <  $\alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε τον μη παραμετρικό έλεγχο Kruskal Wallis (έλεγχος ισότητας διαμέσων).

➤ **Μη παραμετρικός έλεγχος Kruskal Wallis**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_5$  έναντι  $H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0$ , όπου  $M_i, i = 1, 2, \dots, 5$  είναι η διάμεσος των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης των ανδρών άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84, i=5 \rightarrow 85-89$ ).

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data:  alkphos by agegroup
Kruskal-Wallis chi-squared = 1.9428, df = 4, p-value = 0.7463
```

**Πίνακας 3.14: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών ανά ηλικιακή ομάδα (Kruskal Wallis test)**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου Kruskal Wallis = 0.7463 >  $\alpha = 0.05$ ).

Σχέση μεταξύ τιμής ασβεστίου στο αίμα (cal) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τους άνδρες άνω των 65 ετών

➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA cal~agegroup
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(cal~agegroup, data=c)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(cal ~ agegroup, data = c)$res
W = 0.98872, p-value = 0.6292

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(cal~agegroup, data=c)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 4  0.652  0.627
86
```

**Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.15 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.6292  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.15 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene = 0.627  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  έναντι  $H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0$ , όπου  $\mu_i, i = 1, 2, \dots, 5$  είναι η μέση τιμή των τιμών ασβεστίου για τους άνδρες άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84, i=5 \rightarrow 85-89$ ).

```
One-way analysis of means
data: cal and agegroup
F = 0.85108, num df = 4, denom df = 86, p-value = 0.4968
```

**Πίνακας 3.16: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA = 0.4968  $>$   $\alpha = 0.05$ ).

**Σχέση μεταξύ τιμής φωσφόρου στο αίμα (phos) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

➤ **Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)**

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA phos~agegroup
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(phos~agegroup, data=c)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(phos ~ agegroup, data = c)$res
W = 0.98367, p-value = 0.3134

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(phos~agegroup, data=c)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.7179  0.582
      86
```

**Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.17 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.3134 >  $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.17 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene = 0.582 >  $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  έναντι  $H_1: \Deltaεν\ ισχύει\ η\ H_0$  , όπου  $\mu_i, i = 1, 2, \dots, 5$  είναι η μέση τιμή των τιμών φωσφόρου για τους άνδρες άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84, i=5 \rightarrow 85-89$ ).

```
One-way analysis of means

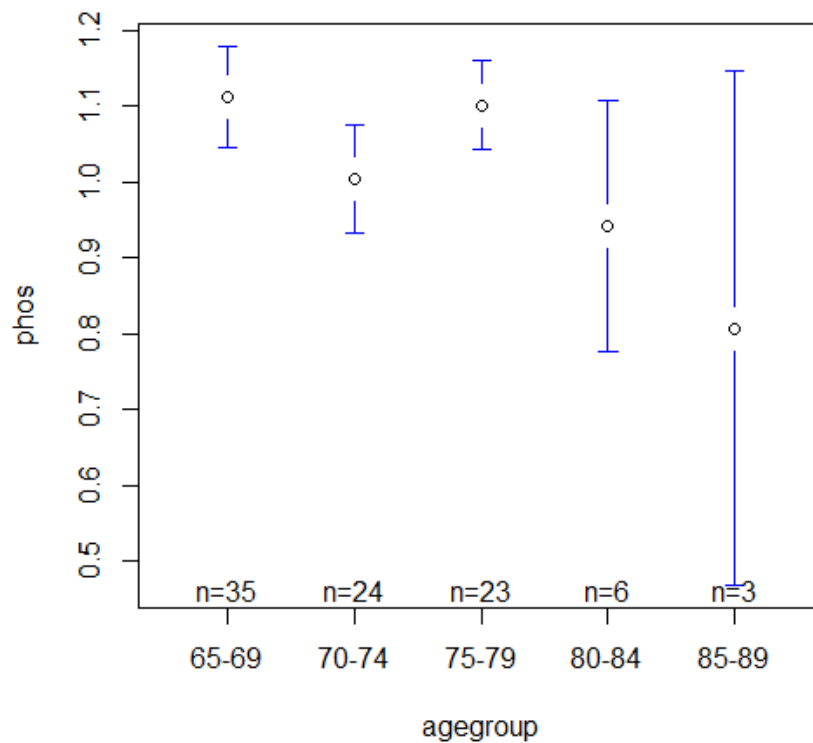
data: phos and agegroup
F = 4.157, num df = 4, denom df = 86, p-value = 0.003984
```

**Πίνακας 3.18: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες άνω των 65 ετών**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA  $\approx 0.004 < \alpha = 0.05$ ). Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.8 τα ζεύγη μέσων τιμών φωσφόρου στο αίμα που διαφέρουν είναι τα εξής:

- της ηλικιακής ομάδας 65-69 και της ηλικιακής ομάδας 70-74
- της ηλικιακής ομάδας 65-69 και της ηλικιακής ομάδας 80-84
- της ηλικιακής ομάδας 65-69 και της ηλικιακής ομάδας 85-89
- της ηλικιακής ομάδας 70-74 και της ηλικιακής ομάδας 75-79
- της ηλικιακής ομάδας 70-74 και της ηλικιακής ομάδας 80-84
- της ηλικιακής ομάδας 70-74 και της ηλικιακής ομάδας 85-89
- της ηλικιακής ομάδας 75-79 και της ηλικιακής ομάδας 80-84
- της ηλικιακής ομάδας 75-79 και της ηλικιακής ομάδας 85-89



**Διάγραμμα 3.8: Διάγραμμα σφαλμάτων (error bar) της τιμής ασβεστίου στο αίμα ανά ηλικιακή ομάδα για τους άνδρες άνω των 65 ετών**



Σχέση μεταξύ τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα (alkphos) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τις γυναίκες άνω των 65 ετών<sup>16</sup>

➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
Shapiro-Wilk normality test  
data: aov(alkphos ~ agegroup, data = d)$res  
W = 0.92761, p-value = 0.0001677
```

**Πίνακας 3.19: Αποτέλεσμα του ελέγχου της προϋπόθεσης της κανονικότητας των καταλοίπων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.19 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk  $\approx 0.00017 < \alpha = 0.05$ ). Άρα θα κάνουμε τον μη παραμετρικό έλεγχο Kruskal Wallis (έλεγχος ισότητας διαμέσων).

<sup>16</sup> για τον πίνακα κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής agegroup για τις γυναίκες άνω των 65 ετών βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΠΙΝΑΚΕΣ, Πίνακας A2 , ενώ για τις εντολές με τις οποίες παίρνουμε τον πίνακα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 15

➤ **Μη παραμετρικός έλεγχος Kruskal Wallis**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4$  έναντι  $H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0$ , όπου  $M_i, i = 1, 2, 3, 4$

είναι η διάμεσος των τιμών αλκαλικής φωσφατάσης των γυναικών άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84$ ). (Παρατήρηση: Στο δείγμα μας δεν έχουμε γυναίκες που να ανήκουν στην πέμπτη ηλικιακή ομάδα, δηλαδή στην ηλικιακή ομάδα 85-89)

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data:  alkphos by agegroup
Kruskal-Wallis chi-squared = 5.3749, df = 3, p-value = 0.1463
```

***Πίνακας 3.20: Αποτέλεσμα ελέγχου ισότητας διαμέσων της τιμής αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών ανά ηλικιακή ομάδα (Kruskal Wallis test)***

➤ **Συμπέρασμα**

Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p\text{-value ελέγχου Kruskal Wallis} = 0.1463 > \alpha = 0.05$ ).

Σχέση μεταξύ τιμής ασβεστίου στο αίμα (cal) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τις γυναίκες άνω των 65 ετών

➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA cal~agegroup
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(cal~agegroup,data=d)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(cal ~ agegroup, data = d)$res
W = 0.98753, p-value = 0.6087

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(cal~agegroup,data=d)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  3  1.0946 0.3564
      79
```

**Πίνακας 3.21: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.21 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.6087 >  $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.21 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene = 0.3564 >  $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  έναντι  $H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0$ , όπου  $\mu_i, i = 1, 2, 3, 4$  είναι η μέση τιμή των τιμών ασβεστίου για τις γυναίκες άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84$ ).

```
One-way analysis of means
data: cal and agegroup
F = 1.5907, num df = 3, denom df = 79, p-value = 0.1982
```

**Πίνακας 3.22: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA της τιμής του ασβεστίου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA = 0.1982 >  $\alpha = 0.05$ ).

Σχέση μεταξύ τιμής φωσφόρου στο αίμα (phos) και ηλικιακής ομάδας (agegroup) για τις γυναίκες άνω των 65 ετών

➤ Έλεγχος προϋποθέσεων ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one – way ANOVA)

Οι προϋποθέσεις του ελέγχου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών είναι οι εξής:

1. κανονικότητα των καταλοίπων ή το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα να είναι μεγάλο
2. ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

Το μέγεθος του δείγματος σε κάθε ομάδα δεν είναι μεγάλο. Άρα θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των καταλοίπων.

```
> # ANOVA phos~agegroup
> # έλεγχος προϋποθέσεων
> # έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
> shapiro.test(aov(phos~agegroup, data=d)$res)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov(phos ~ agegroup, data = d)$res
W = 0.98307, p-value = 0.3459

> # έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
> library(car)
> leveneTest(phos~agegroup, data=d)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  3  3.6647 0.01576 *
      79
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Πίνακας 3.23: Αποτελέσματα των ελέγχων προϋποθέσεων για τον έλεγχο ANOVA της τιμής φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών**

Στον Πίνακα 3.23 βλέπουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου κανονικότητας των καταλοίπων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων ( $p$ -value ελέγχου Shapiro – Wilk = 0.3459  $>$   $\alpha = 0.05$ ). Επομένως, προχωράμε στον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων. Στον Πίνακα 3.23 βλέπουμε και το αποτέλεσμα του ελέγχου ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων και παρατηρούμε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$  απορρίπτεται η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων ( $p$ -value ελέγχου Levene  $\approx 0.016 <$   $\alpha = 0.05$ ). Οπότε, θα κάνουμε έλεγχο ANOVA με άνισες διακυμάνσεις.

➤ **Έλεγχος ANOVA**

Θα κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  έναντι  $H_1: \text{Δεν ισχύει η } H_0$ , όπου  $\mu_i, i = 1, 2, 3, 4$  είναι η μέση τιμή των τιμών φωσφόρου για τις γυναίκες άνω των 65 ετών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα  $i$  ( $i=1 \rightarrow 65-69, i=2 \rightarrow 70-74, i=3 \rightarrow 75-79, i=4 \rightarrow 80-84$ ).

```
One-way analysis of means (not assuming equal variances)
data: phos and agegroup
F = 0.3955, num df = 3.000, denom df = 15.519, p-value = 0.758
```

**Πίνακας 3.24: Αποτέλεσμα ελέγχου ANOVA με άνισες διακυμάνσεις της τιμής του φωσφόρου στο αίμα στα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τις γυναίκες άνω των 65 ετών**

➤ **Συμπέρασμα**

Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $p$ -value ελέγχου ANOVA = 0.758  $>$   $\alpha = 0.05$ ).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση κατά συστάδες (Cluster analysis)**

Η ανάλυση κατά συστάδες (cluster analysis) είναι μια μέθοδος που σκοπό έχει τη δημιουργία ομάδων από παρατηρήσεις με τέτοιο τρόπο ώστε μέσα στις ομάδες οι παρατηρήσεις να είναι αρκετά όμοιες και, επίσης, οι παρατηρήσεις ανάμεσα σε διαφορετικές ομάδες να είναι διαφορετικές.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι με τις οποίες μπορεί κάποιος να φτιάξει ομάδες από παρατηρήσεις. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τις **Ιεραρχικές τεχνικές ομαδοποίησης (Hierarchical clustering)**.

Για την Ιεραρχική ομαδοποίηση υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις:

- Διαχωριστική (Divisive): αυτοί οι αλγόριθμοι ξεκινούν με όλες τις παρατηρήσεις σε μια ομάδα. Σε κάθε βήμα γίνεται διαχωρισμός μιας ομάδας μέχρις ότου όλες οι ομάδες να αποτελούνται από μία μόνο παρατήρηση.
- Συσσωρευτική (Agglomerative): αυτοί οι αλγόριθμοι ξεκινούν με κάθε παρατήρηση ως μια ομάδα και ενώνουν στη συνέχεια ομάδες που είναι πιο κοντινές.

### **Βασικός αλγόριθμος Ιεραρχικών τεχνικών ομαδοποίησης**

- Υπολογίζουμε τον πίνακα αποστάσεων των υποκειμένων ανά δύο. Για  $n$  υποκείμενα ο πίνακας που προκύπτει είναι διάστασης  $n \times n$ . Το μέτρο απόστασης επιλέγεται από τον ερευνητή και αρκετά από τα γνωστά μέτρα απόστασης (π.χ. Ευκλείδεια απόσταση) είναι υλοποιήσιμα στην R.
- Επαναλαμβάνουμε:
  - Ενώνουμε τα υποκείμενα / παρατηρήσεις που αντιστοιχούν στο στοιχείο του πίνακα με την μικρότερη τιμή (ελάχιστη απόσταση).
  - Ανανεώνουμε τον πίνακα αποστάσεων ώστε να αντικατοπτρίζει τις αποστάσεις ανάμεσα στην καινούρια ομάδα και τις αρχικές. Για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ ομάδας και παρατήρησης ή ομάδας και ομάδας έχουν προταθεί διάφορα μέτρα, τα οποία είναι γνωστά ως linkages. Ορισμένα από τα πιο γνωστά linkages αναπτύσσονται παρακάτω στην παρούσα παράγραφο.
  - Μέχρις ότου όλες οι παρατηρήσεις να ενωθούν σε μία ομάδα.

### Υπολογισμός της απόστασης της νέας ομάδας από κάθε άλλη ομάδα / παρατήρηση

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι υπολογισμού της απόστασης ανάμεσα στην νέα ομάδα και σε κάθε άλλη ομάδα / παρατήρηση. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με το **average link clustering** και με το **Ward's minimum variance criterion**.

#### Average link clustering

Η απόσταση μίας ομάδας από μία άλλη ομάδα / παρατήρηση υπολογίζεται ως η μέση απόσταση όλων των αποστάσεων ανάμεσα σε όλα τα στοιχεία της μιας ομάδας με όλα τα στοιχεία της άλλης. Έστω δύο ομάδες  $C_i$  και  $C_j$  με πλήθος παρατηρήσεων  $m_i$  και  $m_j$ , αντίστοιχα. Η απόσταση ανάμεσα στις δύο ομάδες με βάση τη μέθοδο Average link clustering ορίζεται ως εξής:

$$d(C_i, C_j) = \frac{\sum_{x \in C_i, y \in C_j} d(x, y)}{m_i * m_j}$$

#### Ward's minimum variance criterion

Σύμφωνα με το Ward's minimum variance criterion η απόσταση μεταξύ δύο ομάδων ορίζεται ως η αύξηση στη συνολική διακύμανση (total within-cluster variance) που θα προκαλέσει η ένωση των ομάδων.

#### Δενδροδιάγραμμα

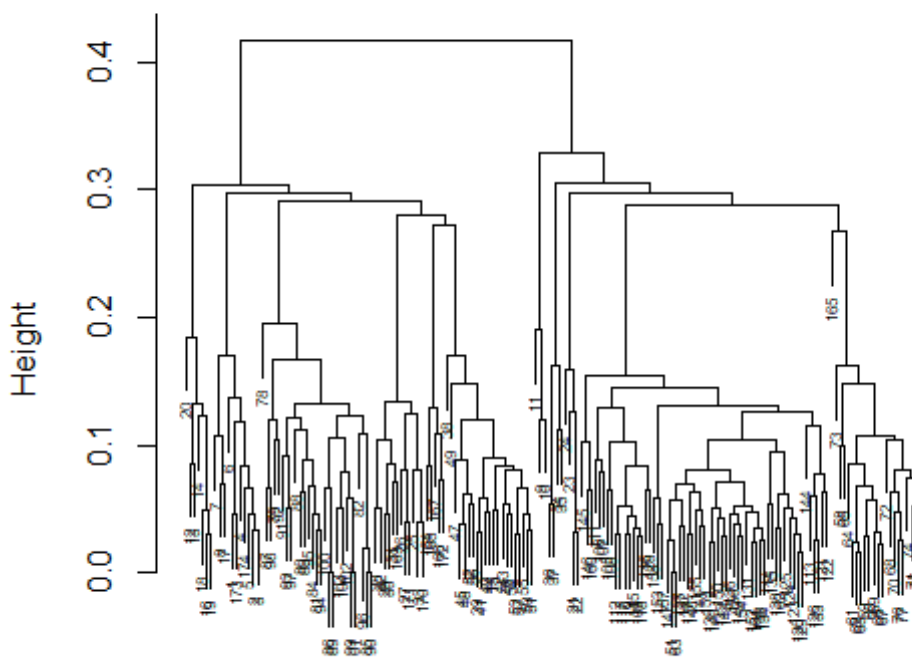
Το δενδροδιάγραμμα είναι ένα γράφημα που παρουσιάζει όλα τα βήματα του αλγορίθμου της cluster analysis, δηλαδή τι ενώθηκε σε κάθε βήμα και με τι απόσταση. Στο δενδροδιάγραμμα βλέπουμε όλες τις ομαδοποιήσεις από  $n$  ομάδες μέχρι και με μία ομάδα.



### Εφαρμογή Hierarchical cluster analysis στα δεδομένα μας

Θα εφαρμόσουμε Hierarchical cluster analysis στα δεδομένα μας<sup>17</sup> προκειμένου να εξετάσουμε αν με τις παρατηρήσεις που έχουμε στη διάθεσή μας μπορούν να σχηματιστούν διακριτές ομάδες. Επίσης, θέλουμε να διαπιστώσουμε αν με αυτήν την ανάλυση θα προκύψει διάκριση μεταξύ ανδρών και γυναικών, το οποίο είδαμε στο Κεφάλαιο 3. Για την ανάλυση δεν θα χρησιμοποιήσουμε την μεταβλητή *agegroup*, καθώς όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 3 δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές των αιματολογικών δεικτών στα επίπεδα της μεταβλητής αυτής και για τους άνδρες και για τις γυναίκες.

### **Dendrogram with average link clustering**



**Διάγραμμα 4.1: Δενδροδιάγραμμα που προκύπτει μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με average link clustering**

<sup>17</sup> για τις εντολές με τις οποίες κάνουμε την Hierarchical cluster analysis βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R, ΕΝΤΟΛΗ 16

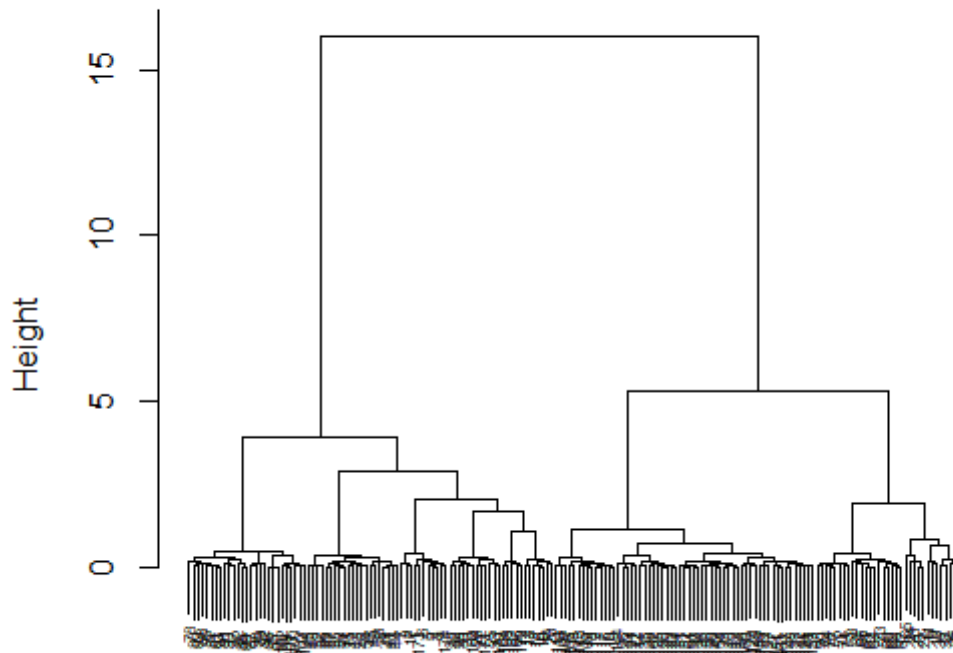
Από το Διάγραμμα 4.1 παρατηρούμε ότι χρησιμοποιώντας average link clustering προκύπτουν δύο ομάδες.

groups	male	female
1	0	83
2	91	0

**Πίνακας 4.1: Κατανομή ανδρών και γυναικών στις δύο ομάδες που προέκυψαν μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με average link clustering**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, στην πρώτη ομάδα ανήκουν όλες οι γυναίκες και στην δεύτερη ομάδα ανήκουν όλοι οι άνδρες. Άρα η Hierarchical cluster analysis με average link clustering χώρισε τα δεδομένα με βάση το φύλο.

## Dendrogram with Ward's minimum variance criterion



**Διάγραμμα 4.2:** Δενδροδιάγραμμα που προκύπτει μετά την εφαρμογή *Hierarchical cluster analysis με Ward's minimum variance criterion*

Από το Διάγραμμα 4.2 παρατηρούμε ότι χρησιμοποιώντας Ward's minimum variance criterion προκύπτουν δύο ομάδες.

groups	male	female
1	0	83
2	91	0

**Πίνακας 4.2: Κατανομή ανδρών και γυναικών στις δύο ομάδες που προέκυψαν μετά την εφαρμογή Hierarchical cluster analysis με Ward's minimum variance criterion**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2, στην πρώτη ομάδα ανήκουν όλες οι γυναίκες και στην δεύτερη ομάδα ανήκουν όλοι οι άνδρες. Άρα και η Hierarchical cluster analysis με Ward's minimum variance criterion χώρισε τα δεδομένα με βάση το φύλο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα**

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν ο εντοπισμός διαφορών μεταξύ ανδρών και γυναικών ως προς την αλκαλική φωσφατάση, το ασβέστιο και τον φώσφορο στο αίμα, ο εντοπισμός διαφορών των τριών αυτών αιματολογικών δεικτών ως προς τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία μετρήθηκαν οι δείκτες, καθώς και ο εντοπισμός διαφορών των αιματολογικών δεικτών ως προς τα επίπεδα της ηλικιακής ομάδας για τους άνδρες και τις γυναίκες ξεχωριστά. Για τον σκοπό αυτό κάναμε t-tests για δύο ανεξάρτητα δείγματα με ίσες διακυμάνσεις, t-tests για δύο ανεξάρτητα δείγματα με άνισες διακυμάνσεις, ελέγχους ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one way ANOVA) με ίσες διακυμάνσεις, ελέγχους ανάλυσης διακύμανσης κατά έναν παράγοντα (one way ANOVA) με άνισες διακυμάνσεις και μη παραμετρικούς ελέγχους Kruskal-Wallis. Επιπλέον, χρησιμοποιήσαμε Ιεραρχικές τεχνικές ομαδοποίησης (Hierarchical clustering). Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση είναι τα εξής:

1. Η αλκαλική φωσφατάση, το ασβέστιο και ο φώσφορος στο αίμα διαφέρουν μεταξύ ανδρών άνω των 65 ετών και γυναικών άνω των 65 ετών. Πιο συγκεκριμένα, οι γυναίκες άνω των 65 ετών έχουν υψηλότερες τιμές και για τους τρεις αιματολογικούς δείκτες σε σχέση με τους άνδρες άνω των 65 ετών.
2. Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
3. Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
4. Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα για τους έξι τύπους εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
5. Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
6. Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
7. Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα των ανδρών άνω των 65 ετών για τις πέντε ηλικιακές ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

8. Οι διάμεσοι της τιμής της αλκαλικής φωσφατάσης στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
9. Οι μέσες τιμές του ασβεστίου στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.
10. Οι μέσες τιμές του φωσφόρου στο αίμα των γυναικών άνω των 65 ετών για τις τέσσερις ηλικιακές ομάδες δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Συνεπώς, ο κύριος παράγοντας που καθορίζει τις τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης, του ασβεστίου και του φωσφόρου στο αίμα για τα άτομα άνω των 65 ετών είναι το φύλο. Αυτό επιβεβαιώθηκε και από την Hierarchical clustering.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ R

```
ΕΝΤΟΛΗ 1:  setwd("C:\\Users\\Δημήτρης\\Documents")
            a<-read.table("data.txt")
            a<-a[,-1]
            names(a)<-c("age","sex","alkphos","lab","cal","phos","agegroup")
            attach(a)
            a$sex<-factor(sex,labels=c("male","female"))
            a$lab<-factor(lab,labels=c("Metpath","Deyor","St.Elizabeth's",
            "CB Rouche","YOH","Horizon"))
            a$agegroup<-factor(agegroup,labels=c("65-69","70-74","75-79",
            "80-84","85-89"))
```

```
ΕΝΤΟΛΗ 2:  library(sjPlot)
            # πίνακας κατανομής συχνοτήτων για την μεταβλητή sex
            sjt.frq(a$sex)
            # πίνακας κατανομής συχνοτήτων για την μεταβλητή lab
            sjt.frq(a$lab)
            # πίνακας κατανομής συχνοτήτων για την μεταβλητή agegroup
            sjt.frq(a$agegroup)
```

```
ΕΝΤΟΛΗ 3:  sjt.df(a[,c(1,3,5,6)])
```

```
ΕΝΤΟΛΗ 4:  # ιστόγραμμα για την μεταβλητή age
            x<-a$age
            hist(x,col=rainbow(10,alpha=0.1)[4],main="Histogram of
            age",xlab="age",ylim=c(0,40))
            # ιστογράμματα για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos
            par(mfrow=c(1,3))
            x<-a$alkphos
            hist(x,col=rainbow(10,alpha=0.1)[8],main="Histogram of
            alkphos",xlab="alkphos",ylim=c(0,60))
            x<-a$cal
```

```

hist(x,col=rainbow(10,alpha=0.1)[5],main="Histogram of
      cal",xlab="cal",ylim=c(0,60))
x<-a$phos
hist(x,col=rainbow(10,alpha=0.1)[3],main="Histogram of
      phos",xlab="phos",ylim=c(0,50))
# q-q plot για την μεταβλητή age
y<-a$age
qqnorm(y, main="Q-Q plot for age")
qqline(y)
# q-q plots για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos
par(mfrow=c(1,3))
y<-a$alkphos
qqnorm(y, main="Q-Q plot for alkphos")
qqline(y)
y<-a$cal
qqnorm(y, main="Q-Q plot for cal")
qqline(y)
y<-a$phos
qqnorm(y, main="Q-Q plot for phos")
qqline(y)
# box plot για την μεταβλητή age
d<-a$age
boxplot(d,main="Boxplot of age",col=2)
# box plots για τις μεταβλητές alkphos, cal και phos
par(mfrow=c(1,3))
d<-a$alkphos
boxplot(d,main="Boxplot of alkphos",col=4)
d<-a$cal
boxplot(d,main="Boxplot of cal",col=3)
d<-a$phos
boxplot(d,main="Boxplot of phos",col=5)

```



```
ΕΝΤΟΛΗ 5: # t-tests
# αλκαλική φωσφατάση
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος ισότητας των διακυμάνσεων
var.test(alkphos~sex,data=a)
# έλεγχος
t.test(alkphos~sex,data=a,var.equal=F)
# ασβέστιο
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος ισότητας των διακυμάνσεων
var.test(cal~sex,data=a)
# έλεγχος
t.test(cal~sex,data=a,var.equal=T)
# φώσφορος
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος ισότητας των διακυμάνσεων
var.test(phos~sex,data=a)
# έλεγχος
t.test(phos~sex,data=a,var.equal=T)
```

```
ΕΝΤΟΛΗ 6: # error bars
# αλκαλική φωσφατάση
library(gplots)
plotmeans(alkphos~sex,data=a,connect=F)
# ασβέστιο
plotmeans(cal~sex,data=a,connect=F)
# φώσφορος
plotmeans(phos~sex,data=a,connect=F)
```

```

ΕΝΤΟΛΗ 7: # έλεγχοι ANOVA
# ANOVA alkphos~lab
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(alkphos~lab,data=a)$res)
# Kruskal Wallis test
kruskal.test(alkphos~lab,data=a)
# ANOVA cal~lab
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(cal~lab,data=a)$res)
# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
library(car)
leveneTest(cal~lab,data=a)
# ANOVA test
oneway.test(cal~lab,var.equal=T,data=a)
# ANOVA phos~lab
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(phos~lab,data=a)$res)
# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
library(car)
leveneTest(phos~lab,data=a)
# ANOVA test
oneway.test(phos~lab,var.equal=T,data=a)

ΕΝΤΟΛΗ 8: # box plots alkphos~lab
library(ggplot2)
ggplot(a,aes(x=lab,y=alkphos,fill=lab))+
  geom_boxplot(fill="#4271AE" col="black")+ggtitle("Boxplot of
  alkphos by lab")
# error bar cal~lab
plotmeans(cal~lab,data=a,connect=F)

```

ΕΝΤΟΛΗ 9: `pairs(a[,c(1,3,5,6)],col="blue",cex=2,lower.panel=NULL)`

ΕΝΤΟΛΗ 10: `c<-cor(a[,c(1,3,5,6)])`  
`corrplot(c,method="number",type="upper")`

ΕΝΤΟΛΗ 11: `b<-split(a,sex)`  
`# άνδρες`  
`c<-b$'1'`  
`# γυναίκες`  
`d<-b$'2'`

ΕΝΤΟΛΗ 12: `# έλεγχοι ANOVA για τους άνδρες`  
`# ANOVA alkphos~agegroup`  
`# έλεγχος προϋποθέσεων`  
`# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων`  
`shapiro.test(aov(alkphos~agegroup,data=c)$res)`  
`# Kruskal Wallis test`  
`kruskal.test(alkphos~agegroup,data=c)`  
`# ANOVA cal~agegroup`  
`# έλεγχος προϋποθέσεων`  
`# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων`  
`shapiro.test(aov(cal~agegroup,data=c)$res)`  
`# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων`  
`library(car)`  
`leveneTest(cal~agegroup,data=c)`  
`# ANOVA test`  
`oneway.test(cal~agegroup,var.equal=T,data=c)`  
`# ANOVA phos~agegroup`  
`# έλεγχος προϋποθέσεων`  
`# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων`  
`shapiro.test(aov(phos~agegroup,data=c)$res)`  
`# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων`  
`library(car)`  
`leveneTest(phos~agegroup,data=c)`

```

# ANOVA test
oneway.test(phos~agegroup,var.equal=T,data=c)
# έλεγχοι ANOVA για τις γυναίκες
# ANOVA alkphos~agegroup
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(alkphos~agegroup,data=d)$res)
kruskal.test(alkphos~agegroup,data=d)
# ANOVA cal~agegroup
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(cal~agegroup,data=d)$res)
# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
library(car)
leveneTest(cal~agegroup,data=d)
# ANOVA test
oneway.test(cal~agegroup,var.equal=T,data=d)
# ANOVA phos~agegroup
# έλεγχος προϋποθέσεων
# έλεγχος κανονικότητας καταλοίπων
shapiro.test(aov(phos~agegroup,data=d)$res)
# έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων
library(car)
leveneTest(phos~agegroup,data=d)
# ANOVA test
oneway.test(phos~agegroup,var.equal=F,data=d)

```

ΕΝΤΟΛΗ 13: `library(gplots)`  
`plotmeans(phos~agegroup,data=c,connect=F)`

ΕΝΤΟΛΗ 14: `summary(c$agegroup)`

ΕΝΤΟΛΗ 15: `summary(d$agegroup)`

```
ENTOAH 16: a<-a[,-7]
            library(cluster)
            diss<-daisy(a)
            # average
            hc<-hclust(diss,"ave")
            plot(hc,main="Dendrogram with average link clustering",cex=0.5)
            groups<-cutree(hc,2)
            table(groups,a[,2])
            # ward
            hc1<-hclust(diss,"ward.D")
            plot(hc1,main="Dendrogram with Ward's minimum variance
                    criterion",cex=0.5)
            groups<-cutree(hc1,2)
            table(groups,a[,2])
```

## ΠΙΝΑΚΕΣ

<code>agegroup</code>
<code>65-69:35</code>
<code>70-74:24</code>
<code>75-79:23</code>
<code>80-84: 6</code>
<code>85-89: 3</code>

*Πίνακας A1: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής `agegroup` για τους άνδρες άνω των 65 ετών*

<code>agegroup</code>
<code>65-69:20</code>
<code>70-74:45</code>
<code>75-79:13</code>
<code>80-84: 5</code>
<code>85-89: 0</code>

*Πίνακας A2: Πίνακας κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής `agegroup` για τις γυναίκες άνω των 65 ετών*

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΒΙΒΛΙΑ**

- Φουσκάκης Δ. (2013), *Ανάλυση Δεδομένων με Χρήση της R*, Εκδόσεις Τσότρας
- Ιωαννίδης Δ., Αθανασιάδης Ι. (2017), *Στατιστική και Μηχανική Μάθηση με την R: Θεωρία και Εφαρμογές*, Εκδόσεις Τζιόλα

### **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Ντζούφρας Ι. (2016), Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το προπτυχιακό μάθημα *Ανάλυση Δεδομένων*, Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Ορφανογιαννάκη Αικ. (2017), Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το προπτυχιακό μάθημα *Στατιστική Μάθηση*, Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

### **ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ**

- Pokorski R. (1990), Laboratory values in the elderly, *Journal of Insurance Medicine*, Volume 22, No.2, 117-119

### **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

- <https://athenslab.gr/diagnostikes-exetaseis/alkaliki-fosfatasi-alp-38>
- [http://peptiko.gr/show\\_article.php?article=191&selected=0](http://peptiko.gr/show_article.php?article=191&selected=0)
- [http://bio-diagnosi.gr/blog/133-alkaliki\\_fosfatasi\\_alp.html](http://bio-diagnosi.gr/blog/133-alkaliki_fosfatasi_alp.html)
- <https://athenslab.gr/diagnostikes-exetaseis/asvestio-ca-94>
- <https://eclass.upatras.gr/modules/.../ΑΣΒΕΣΤΙΟ%20ΦΩΣΦΟΡΟ%20ΜΑΓΝΗΣΙΟ.pptx>
- <https://athenslab.gr/diagnostikes-exetaseis/fosforos-p-522>
- [http://www.elire.gr/info\\_det.php?di=21](http://www.elire.gr/info_det.php?di=21)

