



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ
ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΙΟΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ -
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΝΟΥΤΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΧΑΝΙΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ο σχεδιασμός, η οργάνωση και η εκπόνηση μίας πτυχιακής εργασίας είναι μία επίπονη διαδικασία που αποτελείται από πολλά αλληλοσυνδεδεμένα στοιχεία και στάδια. Είναι μια δυναμική πορεία που μοιάζει με ένα ταξίδι : περιλαμβάνει τον φανταστικό σχεδιασμό του, την αναζήτηση μέσων και τρόπων επίτευξης του, τον σχεδιασμό του βάσει των ρεαλιστικών στοιχείων της πραγματικότητας, την πρόβλεψη των αντιξοοτήτων και εμποδίων, που είναι και αυτά ζωτικά και απαραίτητα στοιχεία.

Ο ταξιδιώτης συλλέγει πολλά από το ταξίδι του, την εμπειρία, την αυτογνωσία, τη χαρά της εξερεύνησης αγνώστων γαιών, την υπερκέραση των εμποδίων, την επικοινωνία, αλλά δεν είναι μόνος. Προχωρά στο ταξίδι του με την αρωγή ανθρώπων, που τον προμηθεύουν με γνώσεις, πίστη, ψυχικά εφόδια. Και όλοι αυτοί αξίζουν – και τυγχάνουν – ισάξια αναγνώριση και τιμή.

Έτσι, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον υπεύθυνο καθηγητή μου, Κύριο Λιοδάκη Γεώργιο, που πίστεψε αρχικά στην αναγκαιότητα και τη σημασία των αναζητήσεων μου, αλλά και για την πολύτιμη αρωγή του σε κάθε τομέα του εγχειρήματος, προσφέροντας τις καίριες και ξεκάθαρες παρατηρήσεις του. Όλα αυτά λειτούργησαν ως φάρος που έκανε διακριτά τα εμπόδια. Δεν ξεχνώ λοιπόν, την ηθική συμπαράσταση του καθηγητή μου, ο οποίος με εμπνύχωνε με ειλικρινή και ανθρώπινο τρόπο, φροντίζοντας να αμβλύνει τις πρώτες ανησυχίες για τον σχεδιασμό και την οργάνωση της εργασίας μου, προσφέροντας την εμπειρία και τη σοφία του.

Τέλος, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, Δημήτρη και Αθηνά, οι οποίοι προσέφεραν τη βοήθεια και την υποστήριξη τους απλόχερα. Και βέβαια, πολύτιμη υλική και συναισθηματική υποστήριξη προσέφερε η στενή μου φίλη Εμμανουέλα, την οποία ευχαριστώ εκ βάθους καρδιάς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ.....	7
1.1 ΓΕΝΙΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ (2G) – ΨΗΦΙΑΚΗ ΦΩΝΗ.....	7
1.2 D-AMPS - ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ.....	7
1.3 GSM - ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	10
1.4 CDMA - ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΚΩΔΙΚΑ.....	13
1.5 GPRS 2.5G.....	15
1.6 ΤΡΙΤΗ ΓΕΝΙΑ (3G) – ΨΗΦΙΑΚΗ ΦΩΝΗ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	15
1.7 WCDMA.....	17
1.8 CDMA2000.....	19
1.9 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ 4G.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ P.C.A.....	25
2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS).....	25
2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ	27
2.3 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	27
2.4 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΜΕ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΟΡΟΥΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	28
2.5 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΩΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	34
2.6 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ	38
2.7 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΓΕΒΡΑ ΤΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	38
2.8 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	40
2.9 ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗ	43
2.10 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	53
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ.....	53
3.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟΚΑΜΕΡΑΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ.....	57

3.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ	61
3.4 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΜΕ ΜΡ3 PLAYER	63
3.5 ΤΟ BLUE TOOTH ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ P.C.A ΣΤΗΝ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ	71
4.1 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΜΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MINITAB)	71
4.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	81
4.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ BI PLOT	87
4.4 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΣ ΜΕ ΤΟ BI PLOT ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MINITAB	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ DTL TESTING	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια του σεμιναρίου πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε να εξετάσω το θέμα : Χρήση της θεωρίας των κυρίων συνιστωσών στην ομαδοποίηση συσκευών κινητών επικοινωνιών. Το θέμα αυτό περιλαμβάνει διάφορα κεφάλαια και υποκεφάλαια και τα όρια του επεκτείνονται, καθώς στην εργασία αυτή παραθέτουμε και επιπλέον πληροφορίες που δεν σχετίζονται άμεσα με το συγκεκριμένο θέμα.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας θα αναφερθούμε στις γενιές της κινητής τηλεφωνίας και μάλιστα στην 2^η γενιά κινητών τηλεφώνων, η οποία σχετίζεται με την ψηφιακή φωνή. Ακόμη θα κάνουμε λόγο για το σύστημα D – AMPS, που είναι ένα εξελιγμένο σύστημα κινητής τηλεφωνίας, καθώς και για το σύστημα GSM, που είναι ένα παγκόσμιο σύστημα κινητών επικοινωνιών. Επιπλέον στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζουμε το σύστημα CDMA με το οποίο μπορεί κανείς να έχει πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα σε διάφορα κανάλια.

Έπειτα αναφερόμαστε στο σύστημα GPRS (2,5G), το οποίο είναι ένα σύστημα γενικής υπηρεσίας ραδιομεταγωγής πακέτων και στη συνέχεια στα κινητά τηλέφωνα 3^{ης} γενιάς που είναι σπουδαίας σημασίας. Αξίζει να σημειωθεί πως στο πρώτο κεφάλαιο κάνουμε λόγο και για το σύστημα WCDMA που είναι ένα σύστημα ευρείας ζώνης, όπως και στη μέθοδο HSDPA που βασίζεται σε πακέτα δεδομένων WCDMA 5^{ης} έκδοσης, η οποία βοηθάει τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας να αυξήσουν κατά πολύ τον αριθμό των χρηστών. Συνάμα στο παρόν κεφάλαιο κάνουμε λόγο για το σύστημα CDMA2000, που είναι και αυτό ευρείας ζώνης, όπως και το WCDMA, με τη διαφορά ότι αυτό δεν συνεργάζεται με το GSM, καθώς και για τα κινητά της 4^{ης} γενιάς, που το πιο πιθανόν είναι να βγουν στο εμπόριο το 2010.

Στο δεύτερο κεφάλαιο που ακολουθεί αναφερόμαστε στη μέθοδο που ονομάζεται Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες και πιο συγκεκριμένα αναπτύσσουμε τα κριτήρια με τα οποία επιλέγουμε τις κύριες συνιστώσες, όπως και τα στάδια της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες. Έπειτα ερμηνεύουμε την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες με γεωμετρικούς όρους και καθορίζουμε τους εναλλακτικούς άξονες για τη δημιουργία νέων μεταβλητών. Σπουδαία είναι και η ανάλυση που κάνουμε σε κύριες συνιστώσες, ως τεχνική περιορισμού των διαστάσεων, αλλά και η παρουσίαση του αντικειμενικού σκοπού της ανάλυσης των

κυρίων συνιστωσών. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό ερμηνεύουμε την ανάλυση των κυρίων συνιστωσών με την άλγεβρα των πινάκων, παρουσιάζουμε κάποιους μαθηματικούς υπολογισμούς που σχετίζονται με αυτήν, κάνουμε λόγο για τον αριθμό των κυρίων συνιστωσών που επιλέγουμε για εξέταση και ακόμη παραθέτουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών, χωρίς τη χρήση του H/Y.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά των κινητών τηλεφώνων, θα μιλήσουμε για τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ψηφιακής κάμερας και της βιντεοκάμερας, όπως επίσης και για τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνης των κινητών τηλεφώνων. Σημαντική είναι και η παρουσίαση των χαρακτηριστικών αυτών που έχουν να κάνουν με το Mp3 Player και το Bluetooth των κινητών.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζουμε την ομαδοποίηση των συσκευών της κινητής τηλεφωνίας με κύριες συνιστώσες, μέσω του προγράμματος MINITAB και παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των δεδομένων μας με διάφορες γραφικές παραστάσεις και μάλιστα και μέσω της γραφικής παράστασης Scree Plot. Εν συνεχεία αναφερόμαστε στην πολύ σπουδαία γραφική παράσταση Biplot, στις ιδιότητες αυτής, καθώς επίσης και στην ερμηνεία και τις παρατηρήσεις που προκύπτουν από αυτήν την γραφική παράσταση.

Εν κατακλείδι, στο ίδιο κεφάλαιο κάνουμε μια απεικόνιση των δεδομένων μας μέσω της γραφικής παράστασης Biplot και παραθέτουμε τα διάφορα συμπεράσματα που σχετίζονται με τα δεδομένα μας αυτά.

Application of principal components analysis technique for the categorization of mobile cellular handsets

Abstract

Principal component analysis (pca) is a mainstay of modern data analysis. In particular the pca technique is used to reduce multi dimensional set to lower dimensions for analysis and is theoretically the optimal linear scheme in terms of least mean square error.

The aim of the thesis is to apply the aforementioned pca technique for the categorization of mobile cellular handsets based on some features i.e. the technical specification of handsets cameras and displays. By the exploitation of four benchmarking studies carried out by the digital technology laboratories (DTL) on behalf of the Germanos S.A. Mobile technology retailer. As well as the use of pca processing in the Minitab software environment.

The 19 mobile cellular handsets under examination are categorized. The results of such a categorization may be useful for marketing purposes by handsets' distribution and may help the consumers in their choice.

ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ (2G) – ΨΗΦΙΑΚΗ ΦΩΝΗ

Η πρώτη γενιά κινητών τηλεφώνων ήταν αναλογική· η δεύτερη ήταν ψηφιακή. Όπως δεν υπήρξε παγκόσμια τυποποίηση κατά την πρώτη γενιά, έτσι δεν υπήρξε τυποποίηση και κατά τη δεύτερη. Αυτή τη στιγμή είναι σε χρήση τέσσερα συστήματα: D-AMPS, GSM, CDMA, και PDC. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τα τρία πρώτα. Το PDC χρησιμοποιείται μόνο στην Ιαπωνία, και είναι ουσιαστικά το D-AMPS τροποποιημένο για συμβατότητα προς τα πίσω με το Ιαπωνικό αναλογικό σύστημα πρώτης γενιάς. Μερικές φορές χρησιμοποιείται στις διαφημίσεις ο όρος **Προσωπικές Τηλεπικοινωνιακές Υπηρεσίες** ή PCS (Personal Communications Services) για να υποδείξει ένα σύστημα δεύτερης γενιάς (δηλαδή, ψηφιακό). Αρχικά αυτό το όνομα σήμαινε ένα κινητό τηλέφωνο που χρησιμοποιούσε τη ζώνη των 1900 MHz, αλλά πλέον αυτή η διάκριση γίνεται σπάνια (go – online, 2008).

1.2 D-AMPS - ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

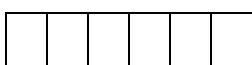
Η δεύτερη γενιά του συστήματος AMPS είναι το D-AMPS, το οποίο είναι πλήρως ψηφιακό. Περιγράφεται στο Διεθνές Πρότυπο IS-54 και στο διάδοχο του IS-136. Το D-AMPS σχεδιάστηκε προσεκτικά για να συνυπάρχει με το AMPS, προκειμένου να μπορούν να λειτουργούν συγχρόνως στην ίδια κυψέλη κινητά τηλέφωνα τόσο πρώτης όσο και δεύτερης γενιάς. Συγκεκριμένα, το D-AMPS χρησιμοποιεί τα ίδια κανάλια των 30 kHz όπως το AMPS και στις ίδιες συχνότητες και έτσι ένα κανάλι μπορεί να είναι αναλογικό και τα γειτονικά του να είναι ψηφιακά. Ανάλογα με το μείγμα τηλεφώνων σε μια κυψέλη, το MTSO της κυψέλης αποφασίζει ποια κανάλια είναι αναλογικά και ποια ψηφιακά, ενώ μπορεί να αλλάζει και τύπους καναλιών δυναμικά, καθώς αλλάζει το μίγμα των τηλεφώνων στην κυψέλη (Λιόντας, 2007-08 & Λιοτόπουλος, 2006).

Όταν το D-AMPS παρουσιάστηκε ως υπηρεσία, του διατέθηκε μια νέα ζώνη συχνοτήτων, με σκοπό να ικανοποιηθεί το αναμενόμενο αυξημένο φορτίο. Τα ανερχόμενα κανάλια ήταν στη περιοχή 1850-1910 MHz, ενώ τα αντίστοιχα κατερχόμενα κανάλια ήταν στην περιοχή 1930-1990 MHz - πάλι σε ζεύγη, όπως στο AMPS. Στη ζώνη αυτή τα κύματα έχουν μήκος 16 cm, γεγονός που φανερώνει ότι μια τυπική κεραία ίση με το 1/4 του κύματος έχει μήκος μόλις 4 cm, που είναι κάτι που οδηγεί σε μικρότερα τηλέφωνα. Ωστόσο, πολλά τηλέφωνα D-AMPS μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο τη ζώνη των 850 MHz όσο και τη ζώνη των 1900 MHz, έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερο εύρος διαθέσιμων καναλιών (Λιόντας, 2007-08 & Κονδύλης & Τσίρου, 2006 - 07).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σε ένα κινητό τηλέφωνο D-AMPS το σήμα φωνής που λαμβάνεται από το μικρόφωνο ψηφιοποιείται και συμπιέζεται, μέσω ενός μοντέλου που είναι περισσότερο προηγμένο από τα συστήματα διαμόρφωσης δέλτα και προγνωστικής κωδικοποίησης, που μελετήσαμε νωρίτερα. Η συμπίεση λαμβάνει υπόψη τις ακριβείς ιδιότητες του ανθρώπινου φωνητικού συστήματος για να κατεβάσει το εύρος ζώνης από τα 56 kbps της τυπικής κωδικοποίησης PCM στα 8 kbps ή και λιγότερα. Η συμπίεση γίνεται από ένα κύκλωμα που ονομάζεται κωδικοποιητής φωνής. Η συμπίεση παρατηρείται στο τηλέφωνο, και όχι στο σταθμό βάσης ή στο τερματικό κέντρο, έτσι ώστε να μειωθεί το πλήθος των bits που στέλνονται μέσω της ασύρματης σύνδεσης. Στη σταθερή τηλεφωνία δεν υπάρχει κάποιο κέρδος από το να γίνεται η συμπίεση στο τηλέφωνο, αφού η μείωση της κίνησης στον τοπικό βρόχο δεν αυξάνει καθόλου τη χωρητικότητα του συστήματος (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 - 07).

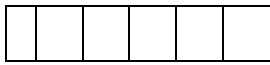
Στην κινητή τηλεφωνία υπάρχει τεράστιο κέρδος από το να γίνεται η ψηφιοποίηση και η συμπίεση στο τηλέφωνο, τόσο μεγάλο που στο D-AMPS τρεις χρήστες μπορούν να μοιράζονται ένα μόνο ζεύγος συχνοτήτων χρησιμοποιώντας πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου. Κάθε ζεύγος συχνοτήτων υποστηρίζει 25 πλαίσια/sec των 40 msec το καθένα. Κάθε πλαίσιο διαιρείται σε έξι χρονικές υποδοχές των 6,67 msec η καθεμιά από αυτές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2(α) για το χαμηλότερο ζεύγος συχνοτήτων.

(α)Ανερχόμενο Πλαίσιο TDM 40 msec



1850.01 MHz από κινητό προς βάση

Κατερχόμενο



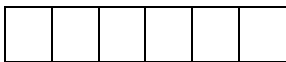
1930.05 MHz από βάση προς κινητό

(β) Ανερχόμενο Πλαίσιο TDM 40 msec



1850.01 MHz από κινητό προς βάση

Κατερχόμενο



1930.05 MHz από βάση προς κινητό

Εικόνα 2.

(α) Ένα κανάλι D-AMPS με τρεις χρήστες.

(β) Ένα κανάλι D-MPS με έξι χρήστες.

Κάθε πλαίσιο υποστηρίζει τρεις χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν με τη σειρά τους ανερχόμενες και κατερχόμενες συνδέσεις. Για παράδειγμα, στην υποδοχή 1 της Εικόνα 2(α), ο χρήστης 1 μπορεί να μεταδίδει προς το σταθμό βάσης και ο χρήστης 3 να λαμβάνει από το σταθμό βάσης. Κάθε υποδοχή έχει μήκος 324 bit, από τα οποία τα 64 bit χρησιμοποιούνται για χρόνο προστασίας, συγχρονισμό και έλεγχο, αφήνοντας 260 bit για το ωφέλιμο φορτίο του χρήστη. Από τα bit του ωφέλιμου φορτίου, τα 101 χρησιμοποιούνται για διόρθωση σφαλμάτων πάνω από τη θορυβώδη ασύρματη σύνδεση, οπότε τελικά απομένουν μόνο 159 bit για τη συμπιεσμένη ομιλία. Με 50 υποδοχές/sec, το εύρος ζώνης που είναι διαθέσιμο για τη συμπιεσμένη ομιλία είναι λίγο κάτω από τα 8 kbps, το 1/7 του τυπικού εύρους ζώνης του PCM (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 – 07).

Χρησιμοποιώντας καλύτερους αλγόριθμους συμπίεσης, η ομιλία μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 4 kbps, οπότε μπορούν να χωρέσουν έξι χρήστες σε ένα πλαίσιο, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2(β). Από την οπτική γωνία του φορέα, το να μπορεί να στριμώξει στο ίδιο φάσμα που καταλαμβάνει ένας χρήστης του AMPS τρεις έως έξι φορές περισσότερους χρήστες του D-AMPS είναι ένα τεράστιο κέρδος και αυτό εξηγεί μεγάλο μέρος της δημοτικότητας του PCS. Φυσικά, η ποιότητα ομιλίας στα 4 kbps δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτή που μπορεί να επιτευχθεί στα 56 kbps, αλλά λίγοι φορείς PCS διαφημίζουν ότι παρέχουν ήχο υψηλής

πιστότητας. Θα πρέπει να γίνει σαφές ότι για τα δεδομένα ένα κανάλι 8 kbps δεν είναι τόσο καλό όσο ένα αρχαίο modem στα 9600 (ό.π., 2006 – 07).

Η δομή ελέγχου του D-AMPS είναι αρκετά περίπλοκη. Συνοπτικά, ομάδες 16 πλαισίων σχηματίζουν ένα υπερπλαίσιο με κάποιες πληροφορίες ελέγχου να εμφανίζουν έναν περιορισμένο αριθμό φορών σε κάθε υπερπλαίσιο. Χρησιμοποιούνται έξι κύρια κανάλια ελέγχου: διεύθυνση συστήματος, έλεγχος σε πραγματικό χρόνο και μη πραγματικό χρόνο, ειδοποίηση, απόκριση σε πρόσβαση και σύντομα μηνύματα. Σε γενικές γραμμές, όμως, το σύστημα δουλεύει όπως το AMPS. Όταν ενεργοποιηθεί ένα κινητό, έρχεται σε επαφή με το σταθμό βάσης για να ανακοινώσει την ύπαρξη του και μετά παρακολουθεί ένα κανάλι ελέγχου για εισερχόμενες κλήσεις. Μόλις εντοπίσει ένα νέο κινητό, το MTSO ενημερώνει την οικεία βάση του χρήστη για τη θέση όπου βρίσκεται, προκειμένου οι κλήσεις προς αυτόν να μπορούν να δρομολογηθούν σωστά (Λιόντας, 2007-08 & Κονδύλης & Τσίρου, 2006 - 07).

Μια διαφορά ανάμεσα στο AMPS και το D-AMPS είναι ο τρόπος χειρισμού της μεταβίβασης. Στο AMPS το MTSO χειρίζεται πλήρως τη μεταβίβαση, χωρίς βοήθεια από τις κινητές συσκευές. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, στο D-AMPS κατά το 1/3 του χρόνου ένα κινητό ούτε στέλνει ούτε λαμβάνει. Έτσι, χρησιμοποιεί αυτές τις αδρανείς υποδοχές για να μετρά την ποιότητα της γραμμής. Μόλις ανακαλύψει ότι το σήμα εξασθενεί παραπονιέται στο MTSO, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να διακόψει τη σύνδεση, οπότε το κινητό θα δοκιμάσει να συντονιστεί σε ένα ισχυρότερο σήμα από κάποιον άλλο σταθμό βάσης. Όπως συμβαίνει και στο AMPS, για να γίνει μεταβίβαση απαιτούνται γύρω στα 300 msec μέχρι την ολοκλήρωση. Αυτή η τεχνική ονομάζεται **Μεταβίβαση Υποβοηθούμενη από το Κινητό ή MAHO** (Mobile Assisted HandOff) (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07).

1.3 GSM - ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

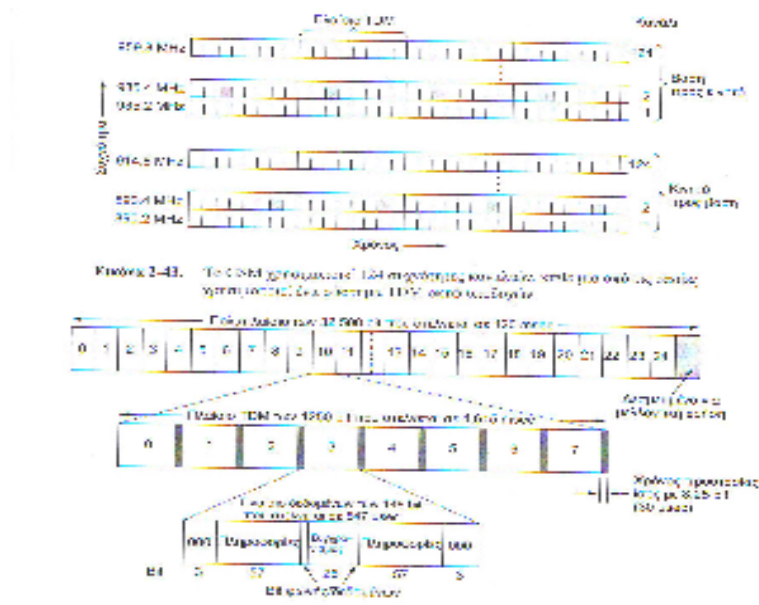
Το D-AMPS χρησιμοποιείται ευρέως στις Η.Π.Α. και (σε τροποποιημένη μορφή) στην Ιαπωνία. Σχεδόν σε όλο τον υπόλοιπο κόσμο χρησιμοποιείται ένα σύστημα που ονομάζεται **Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών** ή GSM (Global system for Mobile Communications), το οποίο έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ακόμη και στις Η.Π.Α. σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Σε μια πρώτη προσέγγιση, το GSM φαίνεται να μοιάζει με το D-AMPS, καθώς και τα δύο είναι κυψελωτά συστήματα αλλά και γιατί και στα δύο συστήματα χρησιμοποιείται πολύπλεξη με διαίρεση συχνότητας, με κάθε κινητό να μεταδίδει σε μια συχνότητα και να λαμβάνει σε μια υψηλότερη συχνότητα (80 MHz

παραπάνω για το D-AMPS, 55 MHz παραπάνω για το GSM). Επίσης και στα δύο συστήματα ένα ζεύγος συχνοτήτων διασπάται σε χρονικές υποδοχές που μοιράζονται σε περισσότερα από ένα κινητά, με πολύπλεξη διαίρεση χρόνου. Τα κανάλια όμως του GSM είναι πολύ ευρύτερα από τα κανάλια του AMPS (200 kHz έναντι 30 kHz), ενώ περιέχουν σχετικά λίγο περισσότερους χρήστες (8 έναντι 3), παρέχοντας έτσι στο GSM πολύ υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ανά χρήστη σε σχέση με το D-AMPS (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07 & Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδας & Πεταλάς, 2000).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε ζώνη συχνοτήτων έχει εύρος 200 kHz, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Ένα σύστημα GSM έχει 124 ζεύγη μονόδρομων καναλιών και κάθε μονόδρομο κανάλι έχει εύρος 200 kHz, που υποστηρίζει οκτώ χωριστές συνδέσεις, χρησιμοποιώντας πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου. Σε κάθε σταθμό που είναι τη δεδομένη στιγμή ενεργός εκχωρείται μια χρονική υποδοχή σε ένα ζεύγος καναλιών. Θεωρητικά μπορούν να υποστηριχθούν 992 κανάλια σε κάθε κυψέλη, πολλά όμως από αυτά δεν είναι διαθέσιμα, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι διενέξεις συχνοτήτων με τις γειτονικές κυψέλες. Στην Εικόνα 3, οι οκτώ σκιασμένες χρονικές υποδοχές ανήκουν στην ίδια σύνδεση, τέσσερις προς κάθε κατεύθυνση. Η μετάδοση και η λήψη δεν πραγματοποιούνται στην ίδια χρονική υποδοχή, διότι οι πομποδέκτες του GSM δεν μπορούν ταυτόχρονα να μεταδίδουν και να λαμβάνουν αφού χρειάζονται χρόνο για να αλλάξουν κατάσταση. Αν ο κινητός σταθμός στον οποίο έχει εκχωρηθεί το ζεύγος συχνοτήτων 890,4/935,4 MHz και η χρονική υποδοχή 2 ήθελε να μεταδώσει προς το σταθμό βάσης, θα χρησιμοποιούσε τις τέσσερις χαμηλότερες σκιασμένες υποδοχές (καθώς και αυτές που τις ακολουθούν χρονικά), τοποθετώντας τα δεδομένα του σε κάθε υποδοχή μέχρι να σταλούν όλα τα δεδομένα (Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδας & Πεταλάς, 2000).

Οι υποδοχές TDM που φαίνονται στην Εικόνα 3 αποτελούν μέρος μιας περίπλοκης ιεραρχίας πλαισίωσης. Κάθε υποδοχή TDM έχει μια συγκεκριμένη δομή, ενώ οι ομάδες πλαισίων TDM σχηματίζουν πολυπλαίσια (multiframe), επίσης με συγκεκριμένη δομή. Μια απλοποιημένη παραλλαγή της ιεραρχίας αυτής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στην εικόνα αυτή μπορούμε να δούμε ότι κάθε υποδοχή TDM αποτελείται από ένα πλαίσιο δεδομένων των 148 bit, το οποίο καταλαμβάνει το κανάλι για 577 msec (συμπεριλαμβανομένου ενός χρόνου προστασίας 30 msec μετά από κάθε υποδοχή). Κάθε πλαίσιο δεδομένων ξεκινά και τελειώνει με τρία bit 0, έτσι ώστε να διακρίνονται τα πλαίσια. Περιέχει επίσης δύο πεδία Πληροφοριών (Information) των 57 bit, με το καθένα να

περιέχει ένα bit ελέγχου που δείχνει κατά πόσον το επόμενο πεδίο Πληροφοριών περιέχει φωνή ή δεδομένα. Ανάμεσα στα πεδία Πληροφοριών υπάρχει ένα πεδίο Συγχρονισμού των 26 bit, το οποίο χρησιμοποιείται από το δέκτη για να συγχρονιστεί με τα όρια των πλαισίων του αποστολέα (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 - 07).



Τα πλαίσια δεδομένων μεταδίδονται σε 547 msec, ο πομπός όμως μπορεί να στείλει ένα πλαίσιο δεδομένων μόνο κάθε 4,615 msec, αφού μοιράζεται το κανάλι με οκτώ άλλους σταθμούς. Αυτό δίνει μια μικτή ταχύτητα 33.854 kbps - υπερδιπλάσια από αυτή του D-AMPS, το οποίο στέλνει 324 bit 50 φορές ανά δευτερόλεπτο πετυχαίνοντας 16,2 kbps. Ωστόσο, όπως και με το AMPS, η επιβάρυνση δαπανά μεγάλο ποσοστό του εύρους ζώνης, αφήνοντας τελικά ωφέλιμο φορτίο 24,7 kbps ανά χρήστη πριν τη διόρθωση σφαλμάτων. Μετά τη διόρθωση σφαλμάτων απομένουν 13 kbps για ομιλία, παρέχοντας σημαντικά καλύτερη ποιότητα φωνής από το D-AMPS, με το κόστος όμως της χρήσης περισσότερου εύρους ζώνης (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07 & Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδας & Πεταλάς, 2000).

Όπως μπορεί να φανεί από την παραπάνω εικόνα, οκτώ πλαίσια δεδομένων σχηματίζουν ένα πλαίσιο TDM και 26 πλαίσια TDM σχηματίζουν ένα πολυπλαίσιο διάρκειας 120 msec. Από τα 26 πλαίσια TDM ενός πολυπλαισίου, η υποδοχή 12 χρησιμοποιείται για έλεγχο και η υποδοχή 25 είναι δεσμευμένη για μελλοντική χρήση, με αποτέλεσμα να μένουν διαθέσιμες μόνο 24 υποδοχές για τους χρήστες (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07).

Ωστόσο όμως, εκτός από το πολυπλάσιο 26 υποδοχών που φαίνεται στην εικόνα που παρουσιάσαμε, χρησιμοποιείται επίσης και ένα πολυπλάσιο 51 υποδοχών, που δεν φαίνεται στην εικόνα. Μερικές από αυτές τις υποδοχές χρησιμοποιούνται για διάφορα κανάλια ελέγχου, τα οποία χρησιμεύουν στη διαχείριση του συστήματος. Το **κανάλι ελέγχου εκπομπής** (broadcast control channel) είναι μια συνεχής ροή εξόδου από τον σταθμό βάσης, η οποία περιέχει την ταυτότητα του σταθμού βάσης και την κατάσταση του καναλιού. Όλοι οι κινητοί σταθμοί παρακολουθούν την ισχύ του σήματος αυτού για να δουν αν έχουν μετακινηθεί σε μια νέα κυψέλη (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07).

Το **αφιερωμένο κανάλι ελέγχου** (dedicated control channel) χρησιμοποιείται για ενημέρωση τοποθεσίας, καταχώρηση, και εγκαθίδρυση κλήσεων. Συγκεκριμένα, κάθε σταθμός βάσης διατηρεί μια βάση δεδομένων με τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται την τρέχουσα στιγμή στη δικαιοδοσία του. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για την τήρηση αυτής της βάσης δεδομένων στέλνονται στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου (όπ.π., 2006 – 07).

Τέλος, υπάρχει το **κοινό κανάλι ελέγχου** (common control channel), το οποίο διαιρείται σε τρία λογικά υποκανάλια. Το πρώτο από αυτά τα υποκανάλια είναι το **κανάλι ειδοποίησης** (paging channel), το οποίο χρησιμοποιείται από το σταθμό βάσης για την ανακοίνωση εισερχόμενων κλήσεων. Κάθε κινητός σταθμός το παρακολουθεί συνεχώς για να εντοπίσει τυχόν κλήσεις στις οποίες θα πρέπει να απαντήσει. Το δεύτερο είναι το **κανάλι τυχαίας προσπέλασης** (random access channel), το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να ζητούν να τους παραχωρηθεί μια υποδοχή στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου. Αν υπάρξει διένεξη σε δύο αιτήσεις, αυτές παραμορφώνονται και θα πρέπει να σταλούν ξανά αργότερα. Χρησιμοποιώντας την υποδοχή στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου, ο σταθμός μπορεί στη συνέχεια να εγκαθιδρύσει μια κλήση. Η παραχώρηση της υποδοχής ανακοινώνεται στο τρίτο υποκανάλι, το **κανάλι παραχώρησης πρόσβασης** (access grant channel) (όπ.π., 2006 – 07).

1.4 CDMA - ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΚΩΔΙΚΑ

Τα D-AMPS και GSM είναι αρκετά συμβατικά ως συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν Frequency Division Multiplexer και Time Division Multiplexer για την υποδιαίρεση του φάσματος σε κανάλια και των καναλιών σε χρονικές υποδοχές. Παρά ταύτα υπάρχει και ένας τρίτος ανταγωνιστής, η **Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Κώδικα ή CDMA** (Code Division Multiple Access), που λειτουργεί εντελώς διαφορετικά. Η μέθοδος

CDMA, χάρις στην επιμονή μίας μόνο εταιρείας, της Qualcomm έχει ωριμάσει σε τέτοιο βαθμό που είναι αποδεκτή και θεωρείται η καλύτερη τεχνική λύση που υπάρχει και η βάση για τα κινητά συστήματα τρίτης γενιάς. Χρησιμοποιείται επίσης ευρέως στα κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς στις Η.Π.Α., όπου ανταγωνίζεται στα ίσα το D-AMPS. Για παράδειγμα, το σύστημα Sprint PCS χρησιμοποιεί CDMA, ενώ το AT&T Wire-less χρησιμοποιεί D-AMPS. Η τεχνική CDMA περιγράφεται στο Διεθνές Πρότυπο IS-95, έτσι πολλές φορές αναφέρεται με αυτό το όνομα. Χρησιμοποιείται όμως επίσης και η εμπορική ονομασία **cdmaOne** (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07).

Η μέθοδος CDMA διαφέρει κατά πολύ από τις AMPS, D-AMPS και GSM. Αντί να διαιρείται η διαθέσιμη περιοχή συχνοτήτων σε μερικές εκατοντάδες στενά κανάλια, η CDMA επιτρέπει σε κάθε σταθμό να μεταδίδει συνεχώς σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Οι πολλαπλές ταυτόχρονες μεταδόσεις διαχωρίζονται με βάση τη θεωρία κωδικοποίησης. Η CDMA δεν κάνει την υπόθεση ότι τα πλαίσια που παρουσιάζουν διένεξη αλλοιώνονται ολοκληρωτικά, αλλά αντιθέτως υποθέτει ότι τυχόν πολλαπλά σήματα προστίθενται γραμμικά (όπ.π., 2006 – 07).

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι στη μέθοδο CDMA, η διάρκεια κάθε bit διαιρείται σε m σύντομα διαστήματα που ονομάζονται θραύσματα (chips). Συνήθως έχουμε 64 ή 128 θραύσματα ανά bit, αλλά στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε 8 θραύσματα/ bit για λόγους απλότητας. Σε κάθε σταθμό εκχωρείται ένας μοναδικός κωδικός των m /bit, ο οποίος ονομάζεται ακολουθία θραυσμάτων (chip equence). Για να μεταδώσει το bit 1, ο σταθμός στέλνει την ακολουθία θραυσμάτων του. Για να μεταδώσει το bit 0, στέλνει το συμπλήρωμα ως προς ένα της ακολουθίας θραυσμάτων του. Δεν επιτρέπεται καμία άλλη ακολουθία. Έτσι για $m = 8$, αν ο σταθμός A έχει την ακολουθία θραυσμάτων 00011011, προκειμένου να στείλει ένα bit 1 μεταδίδει 00011011, ενώ για να στείλει ένα bit 0 μεταδίδει 11100100 (όπ.π., 2006 – 07).

Η αύξηση της ποσότητας πληροφορίας που στέλνεται από τα b bit/sec στα mb θραύσματα/sec μπορεί να γίνει μόνο αν αυξηθεί το διαθέσιμο εύρος ζώνης κατά έναν παράγοντα m , γεγονός που κάνει την CDMA μια μορφή επικοινωνίας με εξάπλωση φάσματος (υποθέτοντας ότι δε γίνονται άλλες αλλαγές στις τεχνικές διαμόρφωσης ή κωδικοποίησης). Αν έχουμε διαθέσιμη μια ζώνη 1 MHz για 100 σταθμούς, με την FDM κάθε σταθμός θα είχε 10 kHz και θα μπορούσε να στέλνει στα 10 kbps (υποθέτοντας 1 bit ανά Hz). Με την τεχνική CDMA κάθε σταθμός χρησιμοποιεί ολόκληρο το 1 MHz και έτσι ο

ρυθμός μετάδοσης θραυσμάτων είναι 1 εκατομμύριο θραύσματα ανά δευτερόλεπτο. Με λιγότερα από 100 θραύσματα ανά bit το τελικό εύρος ζώνης ανά σταθμό είναι υψηλότερο για την CDMA από ότι για την FDM, λύνοντας ταυτόχρονα και το πρόβλημα της εκχώρησης των καναλιών (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07).

1.5 GPRS 2.5G

Ένα άλλο σύστημα 2,5G είναι η **Γενική Υπηρεσία Ραδιομεταγωγής Πακέτων ή GPRS** (General Packet Radio Service), η οποία είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων πάνω από το D-AMPS ή το GSM. Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να στέλνουν και να λαμβάνουν πακέτα IP σε μια κυψέλη, η οποία χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα φωνής. Όταν υποστηρίζεται το GPRS, μερικές χρονικές υποδοχές σε κάποιες συχνότητες δεσμεύονται για κίνηση πακέτων δεδομένων. Το πλήθος και η θέση των χρονικών υποδοχών μπορεί να ορίζεται δυναμικά από το σταθμό βάσης, ανάλογα με το λόγο κίνησης φωνής προς δεδομένα στην κυψέλη (Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδα & Πεταλάς, 2000).

Οι διαθέσιμες χρονικές υποδοχές διαιρούνται σε πολλά λογικά κανάλια, τα οποία χρησιμοποιούνται για διαφορετικές δουλειές. Ο σταθμός βάσης αποφασίζει ποια λογικά κανάλια θα αντιστοιχίζονται στις χρονικές υποδοχές. Ένα λογικό κανάλι χρησιμοποιείται για το κατέβασμα πακέτων από τον σταθμό βάσης προς τους κινητούς σταθμούς, με κάθε πακέτο να δείχνει για ποιον προορίζεται. Για να στείλει ένα πακέτο IP, ο κινητός σταθμός ζητά μία ή περισσότερες χρονικές υποδοχές στέλνοντας μια αίτηση στο σταθμό βάσης. Αν η αίτηση φτάσει χωρίς ζημιές, ο σταθμός βάσης ανακοινώνει τη συχνότητα και τη χρονική υποδοχή που έχει εκχωρηθεί στο κινητό για την αποστολή του πακέτου. Μόλις το πακέτο φτάσει στο σταθμό βάσης, μεταφέρεται στο Internet μέσω μιας ενσύρματης σύνδεσης. Αφού το GPRS είναι μια απλή επικάλυψη του υπάρχοντος συστήματος φωνής, στην καλύτερη περίπτωση είναι ένα ημίμετρο μέχρι να φτάσει το 3G (Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07 & Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδα & Πεταλάς, 2000).

1.6 ΤΡΙΤΗ ΓΕΝΙΑ (3G) – ΨΗΦΙΑΚΗ ΦΩΝΗ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Είναι γεγονός πως υπάρχει μεγάλο πλήθος παραγόντων που καθοδηγούν τη βιομηχανία και πως η κυκλοφορία δεδομένων ήδη ξεπερνά την κυκλοφορία φωνής στο σταθερό δίκτυο που αυξάνεται εκθετικά. Ωστόσο η κυκλοφορία φωνής παραμένει ουσιαστικά αμετάβλητη. Πολλοί

ειδικοί της βιομηχανίας αναμένουν ότι η κυκλοφορία δεδομένων θα κυριαρχήσει σύντομα έναντι της κυκλοφορίας φωνής και στις κινητές συσκευές. Επίσης, οι βιομηχανίες τηλεφωνίας, διασκέδασης και υπολογιστών έχουν όλες γίνει ψηφιακές και συγκλίνουν με ραγδαίο ρυθμό. Πολλοί ονειρεύονται μια ελαφριά φορητή συσκευή, η οποία θα λειτουργεί ως τηλέφωνο, CD, DVD, τερματικό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, διασύνδεση με τον Ιστό, παιχνιδιομηχανή, επεξεργαστής κειμένου, και πολλά άλλα και όλα αυτά με ασύρματη διασύνδεση υψηλού εύρους ζώνης με το Internet σε όλο τον κόσμο. Αυτή η συσκευή και ο τρόπος σύνδεσης της είναι το σκεπτικό της κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς (go – online, 2008· tech – faq, 2008· Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07 & Λιοτόπουλος, 2006).

Το 1992 η ITU προσπάθησε να γίνει λίγο πιο σαφής σε σχέση με αυτά τα όνειρα και για το λόγο αυτό εξέδωσε ένα πρόγραμμα δράσης για να φτάσουμε ως εκεί, το οποίο ονομαζόταν IMT-2000 - όπου τα αρχικά σημαίνουν **Διεθνείς Κινητές Τηλεπικοινωνίες** (International Mobile Telecommunications). Ο αριθμός 2000 σήμαινε τρία πράγματα : α) το έτος στο οποίο υποτίθεται ότι το σύστημα θα έμπαινε σε λειτουργία, β) τη συχνότητα στην οποία υποτίθεται ότι θα λειτουργούσε (σε MHz) και γ) το εύρος ζώνης που θα έπρεπε να έχει η υπηρεσία (σε kHz) (europa, 2006 · Κονδύλης & Τσίρου, 2006 -07 & Λιοτόπουλος, 2006).

Το σύστημα δεν τα κατάφερε σε κανέναν από τους τρεις τομείς μέχρι το 2000. Η ITU σύστησε σε όλες τις κυβερνήσεις να δεσμεύσουν φάσμα στα 2 GHz, ώστε οι συσκευές να μπορούν να εκτελούν με διαφάνεια περιαγωγή από χώρα σε χώρα. Η Κίνα δέσμευσε το απαιτούμενο εύρος ζώνης, αλλά κανείς άλλος δεν το έκανε. Τελικά αναγνωρίστηκε ότι τα 2 Mbps δεν είναι προς το παρόν εφικτά για τους χρήστες που είναι πολύ κινητοί (λόγω της δυσκολίας στο να εκτελούνται αρκετά γρήγορα οι μεταβιβάσεις ανάμεσα στις κυψέλες). Μια πιο ρεαλιστική εκτίμηση είναι τα 2 Mbps για ακίνητους χρήστες εντός κτιρίων (κάτι που θα έρχεται σε άμεσο ανταγωνισμό με τις γραμμές ADSL), 384 kbps για ανθρώπους που περπατούν και 144 kbps για συνδέσεις από αυτοκίνητα. Η τρίτη γενιά μπορεί να φέρει κάπως λιγότερα από όσα ελπίζαμε αρχικά και να έρθει λίγο αργά, αλλά θα γίνει οπωσδήποτε πραγματικότητα (Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδας & Πεταλάς, 2000).

Οι βασικές υπηρεσίες τις οποίες υποτίθεται ότι θα παρείχε το δίκτυο IMT-2000 στους χρήστες του είναι :

α) *Μετάδοση φωνής υψηλής ποιότητας.*

β) *Ανταλλαγή μηνυμάτων (αντικαθιστώντας το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το φαξ, το*

SMS, την ηλεκτρονική συνομιλία, κ.λπ.).

γ) Πολυμέσα (αναπαραγωγή μουσικής, προβολή βίντεο, ταινιών, τηλεόρασης, κ.λπ.).

δ) Πρόσβαση στο Internet (περιήγηση στον Ιστό, ακόμα και σε σελίδες με ήχο και βίντεο).

Άλλες υπηρεσίες μπορεί να είναι η εικονοδιάσκεψη, η τηλεπαρουσία (telepresence), τα ομαδικά παιχνίδια και το κινητό εμπόριο (το να νεύουμε με το τηλέφωνο προς τον ταμιά για να πληρώσουμε σε ένα κατάστημα). Επιπρόσθετα, όλες αυτές οι υπηρεσίες υποτίθεται ότι θα είναι διαθέσιμες παγκοσμίως (με αυτόματη σύνδεση μέσω δορυφόρου όταν δεν μπορεί να εντοπιστεί κάποιο επίγειο δίκτυο), άμεσα (συνεχώς ενεργές) και με εγγυήσεις ως προς την ποιότητα υπηρεσιών (Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδα & Πεταλάς, 2000).

Η ITU οραματίστηκε τη χρήση μίας μόνο τεχνολογίας παγκοσμίως για το δίκτυο IMT-2000, έτσι ώστε οι κατασκευαστές να μπορούν να φτιάξουν μία μόνο συσκευή, η οποία θα μπορεί να πουλιέται και να χρησιμοποιείται οπουδήποτε στον κόσμο (όπως τα CD και οι υπολογιστές και σε αντιδιαστολή με τα κινητά τηλέφωνα και τις τηλεοράσεις). Η ύπαρξη μίας μόνο τεχνολογίας θα έκανε πολύ απλούστερη τη ζωή των επιχειρήσεων δικτύου και θα ενθάρρυνε περισσότερο κόσμο να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες (Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδα & Πεταλάς, 2000 & Τεντζέρης, 2001).

Είναι γεγονός ότι τα ασύρματα συστήματα 3G θα εξυπηρετούν στο μέλλον τις ανάγκες για υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, θα προσφέρουν πληθώρα νέων υπηρεσιών και θα προσεγγίζουν την πλήρη υλοποίηση του στόχου για επικοινωνία από οποιοδήποτε σημείο της γης, οποιαδήποτε χρονική στιγμή και κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες. Η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων θα απαιτήσει τη χρήση νέων τεχνολογιών σε πολλούς τομείς, όπως στις ραδιοσυχνότητες και στη διαχείριση δικτύων (Τεντζέρης, 2001).

1.7 WCDMA

Πρέπει να επισημάνουμε στο σημείο αυτό ότι η CDMA Ευρείας Ζώνης ή W-CDMA (Wideband) προτάθηκε από την Ericsson. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας του τύπου που περιγράψαμε προηγουμένως. Επιπλέον δουλεύει σε εύρος ζώνης 5 MHz και έχει σχεδιαστεί για να συνεργάζεται με δίκτυα GSM, αν και δεν είναι συμβατό προς τα πίσω με το GSM. Ωστόσο όμως έχει την ιδιότητα ότι ένας χρήστης μπορεί να βγει από μια κυψέλη W-CDMA και να μπει σε μια

κυψέλη GSM, χωρίς βέβαια να χαθεί η κλήση του. Αυτό το σύστημα προωθήθηκε έντονα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία το ονόμασε **Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών ή UMTS** (Univrsal Mobile telecommunications System) (ru6.cti, χ.χ & Τεντζέρης, 2001).

Αξίζει να τονιστεί ότι υπάρχουν αρκετές διαφορές ανάμεσα στο σύστημα GSM και το W-CDMA, αλλά η ανάπτυξη του δεύτερου βασίστηκε στην συμβατότητα με το πρώτο. Το GSM Base Station Subsystem (BSS) με το Radio Access Network (RAN) μπορούν να συνδεθούν στο ίδιο GSM κεντρικό δίκτυο (core network) για να παρέχουν ραδιοπρόσβαση στις συσκευές των χρηστών. Ευκολία στην σταδιακή αναβάθμιση των υποδομών. Επιπλέον και τα δυο συστήματα, BSS και RAN είναι βασισμένα πάνω στις ίδιες αρχές ενός κυψελικού ραδιο - συστήματος. Το GSM Base Station Controller (BSC) αντιστοιχεί στο WCDMA Radio Network Controller (RNC), το Base Transceiver Station (BTS) στο Radio Base Station και η A ήταν η βάση για την διεπαφή lu που στο μόνο που διαφέρει είναι στις παρεχόμενες υπηρεσίες από το WCDMA. Οι εμφανείς διαφορές των δυο συστημάτων είναι κυρίως στα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα. Το GSM χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Time Division Multiple Access, που είναι μια τεχνολογία βασισμένη στη διαχείριση των χρονοκενών (timeslots). Σε αντίθεση με το WCDMA που χρησιμοποιεί (εμφανέστατα) Code Division Multiple Access (Τεντζέρης, 2001 & Αλεξανδροπούλου, Κολτσίδα & Πεταλάς, 2000).

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο HSDPA που αναφέρεται σαν 3,5G είναι μια μέθοδος, η οποία βασίζεται σε πακέτα δεδομένων WCDMA πέμπτης έκδοσης, που αυξάνει τα επίπεδα διαμεταγωγής δεδομένων μέχρι τα 14Mbit/s για εκτεταμένες υπηρεσίες πολυμέσων και θεωρείται «το μέλλον του 3G». Είναι γεγονός πως το HSDPA επιτρέπει στις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας να αυξήσουν εντυπωσιακά τον αριθμό χρηστών υψηλού επιπέδου διαμεταγωγής δεδομένων στο ίδιο ραδιομεταφερόμενο σήμα, βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο τα οικονομικά στοιχεία. Ωστόσο όμως η ανάπτυξη αυτή δεν πρόκειται να είναι γρήγορη αλλά αντίθετα αργή. Ο «σταθμός βάσης σε ένα CD» περιέχει δοκιμασμένους αλγόριθμους και τον πηγαίο κώδικα για WCDMA και HSDPA. Οι χρόνοι ανάπτυξης για ένα σταθμό βάσης μπορούν να είναι 24 μήνες ή και περισσότερους, με προϋπολογισμούς πολλών δεκάδων εκατομμυρίων. Η λύση αυτή επιταχύνει την ταχύτητα ανάπτυξης και μειώνει τις δαπάνες. Αυτοί που παρέχουν τις υπηρεσίες μπορεί να είναι πιο κερδοφόροι, πιο εύκολα ανταποκρινόμενοι, με μείωση του χρόνου μέχρι την αγορά, οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας θα

είναι σε θέση να παρέχουν τις προηγμένες υπηρεσίες με χαμηλότερο κόστος και υψηλότερη αποδοτικότητα και ακόμη και οι χρήστες ωφελούνται από τις ταχύτερες υπηρεσίες (ru6.cti, χ.χ & Τεντζέρης, 2001).

1.8 CDMA2000

Στο παρόν σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι ο ανταγωνιστής είναι το CDMA2000, που προτάθηκε από την Qualcomm. Το σύστημα αυτό ακολουθεί μια σχεδίαση εξάπλωσης φάσματος άμεσης ακολουθίας και είναι βασικά μια επέκταση του IS-95, καθώς και συμβατό προς τα πίσω με αυτό. Χρησιμοποιεί επίσης εύρος ζώνης 5 MHz, αλλά δεν έχει σχεδιαστεί για να συνεργάζεται με το GSM και δεν μπορεί να μεταβιβάζει κλήσεις σε μια κυψέλη GSM (ούτε βέβαια σε μια κυψέλη D-AMPS). Άλλες τεχνικές διαφορές με το W-CDMA είναι ο διαφορετικός ρυθμός μετάδοσης θραυσμάτων, η διαφορετική διάρκεια πλαισίων, η χρήση διαφορετικού φάσματος και η διαφορετική μέθοδος συγχρονισμού (ru6.cti, χ.χ).

Αν οι μηχανικοί της Ericsson και της Qualcomm έμπαιναν σε ένα δωμάτιο με την εντολή να καταλήξουν σε μια κοινή σχεδίαση, κατά πάσα πιθανότητα θα το έκαναν. Άλλωστε η βασική ιδέα πίσω από τα δύο συστήματα είναι η χρήση CDMA σε ένα κανάλι 5 MHz και κανείς δεν προτίθεται να πεθάνει υποστηρίζοντας το ρυθμό μετάδοσης θραυσμάτων που προτιμά. Το θέμα είναι ότι το πραγματικό πρόβλημα δεν είναι τεχνικό αλλά πολιτικό (όπως συνήθως). Η Ευρώπη ήθελε ένα σύστημα το οποίο να συνεργάζεται με το GSM. Οι Η.Π.Α. ήθελαν ένα σύστημα το οποίο να είναι συμβατό με κάποιο σύστημα που να είναι ήδη ευρέως διαδεδομένο στις Η.Π.Α (το IS-95). Κάθε πλευρά υποστηρίζει επίσης την εταιρεία της περιοχής της (η Ericsson έχει ως βάση τη Σουηδία, ενώ η Qualcomm την Καλιφόρνια). Τέλος, η Ericsson και η Qualcomm εμπλέκονται σε πολλές δικαστικές διαμάχες σχετικά με τις ευρεσιτεχνίες τους για το σύστημα CDMA (ru6.cti, χ.χ & Λιοτόπουλος, 2006).

Το Μάρτιο του 1999 οι δύο εταιρείες ήρθαν σε δικαστικό συμβιβασμό, την περίοδο εκείνη που η Ericsson συμφώνησε να αγοράσει την υποδομή της Qualcomm. Επίσης συμφώνησαν σε ένα κοινό πρότυπο 3G, το οποίο όμως έχει πολλές ασύμβατες επιλογές, που σε μεγάλο βαθμό κρύβουν απλώς τις τεχνικές διαφορές. Παρά τις διαμάχες αυτές, οι συσκευές και οι υπηρεσίες των συστημάτων 3G είναι πιθανό να αρχίσουν να εμφανίζονται τα επόμενα χρόνια (europa, 2006 & Τεντζέρης, 2001).

Προτού ολοκληρώσουμε τα όσα έχουμε αναφέρει για την Τρίτη Γενιά κινητής τηλεφωνίας πρέπει να σημειώσουμε πως έχουν γραφτεί πολλά για τα συστήματα 3G, τα

περισσότερα εκ των οποίων τα δοξάζουν ως τη μεγαλύτερη εφεύρεση μετά τον τροχό. Ωστόσο όμως κάποιος διαφώνησαν, διότι πίστευαν ότι η βιομηχανία κινείται προς τη λάθος κατεύθυνση. Περιμένοντας να σταματήσει ο πόλεμος για το 3G μερικοί φορείς κάνουν μικρά προσεκτικά βήματα προς την κατεύθυνση του 3G, υλοποιώντας κάτι που μερικές φορές ονομάζεται **2,5G**, αν και το 2,1G θα ήταν πιο ακριβές. Ένα τέτοιο σύστημα είναι οι **Βελτιωμένοι Ρυθμοί Μετάδοσης Δεδομένων για Εξέλιξη του GSM ή EDGE** (Enhanced Data rates for GSM), το οποίο είναι απλώς το GSM με περισσότερα bit ανά baud. Το πρόβλημα είναι ότι περισσότερα bit ανά baud σημαίνει και περισσότερα σφάλματα ανά baud, οπότε το σύστημα EDGE έχει εννιά διαφορετικές μεθόδους διαμόρφωσης και διόρθωσης σφαλμάτων, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους στο ποσοστό του εύρους ζώνης το οποίο αφιερώνεται για τη διόρθωση των σφαλμάτων που εισάγονται λόγω της υψηλότερης ταχύτητας (Τεντζέρης, 2001 & tech – faq, 2008).

1.9 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ 4G

Οι τεχνολογίες 4G αποτελούν τις νεότερες τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας, που αναμένονται εμπορικά γύρω στο 2010 και θα παρέχουν τη δυνατότητα ασφαλών και αξιόπιστων «οικουμενικών» (ubiquitous) υπηρεσιών σε χρήστες περιορισμένης ή και μεγάλης κινητικότητας. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν δύο βασικές συνιστώσες : τις «ραδιο-τεχνολογίες B3G» (ή τεχνολογίες μετάδοσης σήματος) και τις «υπηρεσίες B3G», δηλ. τις εφαρμογές που παρέχονται στον τελικό χρήστη (Λιοτόπουλος, 2006).

Οι «Ραδιο-τεχνολογίες B3G» πρόκειται να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά :

- Υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από την 3G, με κορύφωση (peak) τα 20 - 200 Mbps.
- Καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος και μικρότερο κόστος ανά bit.
- Προσαρμογή φυσικής και λογικής πρόσβασης (physical & MAC interface) που ελέγχεται από λογισμικό (software controlled radios) και βελτιστοποιείται για IP κυκλοφορία, με χρήση του πρωτοκόλλου IPv6 (all IPv6 δίκτυα μεταφοράς) και εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών (QoS), που σχετίζονται με καλύτερη χρήση του

φάσματος και της μπαταρίας, ανάλογα με τα δεδομένα του δικτύου και τις απαιτήσεις του χρήστη.

- Μικρότερες κυψέλες (cells), για την επίτευξη των ζητούμενων μεγαλύτερων ρυθμών μετάδοσης, για τον ίδιο πληθυσμό.
- Υψηλότερες χρησιμοποιούμενες συχνότητες (μέχρι 5 GHz), με εύρος ζώνης ραδιοσυχνοτήτων (RF) ανά κανάλι 20~100 MHz.
- Χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών, τόσο στους σταθμούς βάσης όσο και στις κινητές συσκευές, με χρήση του πρωτοκόλλου ορθογώνιας πολυπλεξίας συχνότητας, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), αλλά και άλλων μεθόδων.
- Εναρμονισμός του χρησιμοποιούμενου φάσματος σε παγκόσμια βάση (επιθυμητό).

Οι «Υπηρεσίες B3G» σχεδιάζονται με τα εξής επιθυμητά χαρακτηριστικά:

- Υποστήριξη ευρυζωνικότητας και πολυμεσικότητας (broadband, multimedia services).
- Υψηλή ασφάλεια (security) και σφαλματοανοχή (fault-tolerance) στις επικοινωνίες, που θα είναι προσαρμοσμένη δυναμικά στις απαιτήσεις του κάθε δικτύου και του κάθε χρήστη και σε συνδυασμό με τη βέλτιστη χρήση των πόρων (φάσμα, μπαταρία, QoS της κινητής συσκευής).
- Συγκεκριμένα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά ασφάλειας και πιστοποιητικά ασφάλειας (security certificates) για κάθε υπηρεσία B3G που θα παρέχεται και για κάθε κινητή συσκευή. Η κάθε πρόσβαση θα μπορεί να γίνεται μόνο στην περίπτωση που τα πιστοποιητικά πρόσβασης και των δύο πλευρών είναι αμοιβαία αποδεκτά (από τον πάροχο της υπηρεσίας και από τον χρήστη).
- Θα υπάρχει διασύνδεση παντού, με πλήθος δικτύων (σταθερά, κινητά, ad-hoc) και διαφόρων παρόχων (ubiquitous connectivity), με τρόπο διαφανή για το χρήστη. Ο χρήστης μετακινείται, ενώ π.χ. είναι συνδεδεμένος με το Internet ή συμμετέχει σε video-τηλεδιάσκεψη, θα μπορεί να αλλάζει δίκτυα (UMTS, WiFi, Bluetooth, κ.λπ.) και παρόχους με τρόπο αυτόματο,

χωρίς να διακόπτεται η σύνδεσή του (seamless handoffs) και ισορροπώντας βέλτιστα μεταξύ ασφάλειας, ποιότητας σύνδεσης (QoS) και κόστους της παρεχόμενης υπηρεσίας.

- Αυτόματη, έξυπνη και δυναμική διαπραγμάτευση όρων, κριτηρίων και συνθηκών πρόσβασης σε διάφορες υπηρεσίες και δίκτυα (service level agreements, SLA), μέσω «λογισμικών πρακτόρων» (software agents).
- Ανοιχτές αρχιτεκτονικές ανάπτυξης λογισμικού με επιθυμητή την παγκόσμια σύγκλιση σε κοινά standards (πρωτόκολλα και πλατφόρμες ανάπτυξης).

Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένες τέτοιες μελλοντικές υπηρεσίες B3G :

- Συμμετοχή σε e-ψηφοφορίες και e-εκλογές με το κινητό τηλέφωνο (με ασφάλεια, αξιοπιστία και εμπιστευτικότητα).
- Συμμετοχή σε e-δημοσκοπήσεις και e-αξιολογήσεις (με τρόπο διακριτικό και επιλεκτικό).
- Ιατρική τηλε - παρακολούθηση ασθενών και ηλικιωμένων (με έμφαση στην εμπιστευτικότητα και αξιόπιστη μετάδοση των προσωπικών δεδομένων).
- Ανοικτή και από απόσταση τηλε-εκπαίδευση και τηλε-κατάρτιση (με διαχείριση πολυμεσικού υλικού από κινούμενους χρήστες (σπουδαστές, συμβούλους καθηγητές, δημιουργούς) και συνδρομητικό και ASP (Application Service Provider) μοντέλο παροχής των υπηρεσιών).
- Τηλε-εργασία και online τηλε-βοήθεια στην εργασία, με χρήση φορητών πολυμεσικών συσκευών.
- Δικτυακά, πολυμεσικά, ευρυζωνικά τηλε-παιχνίδια με παγκόσμια καταναμημένους κινούμενους χρήστες.
- Διαδραστική, επιλεκτική, κινητή τηλεόραση και video, όπου το καθημερινό πρόγραμμα που θα παρακολουθεί ο χρήστης θα διαμορφώνεται ανάλογα με το προφίλ του και τις επιθυμίες του, σε πραγματικό χρόνο.

Ωστόσο όμως για να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω θα πρέπει οι σημερινές πολυμεσικές, ευρυζωνικές υπηρεσίες 3G να παρέχονται στο χρήστη με χαμηλό, σταθερό μηνιαίο

κόστος (flat rate) και όχι με υψηλό. Το UMB προορίζεται να είναι μια τέταρτης γενιάς τεχνολογία. Οι τεχνολογίες αυτές χρησιμοποιούν ένα υψηλό εύρος ζώνης, χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση και τεχνολογίες δικτύου TCP/IP με υπηρεσίες υψηλού επιπέδου. Παρόλο που κανένα 4G δίκτυο δεν έχει επεκταθεί ακόμα, το πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης αλλά και οι πολύ λιγότερες καθυστερήσεις, επιτρέπουν τη χρήση των διάφορων τύπων εφαρμογών που ήταν αδύνατες πριν, συνεχίζοντας να παραδίδουν υψηλής ποιότητας (ή υψηλότερης ποιότητας) υπηρεσίες φωνής. Τα βελτιωμένα εύρη ζώνης του δικτύου που παρέχονται από αποδοτικότερες τεχνολογίες μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε δίκτυα με περισσότερες δυνατότητες (Λιοτόπουλος, 2006 & Τεντζέρης, 2001).

Πιο συγκεκριμένα, το Ultra Mobile Broadband (UMB) είναι το εμπορικό όνομα για το πρόγραμμα του 3GPP2 για να βελτιωθεί το πρότυπο κινητής τηλεφωνίας CDMA2000 για τις εφαρμογές και τις απαιτήσεις της επόμενης γενιάς τηλεφώνων. Το σύστημα αυτό είναι βασισμένο στις τεχνολογίες δικτύωσης του Internet (TCP/IP) που υλοποιούνται σε ένα ραδιοσύστημα επόμενης γενιάς, με τις μεγαλύτερες ταχύτητες να φτάνουν μέχρι 280 Mbit/s. Οι σχεδιαστές του συστήματος αυτού σκοπεύουν να κάνουν το σύστημα πιο αποδοτικό και ικανό να προσφέρει περισσότερες υπηρεσίες από τις τεχνολογίες που αντικαθιστά. Η τυποποίηση UMB αναμένεται να ολοκληρωθεί σύντομα, με την εμπορευματοποίηση του να πραγματοποιείται γύρω από τα μέσα του 2009 (ru6.cti, χ.χ).

Το UMB θα έχει air interface βασισμένο στο OFDMA, διπλή διαίρεση συχνότητας, εξελικτικό εύρος ζώνης μεταξύ 1,25-20 MHz και ακόμη θα υποστηρίζει μικτά μεγέθη κυψελών για παράδειγμα macro-cellular, micro-cellular και pico-cellular. Επίσης θα έχει αρχιτεκτονική δικτύου IP, θα υποστηρίζει επίπεδες, συγκεντρωμένες και μικτές τροπολογίες και θα προσφέρει ταχύτητες πάνω από 275 Mbit/s downstream και πάνω από 75 Mbit/s upstream (όπ.π., χ.χ).

Η χρήση του OFDMA από το UMB εξαφανίζει πολλά από τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας CDMA που χρησιμοποιούταν από τον προκάτοχό του, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου "breathing", τη δυσκολία πρόσθεσης δυνατοτήτων μέσω των μικροκυψελών και των σταθερών μεγεθών εύρους ζώνης που περιορίζουν το συνολικό εύρος ζώνης (Λιοτόπουλος, 2006).

Βλέπουμε λοιπόν από τα παραπάνω ότι η σημερινή εξέλιξη των δικτύων κινητών επικοινωνιών ίσως ήταν κάτι πολύ δύσκολο να προβλέψει ή και να φανταστεί κανείς πριν από 20 χρόνια. Σήμερα, η διεύθυνση της λεγόμενης «*κινητής επικοινωνίας 2^{ης} Γενιάς*»,

δηλαδή της γνωστής σε όλους μας κινητής τηλεφωνίας φωνής (μόνο), καταγράφει ποσοστά που σε πολλές χώρες ξεπερνούν το 50%, φθάνοντας έτσι ή και ξεπερνώντας τα αντίστοιχα ποσοστά διείσδυσης στον πληθυσμό της παραδοσιακής σταθερής τηλεφωνίας. Επίσης διαπιστώσαμε ότι οι υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών 2G παρέχουν στον κάθε χρήστη αμφίδρομη φωνητική επικοινωνία ισοδύναμου εύρους ζώνης ψηφιακών δεδομένων περίπου 440 Kbps (1 Kbps = ρυθμός μετάδοσης 1024 δυαδικών ψηφίων, 0 ή 1, ανά δευτερόλεπτο) (Λιοτόπουλος, 2006 & Αλεξόπουλος & Κοτζίνος, χ.χ).

Ακόμη φάνηκε ότι λίγο πριν τη μετάβαση στην επόμενη γενιά (3G), οι κινητές επικοινωνίες πέρασαν από το στάδιο της μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων σε σχετικά υψηλότερες ταχύτητες, π.χ. με τις υπηρεσίες GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) και HSCSD (High Speed Circuit Switched Data). Η γενιά αυτή έμεινε γνωστή σαν 2.5G^η, δηλαδή «ενδιάμεση» γενιά μεταξύ 2G και 3G και προβλέπει εύρος ζώνης ανά χρήστη από 56 Kbps έως 384 Kbps. Είναι γεγονός πως σήμερα βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη η 3^η γενιά κινητών επικοινωνιών, γνωστή με τα ονόματα UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, Ευρωπαϊκό standard βασισμένο στις τεχνολογίες Wideband CDMA και Time - Division CDMA) και CDMA2000 (Λιοτόπουλος, 2006 & Τεντζέρης, 2001).

Οι υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών 3^{ης} Γενιάς (3G) προβλέπουν εύρος ζώνης ανά χρήστη από 384 Kbps έως 2048 Kbps και διάδοση ενοποιημένης πολυμεσικής πληροφορίας (ήχου, εικόνας, video και δεδομένων). Πρωτοπόρα στη ευρεία εφαρμογή αυτών των υπηρεσιών είναι η Ιαπωνία (με το γνωστό «iMode» από την εταιρία NTT DoCoMo, που ξεκίνησε από το 1999, με 26 εκ. συνδρομητές τα πρώτα 2,5 χρόνια και αρχικό ρυθμό διείσδυσης 50 χιλ. χρήστες ανά ημέρα). Λόγω του iMode, το 2001, 80% των κινητών χρηστών του Internet βρίσκονταν στην Ιαπωνία, 12,5% στην Κορέα, 5% στην Ευρώπη και 1% στην Αμερική. Σήμερα, τα ποσοστά αυτά έχουν αλλάξει δραστικά και οι αριθμοί μεταβάλλονται ραγδαία σε καθημερινή βάση (Λιοτόπουλος, 2006).

Λόγω του ότι οι επενδύσεις των παρόχων κινητών επικοινωνιών σε υποδομές 3G ήταν και είναι σημαντικές (τόσο σε φάσμα συχνοτήτων, όσο και σε εξοπλισμό), αναμένεται ότι η γενιά 3G θα παραμείνει σε φάση ωρίμανσης για περίπου 3 - 5 χρόνια ακόμη. Αυτό σημαίνει ότι σήμερα οι τεχνολογίες της επόμενης γενιάς κινητών επικοινωνιών («μετά την 3^η Γενιά», η γνωστή 4G) ήδη αναπτύσσεται σε πειραματικό επίπεδο, σε κορυφαία ερευνητικά κέντρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ P.C.A

2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες είναι μια από τις πρώτες μεθόδους και η πιο απλή για πολυμεταβλητή ανάλυση, η οποία χρησιμοποιήθηκε από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Πιο συγκεκριμένα χάρις σε αυτή μπορεί να γίνει ανάλυση δεδομένων, καθώς και απλοποίηση της διαδικασίας ομαδοποίησης. Προκειμένου να πραγματοποιήσουμε μια ομαδοποίηση χρειάζεται να βρούμε τις ομάδες και έπειτα να ταυτοποιήσουμε και να χαρακτηρίσουμε τις ομάδες αυτές. Στην περίπτωση αυτή το κέντρο των κυρίων αξόνων είναι ο στατιστικός μέσος των χαρακτηριστικών. Είναι γεγονός πως μια ομάδα είναι δυνατόν να χαρακτηριστεί ως προς τη θέση της, ως προς το κέντρο των αξόνων. Λόγω του ότι τα άτομα που απαρτίζουν μια ομάδα «διασκορπίζονται» στο χώρο του συστήματος των κυρίων αξόνων, η απόστασή τους από το κέντρο, καθώς επίσης και από τις άλλες ομάδες είναι σχετική και έτσι δεν μπορεί να μετρηθεί με απόλυτο τρόπο. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημάνουμε ότι η διαδικασία υπολογισμών μπορεί να ερμηνευτεί είτε γεωμετρικά είτε αλγεβρικά. Ο πίνακας που δημιουργείται ονομάζεται πίνακας συνδιακύμανσης μεταξύ των p μεταβλητών βάση του οποίου υπολογίζονται οι χαρακτηριστικές ρίζες ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά ανύσματα. Επιπλέον οι χαρακτηριστικές ρίζες διατάσσονται με φθίνουσα τάξη και αποτελούν τις διακυμάνσεις των κυρίων συνιστωσών. Παρακάτω παραθέτουμε τις εξισώσεις από τις οποίες προκύπτουν οι κύριες συνιστώσες :

$$Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$$

$$Z_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p$$

:

:

$$Z_p = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p$$

Όπου Z_1, Z_2, \dots, Z_p είναι οι κύριες συνιστώσες X_1, X_2, \dots, X_p είναι οι μεταβλητές και $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{pp}$ είναι τα χαρακτηριστικά ανύσματα που αποτελούν τους συντελεστές της

εξίσωσης. Τα χαρακτηριστικά ανύσματα υπολογίζονται με τον περιορισμό ότι $\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \dots + \alpha_p^2 = 1$ όπου $i = 1, \dots, p$. Οι μεταβλητές που εξετάζονται αποτελούν τις διαστάσεις αυτού του χώρου. Πρέπει να τονιστεί ότι από τις p κύριες συνιστώσες μόνο οι δύο ή τρεις πρώτες θα επιλεγούν για να μελετηθούν και μάλιστα με τις επιλεγμένες συνιστώσες σχεδιάζονται μια ή περισσότερες γραφικές παραστάσεις μέσω των οποίων εξάγεται το συμπέρασμα μιας έρευνας.

Πιο αναλυτικά σκοπός της παραπάνω μεθόδου είναι να δημιουργήσει γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών, προκειμένου οι γραμμικοί αυτοί συνδυασμοί να μην σχετίζονται μεταξύ τους αλλά ωστόσο να εμπεριέχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι από μια τέτοια διαδικασία το κέρδος είναι πως : α) από ένα σύνολο μεταβλητών που συσχετίζονται καταλήγουμε σε ένα σύνολο που περιέχει μεταβλητές που δεν σχετίζονται, κάτι το οποίο για ορισμένες στατιστικές μεθόδους είναι περισσότερο χρήσιμο, β) αν οι κύριες συνιστώσες που θα προκύψουν έχουν τη δυνατότητα να ερμηνεύσουν ένα μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης τότε αυτό σημαίνει πως αντί να έχουμε p μεταβλητές όπως είχαμε στην αρχή, έχουμε λιγότερες, με κόστος ότι χάνουμε κάποιο ποσοστό της μεταβλητότητας. Αυτό που αναφέραμε τελευταίο σε μερικές εφαρμογές είναι ζωτικής σημασίας. Για παράδειγμα, σε μια βάση δεδομένων που είναι αρκετά μεγάλη αντί να αποθηκεύουμε όλες της μεταβλητές μπορούμε να αποθηκεύουμε μονάχα κάποιες κυρίες συνιστώσες. Από αυτή τη διαδικασία χάνουμε κάποιο μέρος της διαδικασίας ωστόσο όμως το κέρδος σε χώρο και ταχύτητα επεξεργασίας μπορεί να είναι τεράστιο.

Στο σημείο αυτό αξίζει να προσθέσουμε πως με την μέθοδο των κυριών συνιστωσών μπορούμε να εξετάσουμε τις συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβλητές και να διαπιστώσουμε αν οι μεταβλητές μοιάζουν ή όχι. Επιπλέον η μέθοδος αυτή μας επιτρέπει να αναγνωρίσουμε δίνοντας ονόματα στις καινούριες μεταβλητές τις συνιστώσες, παρατηρώντας ποιες από τις αρχικές μεταβλητές έχουν μεγάλη επίδραση σε αυτές. Βέβαια το γεγονός ότι στις ερμηνείες αυτές υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό υποκειμενικά κριτήρια έχει οδηγήσει αρκετά άτομα στο να κατηγορούν τη μέθοδο αυτή.

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

Η επιλογή των κύριων συνιστωσών γίνεται με βάση ορισμένα κριτήρια : α) έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε τόσες συνιστώσες όσες εξηγούν ένα μεγάλο ποσοστό από την συνολική διακύμανση, περίπου 70 - 80 % β) οι Guttman και Kaiser υποστήριξαν ότι η επιλογή του αριθμού των συνιστωσών θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το αν οι χαρακτηριστικές τιμές τους είναι ίσες ή μεγαλύτερες της μονάδας, ενώ ο Jolliffe υποστήριξε ότι θα πρέπει να επιλέγονται όσες συνιστώσες έχουν χαρακτηριστικές τιμές μεγαλύτερες ή ίσες με το 0.70 γ) ο Cattell ισχυρίστηκε ότι το τρίτο κριτήριο επιλογής συνίσταται στο έλεγχο της ομαλής μεταβολής της κλήσης, σύμφωνα με τον οποίο ο αριθμός των απαιτούμενων κύριων συνιστωσών είναι αυτός, μετά τον οποίο υπάρχει τάση ευθυγράμμισης της γραμμής που ενώνει τις τιμές των χαρακτηριστικών τιμών του αρχικού πίνακα των κύριων συνιστωσών και δ) η επιλογή του κριτηρίου εξαρτάται από το κατά πόσο και ποιες από τις κύριες συνιστώσες έχουν λογική καθώς επίσης και χρήσιμη ερμηνεία.

2.3 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα αναφερθούμε στα στάδια ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες τα οποία είναι τα εξής : α) αρχικά υπολογίζεται ο πίνακας των συντελεστών συσχέτισης R των μεταβλητών και έπειτα αξιολογείται το πόσο κατάλληλο είναι το υπόδειγμα βάσει των προηγούμενων ελέγχων. β) δίνεται πίνακας που αναγράφει της χαρακτηριστικές τιμές καθώς και το ερμηνεύσιμο ποσοστό διακύμανσης από την κάθε κύρια συνιστώσα σε φθίνουσα διάταξη, καθώς και το γράφημα εκείνο που αναπαριστά τις χαρακτηριστικές τιμές. Με βάση αυτά που αναφέραμε επιλέγεται ο αριθμός των κυρίων συνιστωσών, που θα εκπροσωπούν τις αρχικές μεταβλητές. γ) στο τρίτο στάδιο αναπαράγεται ο πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών που βασίζεται στις εκτιμώμενες κύριες συνιστώσες. Αξίζει να τονιστεί πως η διαφορά μεταξύ του εκτιμώμενου και του αρχικού συντελεστή συσχέτισης ονομάζεται κατάλοιπο και πως οι χαμηλές τιμές των καταλοίπων φανερώνει την αποτελεσματικότητα του υποδείγματος να αναπαραγάγει τα δεδομένα. δ) στο τέταρτο στάδιο πραγματοποιείται η εξαγωγή των κύριων συνιστωσών που μπορούν να εκπροσωπήσουν τα δεδομένα μας. Αξίζει να σημειωθεί πως ο πίνακας με τον περιορισμένο αριθμό των συνιστωσών ονομάζεται πίνακας κυρίων συνιστωσών και πως η κάθε

γραμμή αυτού του πίνακα παρουσιάζει τη σχέση της μεταβλητής ως προς τις συνιστώσες. Οι συντελεστές αυτοί ονομάζονται επιβαρύνσεις και δηλώνουν πόσο κάθε συνιστώσα εξηγεί μια μεταβλητή. ε) στο τελευταίο στάδιο αρκετές φορές οι μεταβλητές και οι συνιστώσες δεν συσχετίζονται με τρόπο που να είναι εύκολα ερμηνεύσιμος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι κύριες συνιστώσες περιστρέφονται, προκειμένου να ερμηνευτούν πιο εύκολα. Είναι γεγονός ότι μετά την περιστροφή η κάθε μια από τις μεταβλητές θα έχει μη μηδενικές επιβαρύνσεις σε όσο το δυνατό λιγότερους παράγοντες ή ακόμη και σε ένα μόνο παράγοντα, γεγονός που βοηθάει στο να ερμηνευτεί ο παράγοντας.

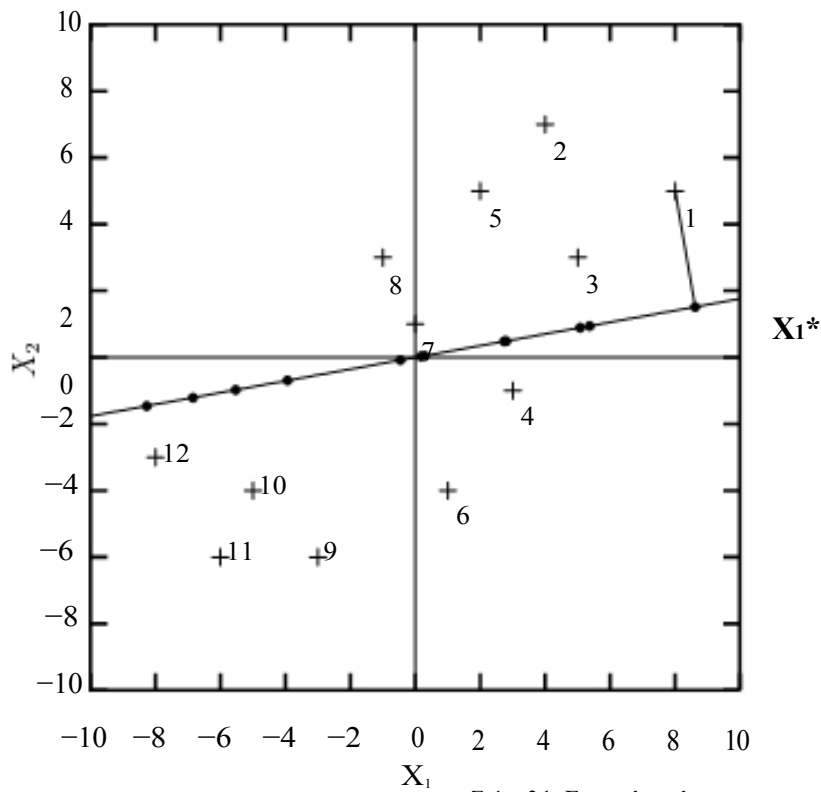
2.4 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΜΕ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΟΡΟΥΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΞΙΟΝΩΝ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η κατανόηση των περισσότερων πολυμεταβλητών τεχνικών μπορεί να απλοποιηθεί αν χρησιμοποιήσει κάποιος γεωμετρικούς όρους. Στον παρακάτω πίνακα θα παρουσιάσουμε ένα μικρό σύνολο δεδομένων που θα αποτελείται από δώδεκα παρατηρήσεις καθώς και δύο μεταβλητές, που επιπρόσθετα μετασχηματίζονται προκειμένου ο μέσος όρος τους να είναι μηδενικός. Οι πίνακες συνδιακύμανσης και συσχέτισης των δύο μεταβλητών είναι αντίστοιχα :

$$C = \begin{bmatrix} 23.091 & 16.455 \\ 16.455 & 21.091 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.746 \\ 0.746 & 1.000 \end{bmatrix}$$

Πίνακας 2.2 : Αρχικές και μετασχηματισμένες μεταβλητές

Αριθμός παρατήρησης	X_1		X_2	
	Αρχική μεταβλητή	Μετασχηματισμένη μεταβλητή	Αρχική μεταβλητή	Μετασχηματισμένη μεταβλητή
1	16	8	8	5
2	12	4	10	7
3	13	5	6	3
4	11	3	2	-1
5	10	2	8	5
6	9	1	-1	-4
7	8	0	4	1
8	7	-1	6	3
9	5	-3	-3	-6
10	3	-5	-1	-4
11	2	-6	-3	-6
12	0	-8	0	-3
Μέσος όρος	8	0	3	0
Διακύμανση	23.091	23.091	21.091	21.091



Σχήμα 2.1 : Γραφική παράσταση των μετασχηματισμένων μεταβλητών και προβολή των σημείων στον νέο άξονα X_1^*

Το σχήμα που παρουσιάστηκε στη σελίδα 28 είναι μια γραφική παράσταση των μετασχηματισμένων μεταβλητών. Παρατηρώντας τον πίνακα βλέπουμε ότι οι διακυμάνσεις των μεταβλητών x_1 και x_2 είναι αντίστοιχα 23.091 και 21.091 και ότι η συνολική διακύμανση είναι 44.182. Επιπλέον οι μεταβλητές συσχετίζονται με συντελεστή συσχέτισης $r = 0.746$. Τα ποσοστά της ολικής διακύμανσης που εκφράζουν οι x_1 και x_2 είναι 52.26% και 47.74% αντίστοιχα. Έστω ένας άξονας X^* ο οποίος σχηματίζει γωνία θ μοιρών με τον άξονα X_1 . Η συντεταγμένη των σημείων ως προς τον νέο άξονα X^* λαμβάνεται μετά από την προβολή των σημείων. Η νέα αυτή συντεταγμένη είναι γραμμικός συνδυασμός των συντεταγμένων κάθε σημείου σε σχέση με το ζεύγος των αρχικών αξόνων και εκφράζεται από τη εξίσωση, $x^1 = \cos \theta X x_1 + \sin \theta X x_2$ όπου x^1 είναι η συντεταγμένη της εκάστοτε παρατήρησης σε σχέση με τον άξονα X^* ενώ x_1 και x_2 είναι οι συντεταγμένες της εκάστοτε παρατήρησης ως προς τους άξονες X_1 και X_2 . Είναι φανερό ότι η x^1 , η οποία είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών, μπορεί να θεωρηθεί ως μια νέα μεταβλητή. Έτσι λοιπόν αν η κλίση του άξονα X^* είναι 10° από την παραπάνω εξίσωση θα υπολογίσουμε τη νέα μεταβλητή $x^*1 = 0.985x_1 + 0.174x_2$

Οι τιμές της x^*1 φαίνονται καθαρά στον πίνακα 2.2 και στο σχήμα 2.1 που έχουμε παραθέσει παραπάνω. Παραδείγματος χάρη, οι συντεταγμένες της πρώτης παρατήρησης είναι 8 και 5, οπότε η πρώτη τιμή της νέας μεταβλητής είναι 8.747, δηλαδή, $0.985 X 8 + 0.174 X 5 = 8.747$. Παρατηρώντας τον πίνακα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η καινούρια μεταβλητή έχει μηδενικό μέσο όρο και η διακύμανση της x^*1 είναι 28.659 και αντιστοιχεί στο 64.87% ($28.659/44.182$) της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, δηλαδή είναι μεγαλύτερη από τις διακυμάνσεις των αρχικών μεταβλητών. Ας υποθέσουμε ότι ο άξονας X^*1 σχηματίζει γωνία 20° με τον άξονα X_1 . Είναι βέβαιο πως η νέα μεταβλητή x^*1 θα έχει πια νέες μεταβλητές. Αυξάνοντας διαδοχικά την κλίση του X^*1 με το να υπολογίζουμε την εκάστοτε x^*1 μεταβλητή, θα προκύψει ο πίνακας που θα παρουσιαστεί παρακάτω, ο οποίος φανερώνει το ποσοστό της διακύμανσης που εκφράζουν οι νέες μεταβλητές. Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι από το σχήμα που θα παραθέσουμε μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η αύξηση της κλίσης του X^*1 μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ολικής διακύμανσης που εκφράζει η x^*1 . Ωστόσο όμως υπάρχει μονάχα ένας νέος

άξονας, του οποίου η αντίστοιχη μεταβλητή εξηγεί το μεγαλύτερο μέρος της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Αυτός ο άξονας έχει κλίση 43.261° με τον άξονα X_1 και η νέα x^{*1} υπολογίζεται από την εξίσωση,

$$x^{*1} = \cos 43.261 \times x_1 + \sin 43.261 \times x_2 = 0.728x_1 + 0.685x_2$$

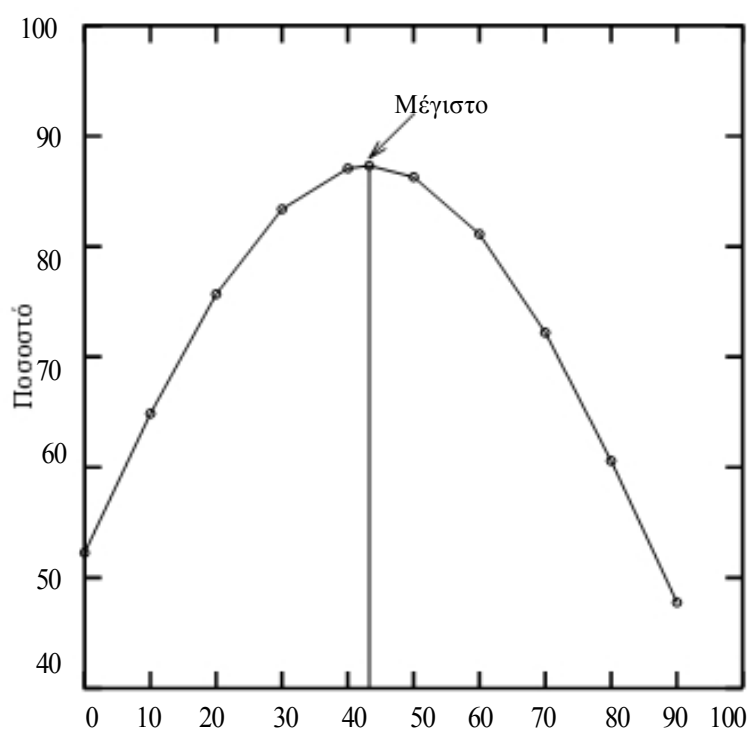
Ένας άλλος πίνακας, ο 2.3 που θα παρουσιαστεί θα φανερώνει τις τιμές της νέας μεταβλητής x^{*1} που εκφράζει το 87.31% της ολικής διακύμανσης, γεγονός που μας δείχνει ότι ένα μέρος της ολικής διακύμανσης δεν εκφράζεται. Έτσι είναι δυνατό να σχεδιάσουμε έναν νέο άξονα, του οποίου η αντίστοιχη νέα μεταβλητή να εξηγεί όσο το δυνατό περισσότερη διακύμανση από την υπόλοιπη διακύμανση που δεν εξηγεί η x^{*1} .

Πίνακας 2.2 : Μετασηματισμένες μεταβλητές

Παρατήρηση	x_1	x_2	x^{*1}
1	8	5	8.747
2	4	7	5.155
3	5	3	5.445
4	3	-1	2.781
5	2	5	2.838
6	1	-4	0.290
7	0	1	0.174
8	-1	3	-0.464
9	-3	-6	-3.996
10	-5	-4	-5.619
11	-6	-6	-6.951
12	-8	-3	-8.399
Μέσος όρος	0.000	0.000	0.000
Διακύμανση	23.091	21.091	28.659

Πίνακας 2.3 : Η διακύμανση που εκφράζουν οι εκάστοτε νέες μεταβλητές για διάφορους νέους άξονες

Γωνία θ με τον X_1	Ολική διακύμανση	Διακύμανση που εκφράζει η x^{*1}	Ποσοστό (%)
0	44.182	23.091	52.263
10	44.182	28.659	64.866
20	44.182	33.434	75.676
30	44.182	36.841	83.387
40	44.182	38.469	87.072
43.261	44.182	38.576	87.312
50	44.182	38.122	86.282
60	44.182	35.841	81.117
70	44.182	31.902	72.195
80	44.182	26.779	60.597
90	44.182	21.091	47.772



Γωνία θ του άξονα X^* στον X_1

Σχήμα 2.2 : Ποσοστό της ολικής διακύμανσης που εκφράζει ο εκάστοτε X^{*1}

Έστω ένας νέος άξονας X^*2 ο οποίος είναι κατακόρυφος στον X^*1 . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γωνία θ που σχηματίζει ο X^*2 με τον $X2$ να είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζει ο X^*1 με τον $X1$. Η γραμμική εξίσωση για τον υπολογισμό της νέας μεταβλητής x^*2 είναι η εξής :

$$x^{*2} = -\sin \theta \times x_1 + \cos \theta \times x_2 \Leftrightarrow x^{*2} = -0.685x_1 + 0.728x_2$$

Είναι γεγονός ότι ο πίνακας 2.4 παρουσιάζει ακόμη τη νέα μεταβλητή x^2 και στο σχήμα 2.3 φαίνονται οι νέοι άξονες. Οι πίνακες συνδιακύμανσης καθώς και συσχέτισης των δύο μεταβλητών είναι οι παρακάτω :

$$C = \begin{matrix} 38.576 & 0.000 \\ 0.000 & 5.606 \end{matrix} \quad R = \begin{matrix} 1.000 & 0.000 \\ 0.000 & 1.000 \end{matrix}$$

1. Η διευθέτηση των σημείων στον διδιάστατο χώρο δεν μετατρέπεται, δηλαδή τα σημεία μπορούν να παρουσιαστούν σε σχέση είτε με τους παλιούς είτε με τους νέους άξονες.

2. Η προβολή των σημείων της γραφικής στους αρχικούς άξονες είναι οι τιμές των αρχικών μεταβλητών, ενώ η προβολή των σημείων στους νέους άξονες μας δίνει τις τιμές των νέων μεταβλητών. Οι νέοι άξονες ή οι νέες μεταβλητές ονομάζονται κύριες συνιστώσες και οι τιμές των νέων μεταβλητών ονομάζονται τιμές των κυρίων συνιστωσών.

3. Κάθε νέα μεταβλητή (x^1 και x^2) είναι γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών και παραμένει μετασχηματισμένη ως προς μηδενικό μέσο όρο.

4. Οι διακυμάνσεις των x^{*1} και x^{*2} είναι αντίστοιχα 38.576 και 5.606. Ακόμη η συνολική διακύμανση αυτών είναι 44.182, η οποία ισούται με τη συνολική διακύμανση των αρχικών μεταβλητών x_1 και x_2 . Ωστόσο η ολική διακύμανση των δεδομένων δεν αλλάζει, κάτι που είναι αναμενόμενο αφού παραμένει δεν μεταβάλλεται η διευθέτηση των σημείων στο χώρο.

5. Τα ποσοστά της ολικής διακύμανσης που εξηγούν οι x^{*1} και x^{*2} είναι 87.31% και 12.69% αντίστοιχα. Έτσι λοιπόν, η πρώτη νέα μεταβλητή x^{*1} εκφράζει το μεγαλύτερο ποσοστό της ολικής διακύμανσης από ότι οι δύο αρχικές μεταβλητές. Η δεύτερη νέα μεταβλητή x^{*2} εκφράζει το ποσοστό εκείνο της

ολικής διακύμανσης που δεν εκφράζεται από την x^{*1} . Παρόλα αυτά, οι δύο νέες μεταβλητές μαζί, εξηγούν όλη της διακύμανση στα δεδομένα.

6. Τέλος, η συσχέτιση των δύο νέων μεταβλητών είναι μηδενική, γεγονός που φανερώνει ότι οι x^{*1} και x^{*2} δεν συσχετίζονται.

Τα συμπεράσματα που αναφέραμε παραπάνω προκύπτουν αν μελετήσει κανείς τον πίνακα 2.4 και το σχήμα 2.3.

Όσα ειπώθηκαν για την περίπτωση των δύο μεταβλητών ισχύουν και για περισσότερες. Ένα σύνολο δεδομένων που αποτελείται από p μεταβλητές μπορεί να παρουσιαστεί γραφικά σε έναν p -διάστατο χώρο σε σχέση με τους p αρχικούς άξονες ή τους p νέους άξονες. Ο πρώτος νέος X^{*1} αντιστοιχεί στην πρώτη νέα μεταβλητή x^{*1} , η οποία εξηγεί το μέγιστο δυνατό της ολικής διακύμανσης. Έπειτα κατασκευάζεται ο δεύτερος νέος άξονας κάθετα στον πρώτο άξονα, του οποίου η αντίστοιχη νέα μεταβλητή x^{*2} εξηγεί το μέγιστο της διακύμανσης που δεν εξηγεί η πρώτη μεταβλητή και δεν συσχετίζεται με αυτήν. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι όλοι οι p νέοι άξονες καθοριστούν και οι p νέες μεταβλητές να εκφράζουν το μέγιστο της κάθε διακύμανσης που υπολείπεται, με την προϋπόθεση πάντα οι νέες μεταβλητές να μην συσχετίζονται (uncorrelated). Πρέπει ακόμη να τονιστεί ότι ο αριθμός των νέων μεταβλητών είναι ίσος με τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών.

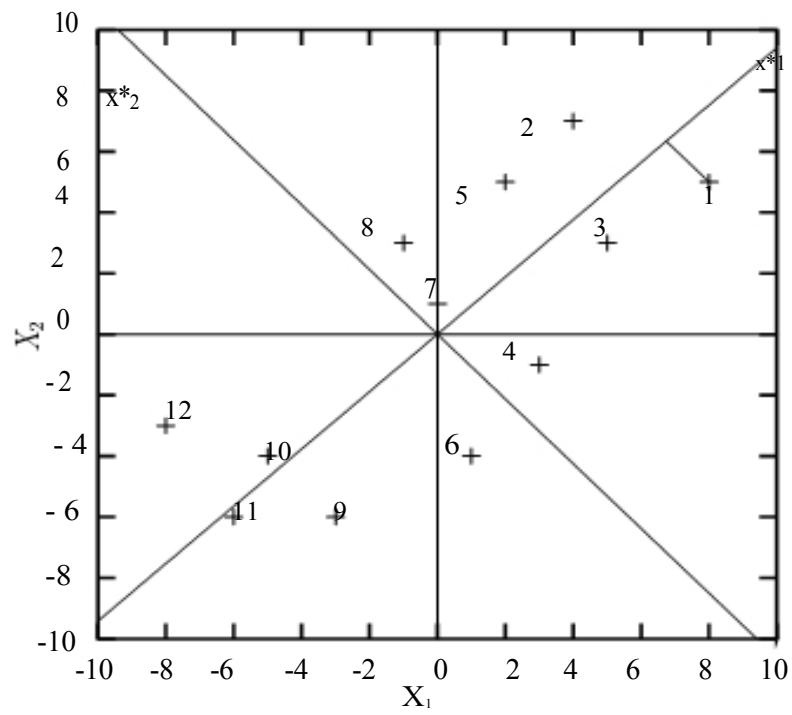
2.5 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΩΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα αναφερθούμε στην ανάλυση των κυρίων συνιστωσών ως τεχνική περιορισμού των διαστάσεων. Αντί να μελετήσουμε τις μεταβλητές του πίνακα 2.1 μπορούμε να εξετάσουμε τη νέα μεταβλητή x^{*1} που εξηγεί το 87.31% της ολικής διακύμανσης. Δηλαδή αντί να δημιουργήσουμε μια δυσδιάστατη γραφική παράσταση σχεδιάζουμε μια γραμμή πάνω στη οποία σημειώνουμε τις τιμές της νέας μεταβλητής. Έτσι λοιπόν παρουσιάζουμε τα δεδομένα σε μία διάσταση αντί σε δύο. Η παρουσίαση των δεδομένων σε λιγότερες διαστάσεις ονομάζεται περιορισμός ή απλοποίηση των διαστάσεων. Επομένως η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών μπορεί να θεωρηθεί ως μία τεχνική μείωσης των διαστάσεων (dimensional reduction technique).

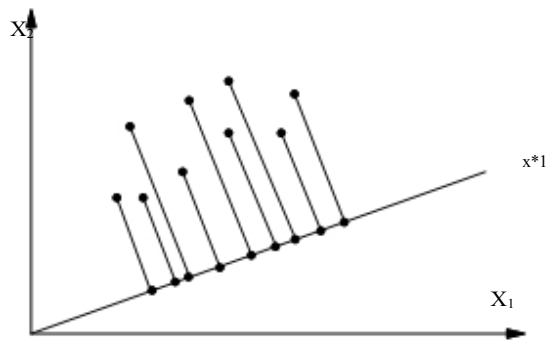
Αμέσως αναρωτιέται κανείς πώς είναι δυνατόν ένα μικρό σύνολο m νέων μεταβλητών να «εκπροσωπήσει» τις αρχικές p μεταβλητές ($m < p$), αφού ένα μέρος της ολικής διακύμανσης δεν εξηγείται. Για παράδειγμα, εκφράζοντας τις μεταβλητές του πίνακα 2.1 μόνο από την x^{*1} το 12.69% της ολικής διακύμανσης δεν εξηγείται. Φαίνεται λοιπόν ότι έχουμε απώλεια πληροφόρησης. Ωστόσο όμως, η ερμηνεία της x^{*1} μπορεί να είναι ευκολότερη και το ποσοστό της διακύμανσης που δεν εξηγείται, να μην είναι σημαντικό. Αν η χαμένη πληροφόρηση είναι σημαντική εξαρτάται από τον σκοπό και το αντικείμενο της έρευνας.

Έστω ότι θέλουμε να παρουσιάσουμε υποθετικά δεδομένα σε μία διάσταση. Στα σχήματα 2.4 και 2.5 ο πρώτος νέος άξονας παρουσιάζεται με μία διακεκομμένη γραμμή και τα σημεία των δύο γραφικών προβάλλονται επάνω στον κάθε άξονα. Φαίνεται πως η παρουσίαση των σημείων σε μία διάσταση είναι καλύτερη στο σχήμα 2.4 από ότι στο 2.5. Δηλαδή, στο σχήμα 2.5 τα σημεία 1 και 8, 2 και 7 καθώς και τα 4 και 6 δεν διακρίνονται μεταξύ τους στην μονοδιάστατη απεικόνιση. Με άλλα λόγια, η απώλεια πληροφόρησης στο σχήμα 2.5 είναι μεγαλύτερη από ότι στο σχήμα 2.4.

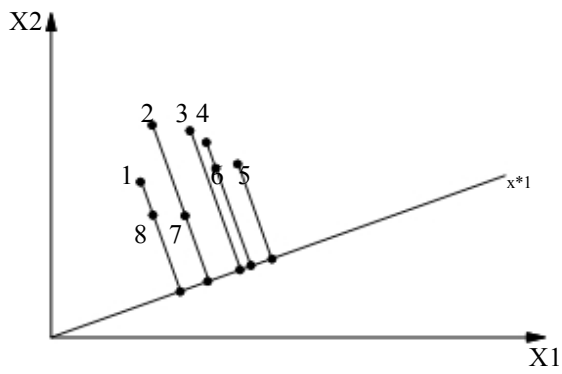
Παρατήρηση	Μετασχηματισμένες μεταβλητές		Νέες μεταβλητές	
	x_1	x_2	x^1	x^2
1	8	5	9.253	-1.841
2	4	7	7.710	2.356
3	5	3	5.697	-1.242
4	3	-1	1.499	-2.784
5	2	5	4.883	2.271
6	1	-4	-2.013	-3.598
7	0	1	0.685	0.728
8	-1	3	1.328	2.870
9	-3	-6	-6.297	-2.313
10	-5	-4	-6.382	0.514
11	-6	-6	-8.481	-0.257
12	-8	-3	-7.882	3.298
Μέσος όρος	0.000	0.000	0.000	0.000
Διακύμανση	23.091	21.091	38.576	5.606



Σχήμα 2.3: Γραφική παράσταση των μετασχηματισμένων δεδομένων και των νέων αξόνων



Σχήμα 2.4: Γραφική παράσταση υποθετικών δεδομένων



Σχήμα 2.5: Γραφική παράσταση υποθετικών δεδομένων

2.6 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

Συνοψίζοντας όλα όσα έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα πρέπει να αναφέρουμε πως, η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών έχει ως σκοπό τη δημιουργία νέων αξόνων κάθετων μεταξύ τους προκειμένου :

α) Οι συντεταγμένες των παρατηρήσεων σε σχέση με τους νέους άξονες να είναι οι τιμές των νέων μεταβλητών, που ονομάζονται κύριες συνιστώσες, ενώ οι τιμές αυτών ονομάζονται τιμές των κυρίων συνιστωσών.

β) Κάθε νέα μεταβλητή να είναι γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών.

γ) Η πρώτη νέα μεταβλητή εξηγεί τη μέγιστη διακύμανση στα δεδομένα.

δ) Η δεύτερη νέα μεταβλητή εξηγεί τη μέγιστη διακύμανση από την υπόλοιπη διακύμανση, η οποία δεν εξηγείται από την πρώτη μεταβλητή.

ε) Η τρίτη νέα μεταβλητή εξηγεί τη μέγιστη διακύμανση που δεν εξηγείται από τις άλλες δύο μεταβλητές που έχουν αναφερθεί.

στ) Η p νέα μεταβλητή εξηγεί τη μέγιστη διακύμανση, η οποία δεν εξηγείται από τις προηγούμενες $p - 1$ μεταβλητές.

ζ) Οι p νέες μεταβλητές δεν συσχετίζονται.

2.7 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΓΕΒΡΑ ΤΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

Στην παρούσα ενότητα θα περιγράψουμε τους μαθηματικούς υπολογισμούς που απαιτούνται για τη διεξαγωγή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών. Η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών αρχίζει με τη δημιουργία ενός πίνακα, όπου σειρές του είναι τα δείγματα που εξετάστηκαν και οι στήλες του είναι οι εξεταζόμενες μεταβλητές (**βλέπε πίνακα 2.5**). Τα διάφορα στοιχεία που περιέχει ο πίνακας ονομάζονται τιμές του κάθε δείγματος για κάθε μεταβλητή. Οι τιμές αυτές μπορεί να είναι ο μέσος όρος ενός αριθμού παρατηρήσεων. Παραδείγματος χάρη, ένα πείραμα με n επαναληπτικές μετρήσεις σε κάθε δείγμα i για κάθε μεταβλητή j θα οδηγήσει στη δημιουργία ενός τρισδιάστατου πίνακα. Ο πίνακας αυτός μεταπίπτει σε δισδιάστατο όταν αντικαταστήσουμε τις εκάστοτε n επαναλήψεις με τον μέσο όρο τους,

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ijk}$$

όπου x_{ijk} είναι η k παρατήρηση του δείγματος i της μεταβλητής j .

Πίνακας 2.5: Η μορφή του πίνακα για την διεξαγωγή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών

Δείγματα	Μεταβλητές			
	X_1	X_2	\dots	X_p
1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1p}
2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2p}
\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots
n	x_{n1}	x_{n2}	\dots	x_{np}

Σε περίπτωση που μελετούσαμε μονάχα δύο μεταβλητές ($p = 2$), οπότε ο πίνακας 2.5 θα είχε μόνο δύο στήλες, θα είχαμε τη δυνατότητα να απεικονήσουμε το αποτέλεσμα του πειράματος με μία δισδιάστατη γραφική παράσταση, όπου κάθε ζεύγος τιμών ανά σειρά, θα ήταν ένα σημείο στο γράφημα. Ομοίως, αν $p = 3$ θα σχεδιάζαμε μία τρισδιάστατη γραφική παράσταση και κάθε σειρά θα ήταν οι συντεταγμένες ενός σημείου στον χώρο. Γενικότερα, κάθε στήλη (μεταβλητή) αποτελεί μία διάσταση σε έναν p -διάστατο υπερχώρο και κάθε σειρά είναι οι συντεταγμένες κάθε σημείου σε αυτόν τον χώρο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι μεταβλητές του πίνακα μπορεί να είναι είτε οργανοληπτικές είτε φυσικοχημικές ή και τα δύο ταυτόχρονα (πίνακας 1.3). Οι κλίμακες με τις οποίες μετρούνται οι μεταβλητές διαφέρουν και έτσι διαφέρουν και οι διακυμάνσεις τους. Ακόμη και αν οι κλίμακες μέτρησης ήταν ίδιες, όπως στον πίνακα 1.1, οι διακυμάνσεις των μεταβλητών θα διέφεραν. Για να αποφευχθεί μία μεταβλητή να έχει υπερβολική επιρροή στη δημιουργία των κυρίων συνιστωσών, συνηθίζεται ο μετασχηματισμός του συνόλου των μεταβλητών, προκειμένου να έχουν μηδενικό μέσο όρο και διακύμανση ίση με τη μονάδα. Ο μετασχηματισμός αυτός καλείται τυποποίηση και εκφράζεται από την εξίσωση,

$$y_{ij} = \frac{x_i^j - x_i}{s_i}$$

όπου x_{ij} είναι το στοιχείο της σειράς j της μεταβλητής i , x_i είναι ο μέσος όρος της μεταβλητής, s_i είναι η τυπική απόκλιση της μεταβλητής και y_{ij} είναι η τυποποιημένη μεταβλητή. Η συνδιακύμανση των τυποποιημένων μεταβλητών κυμαίνεται πάντα από -1 έως 1 και αποτελεί στην πραγματικότητα την συσχέτιση των αρχικών μεταβλητών. Έτσι λοιπόν, συνδιακύμανση ίση με το μηδέν, φανερώνει μηδενική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, ενώ όταν είναι ίση με -1 ή 1 εκφράζει αρνητική ή θετική συσχέτιση αντίστοιχα. Αν η συσχέτιση μεταξύ των αρχικών μεταβλητών δεν είναι σημαντική, τότε η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών είναι ακατάλληλη για τα δεδομένα και θα πρέπει να εφαρμοσθεί κάποια άλλη πολυμεταβλητή μέθοδος. Σημαντικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών λαμβάνονται μόνο όταν οι αρχικές μεταβλητές έχουν ισχυρή συσχέτιση θετική ή αρνητική.

2.8 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αξίζει να σημειωθεί πως σκοπός της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι η δημιουργία των κυρίων συνιστωσών, που είναι γραμμικοί συνδιασμοί των αρχικών μεταβλητών. Με άλλα λόγια, θεωρώντας ένα σύνολο p μεταβλητών ενδιαφερόμαστε να λύσουμε το παρακάτω σύστημα γραμμικών εξισώσεων,

$$\begin{aligned} Z_1 &= \alpha_{11} X_1 + \alpha_{12} X_2 + \dots + \alpha_{1p} X_p \\ Z_2 &= \alpha_{21} X_1 + \alpha_{22} X_2 + \dots + \alpha_{2p} X_p \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ Z_p &= \alpha_{p1} X_1 + \alpha_{p2} X_2 + \dots + \alpha_{pp} X_p \end{aligned} \tag{2.3}$$

όπου Z_1, Z_2, \dots, Z_p είναι οι κύριες συνιστώσες, X_1, X_2, \dots, X_p είναι οι μεταβλητές και $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{pp}$ είναι οι συντελεστές των εξισώσεων και υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- a. Η πρώτη κύρια συνιστώσα Z_1 θα πρέπει να εξηγεί το μέγιστο της

διακύμανσης στα δεδομένα, η δεύτερη κύρια συνιστώσα Z_2 θα πρέπει να εξηγεί τη μέγιστη διακύμανση που δεν εκφράζεται από την Z_1 κ.λ.π.

β. Θα πρέπει για κάθε εξίσωση να ισχύει $\alpha^{i1} + \alpha^{i2} + \dots + \alpha^{ip} = 1$ όπου $i = 1, \dots, p$.

γ. Πρέπει $\alpha_{i1} \alpha_{j1} + \alpha_{i2} \alpha_{j2} + \dots + \alpha_{ip} \alpha_{jp} = 0$ για όλα τα $i \neq j$.

Πρέπει να τονιστεί πως η δεύτερη προϋπόθεση σημαίνει ότι το άθροισμα το τετραγώνων των συντελεστών για κάθε γραμμική εξίσωση πρέπει να ισούται με τη μονάδα. Η τρίτη προϋπόθεση υπογραμμίζει ότι οι κύριες συνιστώσες δεν συσχετίζονται ή εκφράζοντας το με γεωμετρικούς όρους σημαίνει ότι οι νέοι άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους.

Όπως φαίνεται, το μαθηματικό πρόβλημα περιορίζεται στον υπολογισμό των συντελεστών με την απαίτηση πάντα να ικανοποιούνται οι παραπάνω 3 προϋποθέσεις. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών βασίζεται στον υπολογισμό των χαρακτηριστικών ριζών του πίνακα συνδιακύμανσης C που προκύπτει από τα δεδομένα,

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{p1} & c_{p2} & \dots & c_{pp} \end{pmatrix}$$

όπου τα στοιχεία $c_{11}, c_{22}, \dots, c_{pp}$ είναι οι διακυμάνσεις των μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_p αντίστοιχα, ενώ όλα τα άλλα στοιχεία είναι οι συνδιακυμάνσεις μεταξύ των μεταβλητών. Οι χαρακτηριστικές ρίζες του πίνακα C είναι οι διακυμάνσεις των κυρίων συνιστωσών, που μπορεί να είναι μηδενικές, ωστόσο όμως δεν είναι ποτέ αρνητικές. Μετά τον υπολογισμό τους διατάσσονται με φθίνουσα τάξη, $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Η χαρακτηριστική ρίζα λ_i αντιστοιχεί στην i κύρια συνιστώσα,

$$Z_i = \alpha_{i1} X_1 + \alpha_{i2} X_2 + \dots + \alpha_{ip} X_p$$

Μια σημαντική ιδιότητα των χαρακτηριστικών ριζών είναι ότι το άθροισμα τους είναι ίσο με το ίχνος του πίνακα συνδιακύμανσης, δηλαδή,

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = c_{11} + c_{22} + \dots + c_{pp}$$

Επειδή το στοιχείο c_{ii} είναι η διακύμανση της μεταβλητής X_i και η λ_i είναι η διακύμανση της Z_i από την παραπάνω εξίσωση φαίνεται πως το άθροισμα των διακυμάνσεων των κυρίων συνιστωσών ισοδυναμεί με το άθροισμα των διακυμάνσεων των αρχικών μεταβλητών. Έτσι λοιπόν όλες μαζί οι κύριες συνιστώσες εκφράζουν όλη τη διακύμανση στα δεδομένα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μέρος των κυρίων συνιστωσών να εκφράζει ένα ποσοστό από τη συνολική διακύμανση.

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, η τυποποίηση των αρχικών μεταβλητών είναι συχνά απαραίτητη. Όμως σε αυτήν την περίπτωση ο πίνακας συνδιακύμανσης των αρχικών μεταβλητών μεταπίπτει στον πίνακα συσχέτισης αυτών, δηλαδή,

$$C=R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

όπου $r_{ij} = r_{ji}$ είναι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών X_i και X_j . Οι χαρακτηριστικές ρίζες υπολογίζονται από τον πίνακα συσχέτισης. Σε αυτήν την περίπτωση, το άθροισμα της διαγωνίου του R και κατά συνέπεια το άθροισμα των χαρακτηριστικών ριζών ισούται με το σύνολο των μεταβλητών p . Οι χαρακτηριστικές ρίζες υπολογίζονται από την εξίσωση, $(A - \lambda_p)X = 0$

όπου A είναι ο $p \times p$ συμμετρικός πίνακας της συνδιακύμανσης ή της συσχέτισης, λ είναι η χαρακτηριστική ρίζα, I_p είναι ο μοναδιαίος πίνακας και X είναι ένας πίνακας στήλη με p σειρές, που αποτελεί τη λύση της παραπάνω εξίσωσης και ονομάζεται χαρακτηριστικό άνυσμα. Σε κάθε χαρακτηριστική ρίζα αντιστοιχεί και ένα διαφορετικό χαρακτηριστικό άνυσμα. Από την παραπάνω εξίσωση μπορούν να υπολογιστούν συνολικά p χαρακτηριστικές ρίζες και p χαρακτηριστικά ανύσματα. Οι τιμές των ανυσμάτων αυτών είναι οι συντελεστές του συστήματος των γραμμικών εξισώσεων της εξίσωσης 2.3. Βλέπουμε λοιπόν πως στην κύρια συνιστώσα Z_1 αντιστοιχεί μία χαρακτηριστική ρίζα λ_1 που είναι η διακύμανση της και στην οποία ρίζα αντιστοιχεί ένα χαρακτηριστικό άνυσμα, το οποίο είναι οι συντελεστές της γραμμικής εξίσωσης,

$$Z_1 = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \cdots + a_{1p} X_p$$

και αντικαθιστώντας το δεξιό μέρος της παραπάνω εξίσωσης με τις γνωστές

πλέον τιμές των συντελεστών και των τυποποιημένων μεταβλητών υπολογίζονται οι τιμές των κυρίων συνιστωσών.

Στο σημείο αυτό θα παραθέσουμε τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κανείς για να διεξαχθεί η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών, τα οποία είναι τα εξής :

1. Αρχικά τυποποιούνται οι μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_p προκειμένου να έχουν μηδενικό μέσο όρο και διακύμανση (ή τυπική απόκλιση) ίση με τη μονάδα.
2. Δημιουργείται ο πίνακας συνδιακύμανσης C . Αν το προηγούμενο βήμα προηγήθηκε, τότε ο πίνακας αυτός είναι ο πίνακας συσχέτισης.
3. Υπολογίζονται οι χαρακτηριστικές ρίζες $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά άνυσματα $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$. Οι συντελεστές της i κύριας συνιστώσας είναι το i χαρακτηριστικό άνυσμα και η χαρακτηριστική ρίζα λ_i είναι η διακύμανση της.
4. Υπολογίζονται οι τιμές των κυρίων συνιστωσών.
5. Τέλος, απορρίπτονται όσες συνιστώσες εξηγούν ένα μικρό ποσοστό της διακύμανσης στα δεδομένα.

2.9 ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗ

Αξίζει να σημειωθεί πως μετά τη διεξαγωγή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών πρέπει να αποφασιστεί πόσες κύριες συνιστώσες a πρέπει να επιλεγούν για να μελετηθούν. Η επιλογή των κυρίων συνιστωσών μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια. Συνηθίζεται να διατηρούνται οι κύριες συνιστώσες που πληρούν μία ή περισσότερες από τις παρακάτω προϋποθέσεις :

Χαρακτηριστική ρίζα μεγαλύτερη της μονάδας

Όταν η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών έχει εφαρμοστεί σε δεδομένα που έχουν υποστεί τυποποίηση, μπορούμε να επιλέξουμε τις κύριες συνιστώσες προς εξέταση, από την τιμή της χαρακτηριστικής ρίζας κάθε συνιστώσας. Έτσι λοιπόν συνιστάται η εξέταση μόνο των κυρίων συνιστωσών που έχουν χαρακτηριστική ρίζα μεγαλύτερη ή ίση της μονάδας.

Επιπλέον μία κύρια συνιστώσα με χαρακτηριστική ρίζα ίση με τη μονάδα εξηγεί τη μέση διακύμανση στα δεδομένα. Έτσι, επειδή το σύνολο των χαρακτηριστικών ριζών ισούται με το άθροισμα των τιμών αυτών (ισχύει μόνο στα τυποποιημένα δεδομένα) και με δεδομένο ότι η μέση διακύμανση ισούται πάντα με τη μονάδα, τιμές των χαρακτηριστικών ριζών μεγαλύτερες ή ίσες της μονάδας εξηγούν σημαντικά μεγαλύτερο μέρος της ολικής διακύμανσης.

Συσσωρευτική αναλογία της εκφραζόμενης διακύμανσης

Η συσσωρευτική αναλογία της εκφραζόμενης διακύμανσης μπορεί να φανεί χρήσιμη, όταν ο ερευνητής γνωρίζει από την αρχή κιάλας το αποδεκτό ποσοστό της διακύμανσης που πρέπει να εκφράζεται από τις κύριες συνιστώσες που έχουν επιλεγεί. Παραδείγματος χάρη, αν οι τρεις πρώτες κύριες συνιστώσες εκφράζουν συνολικά το 85% της ολικής διακύμανσης, με δεδομένο πάντα το αντικείμενο της έρευνας, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η μελέτη των τριών αυτών συνιστωσών θα δώσει ασφαλή συμπεράσματα. Αν και η αναλογία της εκφραζόμενης διακύμανσης είναι στην κρίση του ερευνητή, συνηθίζεται να επιλέγεται ως κριτήριο το ποσοστό του 75%.

Για το λόγο ότι η ολική διακύμανση ισούται με το άθροισμα των χαρακτηριστικών ριζών του πίνακα συσχέτισης. Ο υπολογισμός του ποσοστού της διακύμανσης που εκφράζει κάθε κύρια συνιστώσα είναι απλή υπόθεση και η συσσωρευτική αναλογία της εκφραζόμενης διακύμανσης για τις k πρώτες κύριες συνιστώσες είναι,

$$P_k = \frac{\lambda_1^1 + \lambda_1^2 + \dots + \lambda_1^k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}$$

και αν η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών εφαρμοστεί στον πίνακα συσχέτισης η εξίσωση είναι,

$$P_k = \frac{\lambda^1 + \lambda^2 + \dots + \lambda^k}{p}$$

όπου k είναι το πλήθος των κυρίων συνιστωσών που επιλέχθηκαν και p είναι

το σύνολο των χαρακτηριστικών ριζών του πίνακα συσχέτισης.

Γραφική παράσταση των χαρακτηριστικών ριζών

Είναι γεγονός πως η γραφική παράσταση των χαρακτηριστικών ριζών για κάθε κύρια συνιστώσα χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Ο άξονας Y αντιστοιχεί στις χαρακτηριστικές ρίζες και ο άξονας X στις αντίστοιχες κύριες συνιστώσες που έχουν διαταχθεί με φθίνουσα τάξη. Το γράφημα που προκύπτει είναι μία καμπύλη με κλίση που προοδευτικά μειώνεται και τείνει να γίνει ευθεία για μεγάλο αριθμό κυρίων συνιστωσών. Οι κύριες συνιστώσες που επιλέγονται τελικά προς εξέταση είναι αυτές που βρίσκονται πριν από το σημείο απότομης μείωσης της κλίσης της καμπύλης (βλέπε σχήμα 2.6) και μάλιστα επιλέγονται όλες εκείνες οι κύριες συνιστώσες, που είναι πριν από το σημείο όπου η καμπύλη σχηματίζει ευρεία «γωνία». Ως εναλλακτική λύση για τον άξονα Y μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι λογαριθμημένες τιμές των χαρακτηριστικών ριζών.

2.10 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ

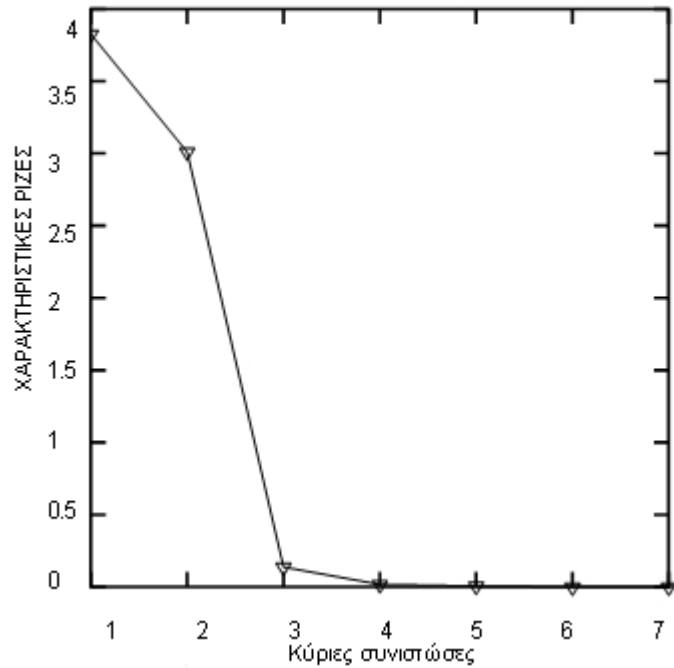
Οι υπολογισμοί που απαιτούνται για την εφαρμογή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν δίχως τη χρήση ενός Η/Υ για ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων. Για τεχνικούς λοιπόν λόγους θα χρησιμοποιηθούν τα υποθετικά δεδομένα του πίνακα 2.7.

Τυποποίηση των μεταβλητών

Αρχικά οι μεταβλητές μετασχηματίζονται προκειμένου να έχουν μηδενικό μέσο όρο και διακύμανση ίση με τη μονάδα. Οι μεταβλητές του πίνακα 2.7 τυποποιούνται σύμφωνα με την εξίσωση 2.2 π.χ. η πρώτη τιμή της πρώτης μεταβλητής μετασχηματίζεται,

$$\frac{x_i - \bar{x}}{s} = \frac{12 - 13}{2.121} = -0.471$$

Οι τυποποιημένες μεταβλητές του πίνακα 2.7 μπορούν να παρασταθούν με τη μορφή αλγεβρικού πίνακα.



Σχήμα 2.6: Γραφική παράσταση των χαρακτηριστικών ριζών για κάθε κύρια συνιστώσα

Πίνακας 2.7: Αρχικές τιμές υποθετικών μεταβλητών και τυποποίηση αυτών

Αριθμός παρατήρησης	x ₁		x ₂	
	Αρχική μεταβλητή	Τυποποιημένη μεταβλητή	Αρχική μεταβλητή	Τυποποιημένη μεταβλητή
1	12	-0.471	10	-1.265
2	15	0.943	13	0.632
3	15	0.943	14	1.265
4	13	0.000	12	0.000
5	10	-1.414	10	-1.265
Μέσος όρος	13	0.000	12	0.000
Τυπική απόκλιση	2.121	1.000	1.581	1.000

$$A = \begin{bmatrix} -0,471 & -1,265 \\ 0,943 & 0,632 \\ 0,943 & 1,265 \\ 0,000 & 0,000 \\ -1,414 & -1,265 \end{bmatrix}$$

Δημιουργία του πίνακα συσχέτισης

Στη συνέχεια δημιουργείται ο 2x2 πίνακας συσχέτισης R,

$$R = AA' = \begin{bmatrix} -0,471 & -1,265 \\ 0,943 & 0,632 \\ 0,943 & 1,265 \\ 0,000 & 0,000 \\ -1,414 & -1,265 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,471 & 0,943 & 0,943 & 0,000 & -1,414 \\ -1,265 & 0,632 & 1,265 & 0,000 & -1,265 \end{bmatrix}$$

Το πρώτο στοιχείο του πίνακα R, δηλαδή το στοιχείο $r_{1,1}$ είναι,

$$r_{1,1} = (-0.471 \times -0.471) + \dots + (-1.414 \times -1.414) = 1.000$$

$$\text{και αντίστοιχα,} \quad r_{1,2} = 0.922$$

$$r_{2,1} = 0.922$$

$$r_{2,2} = 1.000$$

Επειδή ο R είναι συμμετρικός πίνακας το $r_{1,2} = r_{2,1}$ και γράφοντας τα παραπάνω με τη μορφή πίνακα,

$$R = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 \end{bmatrix}$$

Υπολογισμός των χαρακτηριστικών ριζών και ανυσμάτων

$$\begin{aligned} |R - \lambda I| = 0 &\Leftrightarrow \left| \begin{bmatrix} 1.000 & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \right| = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \left| \begin{bmatrix} 1.000 & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \right| = \left| \begin{bmatrix} 1.000 - \lambda & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 - \lambda \end{bmatrix} \right| = 0 \end{aligned}$$

Η ορίζουσα του τελευταίου 2x2 πίνακα είναι,

$$\begin{vmatrix} 1.000 - \lambda & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 - \lambda \end{vmatrix} = (1.000 - \lambda)(1.000 - \lambda) - (0.922 \times 0.922) = (1.000 - \lambda)^2 - (0.922)^2 = \lambda^2 - 2\lambda + 1 - 0.85 = \lambda^2 - 2\lambda + 0.15 = 0$$

Η τελευταία εξίσωση έχει δύο ρίζες,

$$\lambda = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha} \quad \text{όπου } \Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma, \quad \alpha = 1, \beta = -2, \gamma = 0.15$$

$$\lambda = \frac{-(-2) \pm \sqrt{-2^2 - 4 \times 1 \times 0.15}}{2} = \frac{2 \pm 1.84}{2}$$

Οπότε,

$$\lambda_1 = \frac{2+1.84}{2} = 1.92 \text{ και } \lambda_2 = \frac{2-1.84}{2} = 0.08$$

Πρέπει να τονιστεί πως το άθροισμα των χαρακτηριστικών ριζών ισούται με το ίχνος του πίνακα R.

$$\text{tr}(R) = \lambda_1 + \lambda_2 = r_{1,1} + r_{2,2} = 2$$

Η χαρακτηριστική ρίζα λ_1 είναι η διακύμανση της πρώτης κύριας συνιστώσας και η λ_2 είναι η διακύμανση της δεύτερης. Το ποσοστό της ολικής διακύμανσης που εκφράζει κάθε κύρια συνιστώσα προκύπτει από τους εξής τύπους :

$$\% \text{ ολική διακύμανση } (\lambda_1) = \lambda_1 / \sum_{i=1}^k r_{ii} = 1.92/2.0 = 96\%$$

$$\% \text{ ολική διακύμανση } (\lambda_2) = \lambda_2 / \sum_{i=1}^k r_{ii} = 0.08/2.0 = 4\%$$

Για το λόγο ότι όλες οι p χαρακτηριστικές ρίζες υπολογίζονται (οπότε p = k = 2), εκφράζεται συνολικά το 100% της διακύμανσης. Ωστόσο όμως στην πράξη, δεν υπολογίζονται όλες οι χαρακτηριστικές ρίζες.

Το χαρακτηριστικό άνυσμα που αντιστοιχεί σε κάθε χαρακτηριστική ρίζα υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση,

$$RX = \lambda X$$

Όπου X είναι το χαρακτηριστικό άνυσμα για την εκάστοτε χαρακτηριστική ρίζα λ. Έτσι λοιπόν το χαρακτηριστικό άνυσμα για την λ_1 είναι

$$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.922 \\ 0.922 & 1.000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,1} \\ x_{2,1} \end{bmatrix} = 1.92 \begin{bmatrix} x_{1,1} \\ x_{2,1} \end{bmatrix}$$

Οι παραπάνω πίνακες αντιστοιχούν στο παρακάτω σύστημα γραμμικών εξισώσεων,

$$1.000x_{1,1} + 0.922x_{2,1} = 1.92x_{1,1}$$

$$0.922x_{1,1} + 1.000x_{2,1} = 1.92x_{2,1}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 1.000x_{1,1} + 0.922x_{2,1} - 1.92x_{1,1} = 0 \\ 0.922x_{1,1} + 1.000x_{2,1} - 1.92x_{2,1} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} -0.92x_{1,1} + 0.92x_{2,1} = 0 \\ 0.92x_{1,1} - 0.92x_{2,1} = 0 \end{cases}$$

Για τη λύση των παραπάνω εξισώσεων θέτουμε $x_{1,1} = 1$ και λύνουμε ως προς $x_{2,1}$,

$$\begin{aligned} -0.92x_{2,1} &= -0.92 \\ 0.92x_{2,1} &= 0.92 \end{aligned}$$

οπότε το $x_{2,1} = 1$ και το χαρακτηριστικό άνυσμα που αντιστοιχεί στη χαρακτηριστική ρίζα λ_1 είναι

$$x_1 = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

Παρόμοια, το άνυσμα που αντιστοιχεί στην λ_2 είναι,

$$x_2 = \begin{bmatrix} -1.0 \\ +1.0 \end{bmatrix}$$

Τα χαρακτηριστικά άνυσματα είναι βέβαιο πως πρέπει να μετασχηματισθούν, προκειμένου το άθροισμα των τετραγώνων τους να ισούται με τη μονάδα, δηλαδή σύμφωνα με την άλγεβρα των πινάκων πρέπει $X'X = 1$. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν υπολογίσουμε για κάθε χαρακτηριστικό άνυσμα τον συντελεστή k , ο οποίος είναι ο αντίστροφος της τετραγωνικής ρίζας του αθροίσματος των τετραγώνων των στοιχείων του άνυσματος

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{\sum_{q=1}^n x_{qi}^2}}$$

όπου x_{qi} είναι το στοιχείο της q σειράς του i χαρακτηριστικού άνυσματος. Στη συνέχεια, ο συντελεστής πολλαπλασιάζεται με το χαρακτηριστικό άνυσμα

$$x_i = k_i \begin{bmatrix} x_{1,j} \\ x_{2,j} \\ \vdots \\ x_{p,j} \end{bmatrix}$$

Οπότε για τα ανύσματα του παραδείγματος οι συντελεστές k_1 και k_2 είναι,

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{1+1}}} = 0.707$$

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{-1+1}}} = 0.707$$

$$x_1 = 0.707 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.707 \\ 0.707 \end{bmatrix}$$

$$x_2 = 0.707 \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.707 \\ 0.707 \end{bmatrix}$$

Τα δύο χαρακτηριστικά ανύσματα μπορούν να παρουσιαστούν με τον πίνακα U,

$$U_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 0.707 & 0.707 \\ 0.707 & 0.707 \end{bmatrix}$$

Υπολογισμός των τιμών των κυρίων συνιστωσών

Ο υπολογισμός των τιμών των κυρίων συνιστωσών είναι σχετικά απλή διαδικασία. Τα στοιχεία του πίνακα 2.7 μπορούν να παρουσιαστούν με το ακόλουθο σύστημα γραμμικών εξισώσεων,

$$Z_1 = x_{11} A_1 + x_{12} A_2$$

$$Z_2 = x_{21} A_1 + x_{22} A_2$$

όπου Z_1 και Z_2 είναι οι δύο κύριες συνιστώσες, x_{11}, \dots, x_{22} είναι τα αντίστοιχα στοιχεία των χαρακτηριστικών ανυσμάτων και A_1, A_2 είναι οι αντίστοιχες τυποποιημένες μεταβλητές.

Για παράδειγμα, ο υπολογισμός των τιμών της πρώτης κύριας συνιστώσας εκτελείται ως εξής :

$$z_1 = -0.471 \times 0.707 + -1.265 \times 0.707 = -1.23$$

$$z_5 = -1.414 \times 0.707 + -1.265 \times 0.707$$

ενώ οι τιμές της δεύτερης κύριας συνιστώσας,

$$z_1 = -0.471 \times -0.707 + -1.265 \times 0.707 = -0.56$$

$$z_5 = -1.414 \times -0.707 + -1.265 \times 0.707 = 0.11$$

Οι εξισώσεις που βρίσκονται παραπάνω μπορούν να παρουσιαστούν σύμφωνα με την άλγεβρα των πινάκων ως,

$$Z = AU = \begin{bmatrix} -0.471 & -1.265 \\ 0.943 & 0.632 \\ 0.943 & 1.265 \\ 0.000 & 0.000 \\ -1.414 & -1.265 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.707 & -0.707 \\ 0.707 & 0.707 \end{bmatrix}$$

όπου Z είναι ένας 5×2 πίνακας των τιμών των κυρίων συνιστωσών, A είναι ο πίνακας των τυποποιημένων μεταβλητών και U είναι ο πίνακας των χαρακτηριστικών ανυσμάτων.

Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό αξίζει να τονίσουμε ότι ο σκοπός της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι ο σχηματισμός ενός μικρού σχετικά αριθμού γραμμικών συνδυασμών ενός συνόλου μεταβλητών (κύριες συνιστώσες), που θα διατηρεί όσο το δυνατόν περισσότερη από την πληροφορία των αρχικών μεταβλητών. Έτσι γίνονται πιο εύκολες και κατανοητές αναλύσεις περιγραφικού τύπου, παλινδρόμησης, ομαδοποίησης, όταν πρέπει να εφαρμοστούν σε δείγματα που περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό αρχικών μεταβλητών. Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών δύναται να ειπωθεί και ως προσπάθεια προσέγγισης των γραμμικών σχέσεων σε ένα σύνολο μεταβλητών. Η πρώτη παρουσίαση της μεθόδου έγινε από τον Pearson (1901), ενώ ο Hotelling (1933) την εξέλιξε σε σημαντικό βαθμό.

Ακόμη αξιοσημείωτο είναι ότι οι κύριες συνιστώσες είναι διανύσματα που σχηματίζονται σαν γραμμικοί συνδυασμοί των μεταβλητών του συνόλου των δεδομένων και κατασκευάζονται έτσι ώστε να είναι κάθετα μεταξύ τους (στον πολυδιάστατο χώρο που ορίζουν ανάλογα με το πλήθος τους) και να αντιπροσωπεύουν κατά φθίνουσα τάξη ποσοστά της αρχικής μεταβλητότητας των δεδομένων. Το πλήθος τους είναι ίσο με το πλήθος των αρχικών μεταβλητών: όμως, από κάποιο σημείο και μετά πολλά από αυτά δεν είναι χρήσιμα, για το λόγο ότι δεν επεξηγούν κάποιο ποσοστό από την αρχική μεταβλητότητα. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που οι μεταβλητές είναι έντονα συσχετισμένες μεταξύ τους.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάλυση κυρίων συνιστωσών συχνά συγχέεται με την παραγοντική ανάλυση (factor analysis). Βασικοί στόχοι της παραγοντικής ανάλυσης είναι:

1) η δημιουργία νέων μεταβλητών, των παραγόντων, στις οποίες μπορούμε με ένα υποκειμενικό τρόπο να αναγνωρίσουμε κάποιες όχι εύκολα μετρήσιμες μεταβλητές, και 2) η επεξήγηση των συσχετίσεων που υπάρχουν στα δεδομένα για τις οποίες έχουμε υποθέσει ότι οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιων κοινών παραγόντων που δημιούργησαν τα δεδομένα (Παπαρηγορίου, 2001· *mag.aegean*, χ.χ · Καμαριανάκης & Κοντός, χ.χ & Γκίτσης, χ.χ) .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ -ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Όταν εμφανίστηκαν τα κινητά τηλέφωνα το μόνο που μπορούσαν να κάνουν σχεδόν καλά ήταν να λειτουργούν ως τηλέφωνα. Η εξέλιξη τους όμως είναι ραγδαία αφού το μέγεθος τους είναι πια αρκετά μικρότερο από ότι ήταν αρχικά και μάλιστα οι συσκευές αυτές δεν λειτουργούν μόνο σαν τηλέφωνα αλλά ενσωματώνουν και άλλα χαρακτηριστικά δανεισμένα από άλλες συσκευές. Έτσι, σήμερα ένα κινητό τηλέφωνο είναι και φωτογραφική μηχανή και video camera υψηλής ανάλυσης, είναι mp3 player μεγάλης χωρητικότητας, gps, rocket pc με ασύρματη δικτύωση, παιχνιδομηχανή, τηλεόραση, video player και άλλα πολλά. Σε όλα αυτά όμως και κυρίως στα δύο τελευταία υπάρχει ένας περιορισμός που όμως είναι σημαντικός για την ολοκληρωμένη ψυχαγωγική εμπειρία αυτού του πολυμηχανήματος : Η οθόνη είναι πολύ μικρή για να δημιουργεί το αίσθημα άνεσης στον χρήστη όταν αυτός προσπαθεί να δει κάποιο video ή μια ολοκληρωμένη ταινία ακόμα και μόνος του, πόσο μάλλον με παρέα (Αλεξόπουλος & Κοτζίνης, χ.χ).

Παρατηρούμε λοιπόν πως η διείσδυση και χρήση των κινητών τηλεφώνων έχει σημειώσει τεράστια ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια σε ολόκληρο τον κόσμο και φυσικά στην χώρα μας. Η κινητή τηλεφωνία δηλαδή αποτελεί μεγάλο κομμάτι στη ζωή μας, καθώς καθημερινά οι περισσότεροι από μας τη χρησιμοποιούμε γιατί μας προσφέρει μοναδική ευκολία επικοινωνίας, όπου και αν βρισκόμαστε. Ο αριθμός των συνδρομητών της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα έχει φτάσει τους 9,3 εκατομμύρια χρήστες, ενώ ανταλλάσσονται περισσότερα από 350 εκατομμύρια γραπτά μηνύματα το μήνα (Cosmote, 2004 και Vodafone, 2004 και TIM, 2004 και Q-Telecom, 2004). Η μεγάλη αυτή ανάπτυξη έχει συνδυαστεί και με ανάλογη ανάπτυξη των τεχνολογιών που υποστηρίζουν οι κινητές συσκευές και αντίστοιχα των δυνατοτήτων που παρέχουν στους τελικούς χρήστες. Τεχνολογίες και δυνατότητες που ίσως φάνταζαν μακρινές πριν από λίγα χρόνια, όπως η αναπαραγωγή αρχείων

video και ήχου σε φορητές συσκευές και μάλιστα κινητής τηλεφωνίας, είναι σήμερα πραγματικότητα (Αλεξόπουλος & Κοτζίνης, χ.χ & Μπούκουρη, 1998).

Η ανάπτυξη λοιπόν των δικτύων αλλά και των ίδιων των συσκευών (γρηγορότερες συνδέσεις, μεγαλύτερες οθόνες με μεγαλύτερη ανάλυση, μεγαλύτερη μνήμη κ.ά.) που έχουν πλέον τη δυνατότητα να επεξεργαστούν μεγαλύτερη ποσότητα δεδομένων, έχει επιτρέψει την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και υπηρεσιών στον τομέα της πληροφορίας που είναι διαθέσιμη στα κινητά τηλέφωνα. Οι υπηρεσίες αυτές υποστηρίζονται από εφαρμογές που επεκτείνονται και συνδυάζουν πολλούς τομείς, όπως τις τηλεπικοινωνίες, την οικονομία, την ανάκτηση πληροφορίας, την διασκέδαση, τα παιχνίδια κ.ά. Φαίνεται έτσι πως το κινητό τηλέφωνο είναι η πλέον βασική συσκευή επικοινωνιών κινητής τηλεφωνίας. Τα περισσότερα προγράμματα κινητών τηλεφώνων διαθέτουν αυτόματο τηλεφωνητή και επιτρέπουν έτσι στους πελάτες, τους φίλους και τους συνεργάτες αυτών να αφήνουν μηνύματα, όταν δεν μπορούν να απαντήσουν στις κλήσεις όσων τους καλούν. Τα κινητά τηλέφωνα επιτρέπουν σε όλα τα άτομα να αποθηκεύουν ορισμένες πληροφορίες επικοινωνίας, όπως ονόματα και αριθμούς τηλεφώνων των ατόμων που καλούν συχνότερα (Μπούκουρη, 1998).

Επιπλέον, με ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί κανείς να στέλνει και να λαμβάνει μηνύματα κειμένου και ακόμη να το χρησιμοποιεί ως μόντεμ για να συνδέσει τον φορητό υπολογιστή του στο Internet. Έτσι διαπιστώνουμε πως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό αρκετών κινητών τηλεφώνων είναι η δυνατότητα σύνδεσής τους στο Web. Η πρόσβαση στο Internet μπορεί να είναι ανεκτίμητο εργαλείο για την πραγματοποίηση ερευνών, όταν ένα άτομο βρίσκεται εκτός γραφείου. Ακόμη, για κάποιον που ταξιδεύει σε μια περιοχή που δε γνωρίζει, η πρόσβαση στο Web μέσω κινητού τηλεφώνου μπορεί να τον βοηθήσει να λάβει οδηγίες προσανατολισμού και κατεύθυνσης, καθώς και πληροφορίες για τοπικές υπηρεσίες και για κάποιον που περιμένει στο αεροδρόμιο, το κινητό μπορεί να του προσφέρει πρόσβαση σε ενημερωμένες πληροφορίες που αφορούν πτήσεις, καθώς και τη δυνατότητα να αλλάξει γρήγορα το πρόγραμμά του, εάν τα σχέδιά του ξαφνικά αλλάξουν. Επιπλέον για όσους ασχολούνται με πωλήσεις είναι εύκολο να συνδεθούν στην εσωτερική τοποθεσία Web, για να ελέγξουν τα τυχόν αποθέματα ή τις πιθανές ημερομηνίες παράδοσης για ένα προϊόν. Οι συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας έχουν τη δυνατότητα μέσω των συσκευών τους να κατεβάζουν ποικίλο υλικό όπως : εικόνες,

βίντεο, ringtones, τραγούδια, παιχνίδια, εφαρμογές java, δυνατότητες που ενθουσιάζουν μικρούς και μεγάλους (microsoft, χ.χ).

Αξίζει να τονιστεί ότι ένα απλό κινητό τηλέφωνο πιθανώς να είναι αρκετό για κάποιον που απλώς θέλει να πραγματοποιεί λίγες κλήσεις την ημέρα ή εάν θέλει ένα μέσο για να επικοινωνούν μαζί του οι στενοί του συνεργάτες, οι συγγενείς και οι φίλοι. Ίσως όμως έτσι να χάνει άλλα σημαντικά μηνύματα. Ο τελικός χρήστης έχει την απαίτηση να χρησιμοποιήσει τις παραπάνω εφαρμογές στο κινητό του τηλέφωνο, δεν είναι όμως διατεθειμένος να έχει διαθέσιμο ένα υποσύνολο της πληροφορίας. Οι κινητές συσκευές καλούνται άλλωστε να καλύψουν και τις απαιτήσεις για άμεση πρόσβαση στην πληροφορία οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε σημείο και αν βρίσκεται ο ενδιαφερόμενος (microsoft, χ.χ).

Οι εφαρμογές που προορίζονται για να τρέχουν σε κινητά τηλέφωνα υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς, οι οποίοι οφείλονται σε πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες. Ο σημαντικότερος είναι οι περιορισμένες δυνατότητες που παρέχονται από τις φορητές συσκευές μιας και αυτές έχουν περιορισμένη υπολογιστική ισχύ αλλά και περιορισμένες δυνατότητες σχετικά με τις οθόνες (παρόλο τη βελτίωση που έχει επιτελεστεί στους τομείς αυτούς τα τελευταία χρόνια η ανάλυση αλλά και ο αριθμός των χρωμάτων δεν μπορεί να συγκριθεί με τα αντίστοιχα των προσωπικών υπολογιστών). Ένα ακόμα στοιχείο που περιορίζει τις δυνατότητες των εφαρμογών αυτών είναι το μικρό τους μέγεθος. Αν και η μνήμη των φορητών συσκευών αυξάνεται σταδιακά με την εισαγωγή καινούριων μοντέλων σίγουρα το μέγεθος των εφαρμογών παραμένει σχετικά μικρό. Έτσι σίγουρα μια σύγκριση μεταξύ των εφαρμογών για φορητές συσκευές και των αντίστοιχων για προσωπικούς υπολογιστές πρέπει να γίνεται στη βάση αυτών των περιορισμών και της διαφορετικότητας των δυνατοτήτων (microsoft, χ.χ & Αλεξόπουλος & Κοτζίνης, χ.χ).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε πως στις μέρες μας υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία κινητών τηλεφώνων, τα περισσότερα από τα οποία είναι αρκετά λεπτά και μικρά και έτσι χωράνε σε οποιαδήποτε τσέπη πολύ εύκολα. Διαθέτουν δηλαδή συνήθως εντυπωσιακή και εξαιρετικά λεπτή εμφάνιση, καθώς και πληθώρα δυνατοτήτων χρήσης. Επιπλέον προσφέρουν τώρα πια μια μεγάλη ποικιλία από εφαρμογές, ενώ κατασκευάζονται για όλους εκείνους που αγαπούν την τεχνολογία και επιζητούν μεγάλες επιδόσεις και ευκολία χρήσης. Οι συσκευές αυτές επομένως, είναι πολύ εξελιγμένες με αποτέλεσμα να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των πελατών. Γενικότερα, τα σημερινά κινητά τηλέφωνα έχουν ικανοποιητικές

διαστάσεις, αλλά και βάρος μόλις μερικών γραμμαρίων και έχουν γίνει το νέο «Must» στη σύγχρονη κοινωνία. Διαθέτουν περισσότερες λειτουργίες, μικρότερο μέγεθος και περισσότερη διάρκεια μπαταρίας, σε σχέση με τα παλαιότερα μοντέλα. Μερικές από τις νέες λειτουργίες τους είναι τα εξής : Menu σε πολλές Γλώσσες, αρκετά διαφορετικά κουδουνίσματα και μελωδίες, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα εγγραφής δικής μας μελωδίας. Συνάμα, τώρα πια έχουν ενδεικτικό φωτάκι κάποιου χρώματος για να ξέρουμε πότε μας καλεί κάποιος, πότε είμαστε εντός δικτύου, ή πότε είμαστε συνδεδεμένοι με ξένο δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται να ανοίγουμε πάντοτε το τηλέφωνο μας. Μάλιστα, όλα τα νέα κινητά υποστηρίζουν όλες τις υπηρεσίες δικτύων, όπως αναγνώριση κλήσεως, γραπτά μηνύματα, αποστολή και λήψη δεδομένων κτλ. Επίσης εμφανίζουν πλέον όνομα αντί για αριθμό όταν μας στέλνουν γραπτό μήνυμα (εφόσον βέβαια υπάρχει καταχωρημένο) και δέχονται δύο τηλεφωνικές γραμμές σε μία συσκευή και μία κάρτα SIM (microsoft, χ.χ & Μπούκουρη, 1998).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι όταν το πάθος για δημιουργία αποκτά πολυτελή εμφάνιση και η multimedia τεχνολογία ενσωματώνεται μέσα σε ελάχιστα κυβικά εκατοστά όγκου, το αποτέλεσμα μόνο εντυπωσιακό μπορεί να χαρακτηριστεί. Άλλωστε, δεν είναι εύκολο να σχεδιάζει κανείς συνεχώς προκλητικά μοντέλα, με κορυφαία ποιότητα κατασκευής υψηλή τεχνολογία και ταυτόχρονα απίστευτα μικρές διαστάσεις. Όμως στις μέρες μας κατασκευάζονται ολοένα και πιο μικρά κινητά, αλλά και πιο πολυτελή imaging συσκευές με αξεπέραστο στιλ, που μαγεύουν τους καταναλωτές και τους τραβούν την προσοχή (greektechforum, χ.χ).

Αξίζει να σημειώσουμε πως πολλά μοντέλα κινητών τηλεφώνων λειτουργούν σαν υπολογιστής, αφού τα περισσότερα από αυτά είναι τηλέφωνα, μαζί με Fax, μαζί με ηλεκτρονικό organizer, που παρέχει πλήρεις υπηρεσίες Internet, με ημερολόγιο και σημειωματάριο. Όλα αυτά λειτουργούν μαζί και συνεργάζονται. Έτσι μπορεί κανείς να στείλει σε Fax ένα e-mail που έλαβε, να το συνδέσει με τον υπολογιστή του και τον εκτυπωτή του με καλώδιο ή infrared και να αποθηκεύσει τα μηνύματα. Ακόμη μπορεί κάποιος να μεταφέρει τις διευθύνσεις και τις σημειώσεις που έχει στον υπολογιστή του, να δει κάποια διεύθυνση WEB από το Internet, να τα εκτυπώσει όλα αυτά αλλά και πολλά άλλα ακόμη (microsoft, χ.χ).

Υπάρχουν κινητά τηλέφωνα που έχουν πολύ εντυπωσιακά τεχνικά χαρακτηριστικά, καθώς συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της πλοήγησης και της φωτογράφισης με την ευελιξία της ασύρματης επικοινωνίας και έχουν ενσωματωμένο δέκτη A-GPS που συνοδεύεται από κάποιο λογισμικό, το οποίο

επιτρέπει τον εντοπισμό των πλησιέστερων σημείων ενδιαφέροντος, καθώς και την παροχή οδηγιών πλοήγησης για τη μετάβαση στον επιθυμητό προορισμό. Επιπλέον αρκετά σύγχρονα κινητά τηλέφωνα έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν ασύρματα στο Internet, η οποία σύνδεση μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη βοήθεια των υπηρεσιών 3G και της τεχνολογίας HSDPA στα 1.8Mbps, είτε μέσω ασύρματων δικτύων Wi-Fi για γρήγορη ασύρματη πλοήγηση στο Internet μέσω του οικιακού ή εταιρικού δικτύου και ειδικών hotspots. Επιπλέον πολλές συσκευές κινητής τηλεφωνίας υποστηρίζουν δίκτυα χωρίς ή με κρυπτογράφηση WEP και WPA. Χάρη στην υποστήριξη WLAN μπορεί κανείς να κάνει οικονομικές ή και δωρεάν κλήσεις χρησιμοποιώντας Voice over IP. Βέβαια ορισμένες συσκευές διαθέτουν ένα υποδειγματικό web browser, μέσω του οποίου μπορεί κανείς να επισκεφθεί τις αγαπημένες του ιστοσελίδες. Μάλιστα αρκετά κινητά τηλέφωνα έχουν τη δυνατότητα full internet browsing και επιτρέπουν υψηλής ποιότητας streaming TV. Μπορούν να αποθηκεύουν σελίδες, να κάνουν ταξινομήσεις, να τραβάνε εικόνες web, να κάνουν zoom in και out σε web pages, να ψάχνουν για λέξεις κλειδιά κ.λ.π. Ένα πολύ ενδιαφέρον προτέρημα τους είναι η ύπαρξη εσωτερικής και πολλές φορές και εξωτερικής μνήμης μεγάλης χωρητικότητας αλλά και η υποδοχή που έχουν όπου μπορεί να τοποθετηθεί μεγαλύτερη κάρτα μνήμης, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει έλλειψη αποθηκευτικού χώρου. Υπάρχουν δηλαδή κινητά τηλέφωνα που διαθέτουν και των δύο ειδών κάρτες μνήμης και μπορούν να φτάσουν πλέον σε χωρητικότητες της τάξης των 2 GB. Προτιμητέα δυνατότητα αναφορικά με την μνήμη είναι αυτή να είναι "δυναμική", δηλαδή να μπορεί να διαμοιράζεται στις εφαρμογές και τα παραγόμενα αρχεία ανάλογα με τις ανάγκες και να μην αφορά μονάχα δεδομένα του ενός τύπου ή του άλλου (freegr, χ.χ & techteam, 2006).

3.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟΚΑΜΕΡΑΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα αναφερθούμε στην ψηφιακή μηχανή και στη βιντεοκάμερα, τα οποία παίζουν σπουδαίο ρόλο στα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα και αποτελούν σημαντικό κριτήριο, βάση του οποίου οι καταναλωτές επιλέγουν το κινητό τους τηλέφωνο. Όσον αφορά την ψηφιακή κάμερα πρέπει να τονίσουμε πως

όλα τα κινητά που κυκλοφορούν τώρα πια, περιέχουν αρκετά megarixel ανάλυσης φωτογραφιών, που δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να μπορεί να τραβήξει φωτογραφίες πολύ ικανοποιητικού μεγέθους, με το οπτικό zoom να μπορεί να φέρει το θέμα των λήψεων πιο κοντά, καθώς μπορεί κανείς να εστιάζει εύκολα στο σημείο ακριβώς που τον ενδιαφέρει, χωρίς να υπάρχει φόβος πως θα αλλοιωθεί το τελικό αποτέλεσμα της φωτογραφίας. Μάλιστα, η ποιότητα της φωτογραφίας κυμαίνεται πλέον σε υψηλά επίπεδα. Χάρη στη φωτογραφική μηχανή που διαθέτουν τα κινητά τηλέφωνα, οι χρήστες μπορούν να κρατήσουν για πάντα ζωντανές τις αγαπημένες τους στιγμές και να τις απολαμβάνουν οπουδήποτε και οποτεδήποτε (kiniti, 2005).

Ακόμη, τα πιο πολλά νέα κινητά τηλέφωνα διαθέτουν πλήρη συμβατότητα με τις υπηρεσίες 3^{ης} γενιάς και για το λόγο αυτό φέρουν δεύτερη κάμερα για την πραγματοποίηση βιντεοκλήσεων, ενώ επιτρέπουν και τη λήψη δεδομένων με ταχύτητες παραπλήσιες με αυτές μιας γραμμής ADSL, καθώς αυτές αγγίζουν πρακτικά αρκετά Kbps. Η κάμερα των κινητών αυτών λαμβάνει φωτογραφίες σε ανάλυση μέχρι και 3,2 Megapixel, προσφέρει υψηλή ευκρίνεια, πιστή απόδοση των χρωμάτων και γενικά φωτογραφίες που δύσκολα θα πίστευε κανείς ότι προέρχονται από ένα απλό κινητό τηλέφωνο (kiniti, 2005 & gsmforum, 2007) .

Ακόμη διαθέτουν όλα τα απαραίτητα εργαλεία τα οποία επιτρέπουν την προβολή και την επεξεργασία των φωτογραφιών με τη βοήθεια ακόμη και της αφής, όσων κινητών βέβαια τη διαθέτουν. Οι πιο πολλές ψηφιακές κάμερες των κινητών έχουν πολύ καλό φακό, καθώς και φλας για τις νυχτερινές λήψεις, το οποίο χρησιμοποιείται ως «προβολέας» κατά την βιντεοσκόπηση και είναι εξοπλισμένα με τη λειτουργία αυτόματης εστίασης, διαθέτοντας μάλιστα οπτικό zoom μέχρι και 3x, επιτρέποντας τη «μεγέθυνση» κάθε θέματος χωρίς αλλοιώσεις. Τα πλήκτρα ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης του strobe-φλας, του timer, καθώς και του zoom-in και zoom out, είναι πλέον υπαρκτά σε πολλά κινητά τηλέφωνα που διαθέτουν φωτογραφική μηχανή. Η δυνατότητα auto-focus εντοπίζεται στα περισσότερα κινητά και επιτυγχάνει την αυτόματη εστίαση, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται στο μέγιστο δυνατό βαθμό το φαινόμενο των θολών φωτογραφιών. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι ο «ευαίσθητος» φακός της φωτογραφικής μηχανής προστατεύεται από ένα πλαστικό κάλυμμα, που μπορεί να μετατοπιστεί χρησιμοποιώντας το σχετικό διακόπτη (руб.сті, χ.χ).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της φωτογραφικής μηχανής ενός κινητού τηλεφώνου είναι ότι αποθηκεύει τις φωτογραφίες στο τηλέφωνο και έτσι είναι δυνατό

να χρησιμοποιηθούν οι φωτογραφίες αυτές για την προσωποποίηση των επαφών που έχει κάποιος στο κινητό του ή ως εικόνες φόντου. Επιπλέον, ο κάτοχος ενός σύγχρονου κινητού μπορεί να στείλει φωτογραφίες στο τηλέφωνο ενός φίλου του ή σε έναν υπολογιστή. Η αποφυγή του υπερβολικού φωτισμού φόντου, καθώς και η λήψη φωτογραφιών σε καλά φωτιζόμενο περιβάλλον μεγιστοποιεί την ποιότητα των φωτογραφιών. Βέβαια, ορισμένα μοντέλα κινητών τηλεφώνων επιτρέπουν στον κάτοχό τους να διορθώσει τις φωτογραφίες μετά τη λήψη τους και σε ορισμένα άλλα κινητά, η κάμερα μπορεί να απενεργοποιηθεί εάν παραμείνει αχρησιμοποίητη για κάποιο χρονικό διάστημα (freegr, χ.χ & techteam, 2006).

Πρέπει να σημειωθεί πως τα τηλέφωνα με ενσωματωμένες κάμερες είναι πολύ συνηθισμένα αυτές τις ημέρες, αλλά δεν είναι μόνο για διασκέδαση. Μπορούν να φανούν χρήσιμα σε καθημερινές επιχειρηματικές εργασίες. Για παράδειγμα, οι κτηματομεσίτες μπορούν να χρησιμοποιούν ενσωματωμένες κάμερες για να φωτογραφίζουν τα ακίνητα. Η ποιότητα των εικόνων από αυτές τις κάμερες είναι συνήθως απόλυτα ικανοποιητική για δημοσίευση σε τοποθεσίες Web. Οι κάμερες μπορούν επίσης να είναι χρήσιμες σε επιχειρηματικές συναντήσεις. Μπορεί ένα άτομο να βγάζει φωτογραφίες σημαντικών διαφανειών ή σημειώσεων σε έναν πίνακα, προκειμένου να μελετήσει τις πληροφορίες αργότερα. Η χρωματική απόδοση της φωτογραφικής μηχανής των κινητών τηλεφώνων, καθώς και οι λεπτομέρειες των φωτογραφιών που καταγράφει η κάθε συσκευή, διαφέρουν από κινητό σε κινητό (kiniti, 2005).

Γενικότερα αξίζει να αναφέρουμε πως η ενεργοποίηση της ψηφιακής κάμερας δεν πρόκειται να προβληματίσει κανένα πελάτη, αφού, πατώντας το κεντρικό πλήκτρο, ενεργοποιείται η λειτουργία viewfinder στην οθόνη των κινητών, ενώ, παράλληλα, εμφανίζονται επιλογές για τη ρύθμιση του contrast, την επιλογή του μεγέθους της φωτογραφίας, τη δυνατότητα ενεργοποίησης της νυχτερινής λήψης, καθώς και η επιλογή της συχνότητας για λήψη φωτογραφιών και σε οθόνες υπολογιστή – τηλεόρασης. Επιπλέον τώρα πια οι λειτουργίες, όπως Photo Light (φλας), zoom ή multishot, είναι πολύ εξελιγμένες με ιδιαίτερα υψηλές imaging επιδόσεις. Μάλιστα, το ωραιότερο πράγμα των κινητών είναι ότι κάθε φωτογραφία που απαθανατίζει κάποιος, μπορεί πλέον, με το πάτημα ενός πλήκτρου να την αποστείλει στα αγαπημένα του πρόσωπα σαν ψηφιακή ανάμνηση, εμπλουτισμένη με κείμενο ή και ήχο, αρκεί το συνολικό μέγεθος του multimedia μηνύματος να μην

ξεπερνά τα KB που μπορεί να δεχτεί το κινητό του άλλου κατόχου (kiniti, 2005 & techteam, 2006).

Φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω πως υπάρχουν μερικές ρυθμίσεις της κάμερας που μπορεί να αλλάξει κανείς στο κινητό του τηλέφωνο, προκειμένου οι φωτογραφίες να βγαίνουν όπως τις θέλει κάθε φορά. Ανάλογα με το μοντέλο του τηλεφώνου που διαθέτει κάποιος μπορεί να προβεί σε ορισμένες ενέργειες. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιήσει το φως φωτογράφισης της κάμερας ή το φλας για να μπορέσει να βγάλει φωτογραφίες στο σκοτάδι, καθώς και να κάνει κάποια επιλογή μεταξύ διάφορων περιβαλλόντων φωτογράφισης, όπως π.χ. ηλιοφάνεια, συννεφιά, εσωτερικός χώρος, έτσι ώστε οι φωτογραφίες του να έχουν καλύτερο φωτισμό. Το φλας εκπέμπει μια στιγμιαία αναλαμπή υψηλής φωτεινής έντασης, ακριβώς τη στιγμή που πρέπει, για να μπορούν όλοι να βγάλουν καθαρές φωτογραφίες σε εσωτερικούς χώρους ή σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Το άτομο που κρατάει ένα κινητό τηλέφωνο δεν θα πρέπει να έχει το δάχτυλό του κοντά στο φλας της κάμερας, καθώς τυχόν αντανάκλαση του φλας στο δάχτυλό του μπορεί να διαταράξει τη λειτουργία του αισθητήρα φωτός, με αποτέλεσμα η ληφθείσα φωτογραφία να παρουσιάσει υποέκθεση (myphone, 2005).

Κάποιος που είναι κάτοχος ενός σύγχρονου κινητού τηλεφώνου, πέρα από τις φωτογραφίες που μπορεί να τραβήξει με αυτό, μπορεί να καταγράψει και βίντεο. Ως ειδικά χαρακτηριστικά βιντεοκάμερας ορίζουμε τα χαρακτηριστικά του κινητού τηλεφώνου, τα οποία έχουν άμεση σχέση με τη δυνατότητα λήψης βίντεο. Έτσι σε αυτόν τον τομέα αξιολογούμε τη μέγιστη ανάλυση του βίντεο την οποία μπορεί να καταγράψει το κινητό αλλά και το αν υποστηρίζει ή όχι άλλες αναλύσεις βίντεο (για την περίπτωση για παράδειγμα που θέλει κάποιος να στείλει το αρχείο σε κάποιον άλλον). Είναι σημαντικό, ανεξάρτητα από το μέγεθος της μνήμης που διαθέτει το κινητό τηλέφωνο ενός προσώπου να προσφέρει και τη δυνατότητα καταγραφής βίντεο για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα κινητά τηλέφωνα τα οποία επιλέγουν τώρα πια οι άνθρωποι επιτρέπουν την καταγραφή βίντεο, που καταλαμβάνουν όλη τη διαθέσιμη μνήμη. Φαίνεται μάλιστα πως επιλέγουν κινητό που δέχεται και έξτρα κάρτα μνήμης, που είναι ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς επιτρέπει την καταγραφή βίντεο αρκετών λεπτών. Εξίσου σημαντικός με τη μέγιστη ανάλυση βίντεο είναι και ο αριθμός των FPS που είναι σε θέση να καταγράψει το κινητό λειτουργώντας ως βιντεοκάμερα. Το FPS ορίζει τον αριθμό των Frames ανά δευτερόλεπτο που καταγράφονται (techteam, 2006 & myphone, 2005).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η καταγραφή μπορεί να επιτευχθεί με μεγάλη ταχύτητα και η προβολή του βίντεο μπορεί να έχει συνεχή ροή. Υπάρχουν κινητά τηλέφωνα που μπορούν επάξια να αντικαταστήσουν τη βιντεοκάμερα, καθώς προσφέρουν ποιότητα εγγραφής αρχείων video αλλά και γιατί έχουν μεγάλη ευκρίνεια, που προσφέρει ποιότητα εγγραφής αρχείων video εφάμιλλη του DVD. Όταν αναφέρεται κάποιος στις επιδόσεις της βιντεοκάμερας ενός κινητού αναφέρεται στο εύρος της χρωματικής παλέτας που είναι σε θέση να καταγράψει ο αισθητήρας της βιντεοκάμερας. Ενσωματώνοντας δυνατότητα καταγραφής βίντεο αλλά και λειτουργίες όπως η ψηφιακή σταθεροποίηση της εικόνας, οι εμπειρίες βιντεοσκόπησης που προσφέρει τώρα πια ένα κινητό μοιάζουν κατά πολύ, με εκείνες πολλών βιντεοκαμερών της αγοράς (myphone, 2005).

3.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα κάνουμε λόγο για τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνης των κινητών τηλεφώνων. Έτσι λοιπόν θα ξεκινήσουμε λέγοντας πως τα τεχνικά χαρακτηριστικά της είναι το μέγεθος, η ανάλυση αλλά και αριθμός χρωμάτων που υποστηρίζει. Η οθόνη των περισσότερων κινητών τηλεφώνων έχει ικανοποιητικές διαστάσεις με αποτέλεσμα να υπάρχει ιδανική προβολή των φωτογραφιών και των βίντεο που περιέχουν κάθε φορά. Η οθόνη επιτρέπει στα άτομα να οργανώνουν τις προσωπικές τους επαφές, να προγραμματίζουν τις υποχρεώσεις τους, να έρθουν σε επαφή με τους φίλους και τα μέλη της οικογένειάς τους, αλλά και να αποθηκεύουν τις σημειώσεις τους. Κάποια κινητά τηλέφωνα διαθέτουν οθόνη τύπου καθρέφτη, καθώς και εντυπωσιακό σχεδιασμό και κομψή εμφάνιση. Αξίζει να σημειωθεί πως η οθόνη ορισμένων κινητών τηλεφώνων είναι εντυπωσιακή, καθώς καταλαμβάνει αρκετά μεγάλο τμήμα της εμπρόσθιας επιφάνειας. Γίνεται όμως ακόμη πιο εντυπωσιακή σε περιπτώσεις που η διαγώνιός της είναι 2,2 ίντσες και όταν μπορεί να παρουσιάσει 262.144 χρώματα σε ανάλυση 240 x 320 pixels (safeinternet, 2007· gsmforum, 2007· germanos, χ.χ & pramnos, 2005).

Σπουδαίο είναι το γεγονός ότι ορισμένα κινητά διαθέτουν στην εμπρόσθια επιφάνειά τους δύο διαφορετικές οθόνες από τις οποίες, η πρώτη είναι αρκετά μεγάλη ώστε να παρουσιάζεται σε αυτή το γραφικό περιβάλλον εργασίας του τηλεφώνου και

η δεύτερη είναι μικρότερη και έχει τοποθετηθεί λίγο πιο κάτω από την πρώτη. Ο διαχωρισμός τους δεν έχει γίνει τυχαία στα κινητά που διαθέτουν τις δύο αυτές οθόνες, καθώς η δεύτερη οθόνη είναι «ευαίσθητη» στην αφή και αντικαθιστά ουσιαστικά το πολυπλήκτρο (germanos, χ.χ & pramnos, 2005).

Συμπεραίνουμε λοιπόν από τα όσα έχουμε αναφέρει πως τώρα πια τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα έχουν μια έγχρωμη οθόνη τεχνολογίας, η οποία έχει τη δυνατότητα απεικόνισης πολλών χιλιάδων χρωμάτων σε επιφάνεια που αγγίζει πολλά pixels και η οποία «υπόσχεται» να μεταφέρει τα άτομα που έχουν σύγχρονα κινητά, εύκολα και με μεγάλη ευκρίνεια στο μενού. Είναι σαφώς ανώτερης ποιότητας και μικρότερων διαστάσεων τα κινητά αυτά και μας εκπλήσσουν συνεχώς με τις επιδόσεις τους. Αξιοσημείωτοι είναι το γεγονός ότι διαθέτουν δυνατότητα ρύθμισης του contrast, ενώ μπορούν και απεικονίζουν με εντυπωσιακή ευκολία, πλήθος animations, wallpapers, αλλά και κείμενο, χωρίς να προξενεί παράπονα ούτε μια στιγμή. Η σύγχρονη οθόνη που έχουν τα κινητά, προσφέρει μια επιπλέον μέρα αυτονομίας, καθώς οι ενεργειακές της απαιτήσεις έχουν μειωθεί στο ελάχιστο. Σε γενικές γραμμές, η οθόνη των νέων συσκευών μας ικανοποιεί σε συνθήκες καθημερινής χρήσης, αφού είναι πάντα ευδιάκριτη και λεπτομερής στις απεικονίσεις της, ακόμη και σε εξωτερικούς χώρους, κάτω από ήλιο κ.λ.π (germanos, χ.χ: pramnos, 2005 & servitoros, 2003, 2007).

Αξίζει να τονίσουμε πως η επίδοση που έχει μια οθόνη είναι μια σημαντική παράμετρος του κινητού. Πιο αναλυτικά στις επιδόσεις οθόνης πρέπει να μετρηθεί καταρχήν η χρωματική απόδοση της, αλλά και να αξιολογηθεί η χρωματική απόδοση κάθε οθόνης χρησιμοποιώντας διάφορες διαβαθμίσεις γνωστών χρωμάτων μετρώντας την απόκλιση τους όταν αυτά εμφανίζονται στην οθόνη του κινητού. Όσον αφορά την ευκρίνεια που έχει η οθόνη του κινητού τηλεφώνου πρέπει να αναφέρουμε πως όσο καλύτερη είναι η ευκρίνειά της τόσο καλύτερη είναι η ανάδειξη λεπτομερειών όταν για παράδειγμα, παρακολουθεί το άτομο κάποιο βίντεο το οποίο έχει τραβήξει (germanos, χ.χ).

Ωστόσο πολλά σύγχρονα μοντέλα διαθέτουν οθόνη αφής, η οποία δίνει τη δυνατότητα στους αγοραστές να έχουν άμεση πρόσβαση με τα δάχτυλα των χεριών τους στις σημειώσεις, τις φωτογραφίες και τα αγαπημένα τους web sites. Το σίγουρο είναι πως η οθόνη αφής επιτρέπει την ευκολότερη πρόσβαση σε πάρα πολλές ακόμη λειτουργίες, όπως την πλοήγηση στο web, αλλά και την περιήγηση στα menu του. Είναι γεγονός πως χάρη στην οθόνη αφής, η διαχείριση των μηνυμάτων γίνεται με

«ευρηματικό» τρόπο. Τα νέα κινητά τηλέφωνα μπορούν να «υπερηφανεύονται» για την υψηλής ποιότητας έγχρωμη οθόνη που διαθέτουν, διότι εξαιτίας αυτής ζωντανεύουν οι εικόνες (germanos, χ.χ & pramnos, 2005).

3.4 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΜΕ MP3 PLAYER

Στο παρόν σημείο αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχουν πολλά άτομα που όταν ασχολούνται με κάτι, επιθυμούν να ακούν την αγαπημένη μουσική, ώστε να περνάει η ώρα τους πιο ευχάριστα. Η σύγχρονη συσκευή που δίνει στον καθένα τη δυνατότητα να ακούει οπουδήποτε και οποτεδήποτε μουσική είναι το κινητό τηλέφωνο, το οποίο μπορεί να αναπαράγει μουσικά αρχεία MP3.

Είναι γεγονός πως υπάρχουν κινητά τηλέφωνα που διαθέτουν χαμηλή ποιότητα αναπαραγωγής, καθώς και χαμηλές χωρητικότητες, αλλά και κινητά τηλέφωνα που διαθέτουν μεγάλη χωρητικότητα, με αποτέλεσμα να επιτρέπεται η αποθήκευση πολλών χιλιάδων τραγουδιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ποιότητα αναπαραγωγής ήχου από το MP3 του κινητού τηλεφώνου, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού (του κινητού) και πως ο χρόνος μεταφοράς των αρχείων διαφέρει από συσκευή σε συσκευή (servitoros, 2007 & germanos, χ.χ).

Φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω ότι τα κινητά τηλέφωνα είναι συσκευές με σαφή προσανατολισμό προς το κοινό που επιθυμεί και έναν φορητό MP3 player, δημιουργώντας μια νέα κατηγορία πολυσυσκευών, οι οποίες είναι ικανές να καλύψουν πολλαπλές ανάγκες χρηστών και μάλιστα, όπως δείχνουν και τα νέα μοντέλα της αγοράς, με αξιώσεις. Χάρη σε αυτήν τη δυνατότητα που έχει το τηλέφωνο, μπορεί ένα άτομο να το χρησιμοποιήσει για να ακούσει μουσική ή ακόμη και ηχητικά βιβλία. Του παρέχεται η δυνατότητα να κάνει μεταφορά μουσικής στο τηλέφωνό του χρησιμοποιώντας καλώδιο USB, Υπέρυθρες ή Bluetooth. Εκτός όμως από αυτά που μόλις αναφέραμε, δίνεται η δυνατότητα να κάνει κάποιος αναζήτηση μουσικής με βάση τον τίτλο του κομματιού, τον καλλιτέχνη ή τραγούδια που περιέχονται σε playlists. Επιπλέον μπορεί κανείς να δει πληροφορίες σχετικά με το τρέχον αρχείο μουσικής, να αλλάξει τις ρυθμίσεις πρίμων και μπάσων, να αλλάξει τη σειρά αναπαραγωγής των μουσικών κομματιών ή να στείλει ένα μουσικό κομμάτι σε ένα φίλο. Μάλιστα, αν ελαχιστοποιηθεί το Music player και επιστρέψει στην κατάσταση αναμονής, το άτομο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει άλλες

λειτουργίες του τηλεφώνου του, ενώ ταυτόχρονα ακούει μουσική. Υπάρχουν λοιπόν πολλές ολοκληρωμένες συσκευές αναπαραγωγής μουσικής που επιτρέπουν στους χρήστες να ακούν τα αγαπημένα τους τραγούδια, χωρίς κανένα πρόβλημα, δεδομένου ότι η πρόσβαση και διαχείριση της αναπαραγωγής μουσικής, είναι σχετικά εύκολη. Επιπλέον βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κινητών τηλεφώνων διαθέτει πλέον MP3 player με καταπληκτική λειτουργικότητα, καθώς μπορεί να υποστηριχθεί ένα μεγάλο εύρος αρχείων και να αποθηκευτούν tunes, τα οποία έχει κατεβάσει ένας χρήστης από το internet, προσαρμόζοντάς τα σε ring tones (germanos, χ.χ & techteam, χ.χ).

Τέλος, οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας διαθέτουν menu λειτουργιών ειδικά προσαρμοσμένο για μουσική και FM ραδιόφωνο. Αυτός ο ενσωματωμένος πομπός FM είναι ένα πολύ εντυπωσιακό χαρακτηριστικό των κινητών, που επιτρέπει την εκπομπή στερεοφωνικού ήχου σε κοντινή ακτίνα. Η λήψη του μπορεί να γίνει φυσικά από οποιονδήποτε ραδιοφωνικό δέκτη είτε πρόκειται για το ηχοσύστημα του αυτοκινήτου είτε για κάποιο οικιακό Hi-Fi είτε για κάποιο άλλο κινητό Walkman. Ακόμη κάποια κινητά διαθέτουν και δέκτη FM για την ακρόαση των «επίσημων» ραδιοφωνικών εκπομπών (techteam, χ.χ).

3.5 ΤΟ BLUETOOTH ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Ένα χαρακτηριστικό που διαθέτουν στις μέρες μας τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα είναι το Bluetooth, το οποίο επιτρέπει την οριστική κατάργηση όλων των καλωδίων, που μέχρι τώρα ήταν απαραίτητα για την «διασύνδεση» κινητών τηλεφώνων και άλλων ψηφιακών συσκευών. Τώρα πια οι περισσότερες mid-range και high-end συσκευές της αγοράς υποστηρίζουν το «Μπλε Δόντι». Σταδιακά, οι κατασκευαστές ενσωματώνουν το Bluetooth και σε συσκευές χαμηλότερου κόστους, αφού η ύπαρξή του τείνει πλέον να θεωρηθεί ως απαραίτητο χαρακτηριστικό κάθε κινητού. Πρέπει να σημειώσουμε στο παρόν σημείο πως αναφερόμαστε και σε εκείνο το Bluetooth που δεν εμπεριέχεται στο κινητό τηλέφωνο. Πρόκειται για μια ξεχωριστή συσκευή, που ωστόσο συνδέεται ασύρματα με το κινητό, η οποία τοποθετείται στο αφτί του ατόμου και του δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνεί (connecting, χ.χ).

Αξιοσημείωτο είναι το ότι το Bluetooth επιτρέπει σε όλους να συνδέσουν το κινητό τους τηλέφωνο με τον υπολογιστή, να μεταφέρουν δεδομένα, όπως εικόνες, επαφές και σημειώσεις από κινητό σε κινητό, να συνδεθούν στο Internet, να συγχρονίσουν τις επαφές τους και να ανταλλάξουν γενικότερα πληροφορίες. Οι προδιαγραφές του Bluetooth καθορίζουν την «ασύρματη» τεχνολογία χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος, που εξαλείφει τα καλώδια μεταξύ των κινητών συσκευών και επιτρέπει τη διασύνδεσή τους. Ακόμη το Bluetooth λειτουργεί στο «αδέσμευτο» φάσμα συχνοτήτων των 2,45 GHz, ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι παρεμβολές απ παρεμφερείς συσκευές, το Bluetooth εκμεταλλεύεται τη full-duplex επικοινωνία, καθώς και την αναπήδηση συχνότητας - frequency hopping - (έως και 1600 hops ανά δευτερόλεπτο). Τα κινητά τηλέφωνα που ενσωματώνουν την τεχνολογία του «Μπλε Δοντιού» (Bluetooth), υποστηρίζεται πως θα απελευθερώσουν ολοκληρωτικά την ασύρματη επικοινωνία όλων των ανθρώπων. Αν θέλει να μιλήσει κανείς «με τα χέρια ελεύθερα» δεν έχει παρά να συνδέσει «ασύρματα» στο κινητό του ένα Bluetooth Head-Set ή Hands-Free. Έτσι θα μπορεί να απομακρυνθεί έως και 10 μέτρα από το κινητό του, χωρίς να διακοπουν οι τηλεφωνικές του συνδιαλέξεις, αλλά προπάντων, χωρίς να υπάρχει η σύγχυση που προκαλούν τα καλώδια (in2life, χ.χ & germanos, χ.χ).

Είναι γεγονός πως κάθε Bluetooth συσκευή εκπέμπει κατά απαίτηση το όνομά της, την κλάση της, τη λίστα των υπηρεσιών που υποστηρίζει και διάφορες τεχνικές πληροφορίες. Κάθε συσκευή διαθέτει μια μοναδική 48-bit διεύθυνση, η οποία όμως δεν αποκαλύπτεται σε περίπτωση αναζήτησης. Αντίθετα, εμφανίζεται το όνομά της, το οποίο μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη της. Οι περισσότερες Bluetooth συσκευές εμφανίζουν ένα «φιλικό» όνομα, το οποίο είναι εύκολα αναγνωρίσιμο. Εφόσον μια συσκευή «εντοπίσει» - μετά από αίτημα του χρήστη - στην εμβέλειά της οποιαδήποτε άλλη συμβατή συσκευή, τότε είναι εφικτή η σύνδεσή τους. Ωστόσο, για τη μεταφορά δεδομένων και τη χρήση οποιασδήποτε άλλης υπηρεσίας, απαιτείται συνήθως το «ζευγάρι» των δύο συσκευών. Τα «ζευγάρια» συσκευών μπορούν να πραγματοποιήσουν μια ασφαλή σύνδεση, εφόσον προηγηθεί η εισαγωγή από τον χρήστη ενός κοινού κωδικού πρόσβασης. Τυπικά, πριν από την μεταφορά δεδομένων οι περισσότερες συσκευές προϋποθέτουν την εισαγωγή του κωδικού πρόσβασης και αφού αυτός εισαχθεί και στις δύο συσκευές, τότε το «ζευγάρι» είναι επιτυχές και

όλες οι μελλοντικές συνδέσεις τους πραγματοποιούνται αυτόματα. Η αξία του Bluetooth είναι μεγάλη, διότι οι συσκευές που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία αυτή δεν πρέπει απαραίτητα να έχουν τοποθετηθεί σε κοντινή απόσταση, (αρκεί να βρίσκονται στον ίδιο χώρο και η μεταξύ τους απόσταση να μην υπερβαίνει τα 10 μέτρα), αλλά και γιατί ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων φθάνει έως και το 1 Mbit ανά δευτερόλεπτο (safeinternet, 2007 & germanos,χ.χ).

Διαπιστώνουμε λοιπόν από τα παραπάνω πως το Bluetooth είναι ένας τύπος ασύρματης επικοινωνίας, σχεδιασμένος για αποστολή δεδομένων, φωνής ή ήχου μεταξύ κινητών τηλεφώνων, υπολογιστών και άλλων συσκευών και πως για να μπορέσει κάποιος να κάνει μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών, θα πρέπει προηγουμένως να τις αντιστοιχίσει μεταξύ τους. Για την αντιστοίχιση απαιτείται συνήθως ένας κωδικός πρόσβασης, του οποίου η προεπιλεγμένη ρύθμιση είναι "0000". Αξίζει να τονιστεί πως όταν το Bluetooth είναι ενεργοποιημένο, το τηλέφωνο καταναλώνει περισσότερη ενέργεια μπαταρίας και για αυτόν το λόγο θα πρέπει να απενεργοποιεί ο κάτοχος ενός κινητού το Bluetooth, όταν παύει να το χρησιμοποιεί, προκειμένου να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι γεγονός πως η δυνατότητα σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου με υπολογιστή ή άλλα κινητά τηλέφωνα και η αλληλεπίδραση του μαζί τους είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς επιτρέπει σε κάποιον να γλιτώσει σημαντικό χρόνο από τη μεταφορά για παράδειγμα, ενός αρχείου βίντεο που έχει καταγράψει μέχρι και τη μεταφορά των επαφών του από το παλιό κινητό τηλέφωνο στο νέο. Αξίζει να επισημάνουμε λοιπόν πως η τεχνολογία Bluetooth δε λύνει απλώς τα χέρια των χρηστών - κάνει τις συσκευές τους να «μιλούν» μεταξύ τους χωρίς ενοχλητικά καλώδια, σε απόσταση έως και 10 μέτρων. Το κυριότερο βέβαια είναι ότι όλες σχεδόν οι ασύρματες συσκευές κινητής τηλεφωνίας που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να είναι συμβατές όχι μόνο με κινητά της ίδιας εταιρίας αλλά και με Bluetooth συσκευές άλλων εταιριών κινητής τηλεφωνίας (kiniti, 2005& techfaq, χ.χ).

Στο παρόν σημείο αξίζει να αναφερθούμε με σύντομο τρόπο στο βάρος των κινητών τηλεφώνων, στην ευχρηστία τους, καθώς και στην αυτονομία της ομιλίας που αποτελούν και αυτά τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών αυτών. Αν και σε γενικές γραμμές οι διαστάσεις και το βάρος των κινητών τηλεφώνων της αγοράς έχουν μειωθεί σημαντικά σε σχέση με τα παλαιότερα μοντέλα, αποτελούν όπως είναι λογικό ένα σημαντικό παράγοντα επιλογής. Αρκετά κινητά έχουν διαστάσεις λίγων χιλιοστών και κατά συνέπεια δεν δυσκολεύουν τους χρήστες να τα μεταφέρουν

ακόμη και στο εσωτερικό κάποιας τσέπης. Πρέπει να επισημανθεί πως τα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα αξιολογούνται σε δύο βασικούς τομείς που αφορούν στην ευχρηστία των πλήκτρων αλλά και στην ευχρηστία του μενού που ενσωματώνουν. Τέλος, για μπορέσει κάποιος να μετρήσει την αυτονομία ομιλίας του κινητού τηλεφώνου πρέπει να φορτίσει πλήρως την μπαταρία του, σύμφωνα με το manual του κατασκευαστή και αμέσως μετά οφείλει να προχωρήσει στην πραγματοποίηση κλήσης, η οποία θα πρέπει να μείνει ανοικτή μέχρι το τηλέφωνο να κλείσει από μπαταρία (germanos, χ.χ & techfaq, χ.χ).

Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο αυτό καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα κινητά τηλέφωνα έχουν γίνει οι συσκευές χωρίς τις οποίες δεν μπορούμε να κάνουμε ούτε ένα βήμα. Οι Έλληνες καταναλωτές δείχνουν ιδιαίτερη προτίμηση στα κινητά τηλέφωνα προηγμένης τεχνολογίας, διότι αυτά το λειτουργούν ως «πολυμηχάνημα», που καλύπτει όχι μόνο την ανάγκη για προσωπική επικοινωνία αλλά και την ανάγκη για ενημέρωση και ψυχαγωγία. Επίσης διαπιστώνουμε ότι υπάρχει αυξητική τάση για κινητά τηλέφωνα που υποστηρίζουν την υπηρεσία αναπαραγωγής μουσικής (ραδιόφωνο και MP3) και πως αυτά τα κινητά τηλέφωνα ανταγωνίζονται τις αντίστοιχες «κλασικές» συσκευές. Είναι γεγονός λοιπόν πως το μεγαλύτερο ποσοστό των σύγχρονων κινητών τηλεφώνων διαθέτει Music Player, FM, είσοδο για επέκταση μνήμης μέσω καρτών microSD και δυνατότητα αναπαραγωγής όλων των γνωστών μουσικών αρχείων (MP3, WMA, AAC, AAC+). Το ενσωματωμένο MP3 music player μπορεί να προσφέρει αρκετά λεπτά αποθηκευμένης μουσικής εξίσου ποιοτικής με ένα CD. Η μουσική καθώς και άλλα δεδομένα μπορούν να κατεβούν χρησιμοποιώντας κινητές συσκευές, ενώ μετακινείται κάποιος ή από κάποιο PC μέσω υπέρυθρων, Bluetooth ή σύνδεσης USB. Επιπλέον χάρη στα νέα κινητά τηλέφωνα, οι χρήστες μπορούν να κινηθούν μεταξύ πλούσιων σε γραφικά κινητών υπηρεσιών. Άλλα χαρακτηριστικά των κινητών περιλαμβάνουν πολυφωνικούς ήχους κλήσης, υποστήριξη εφαρμογών Java και δυνατότητα πρόσβασης σε στοιχεία με ταχύτητα πολλών kilobits per second σε δίκτυα WCDMA. Αξίζει να σημειωθεί πως ιδιαίτερα δυναμική είναι η κατηγορία κινητών τηλεφώνων που διαθέτουν μεταξύ άλλων συστήματα πλοήγησης, καθώς και η κατηγορία smart phones με σύνδεση στο Internet για αποστολή και λήψη e-mail που καλύπτουν σύγχρονες επαγγελματικές ανάγκες (safeinternet, 2007).

Εξαιτίας της εξέλιξης της τεχνολογίας, οι ασύρματες αυτές συσκευές έχουν αναλάβει διαφορετικούς ρόλους από αυτούς για τους οποίους είχαν αρχικά

σχεδιαστεί και οι οποίοι δεν ήταν άλλοι από την παροχή υπηρεσιών επικοινωνίας. Έτσι αρχικά από τα απλά κινητά τηλέφωνα πήγαμε στα κινητά τηλέφωνα με δυνατότητες organizer. Αργότερα είχαμε την εμφάνιση κινητών τηλεφώνων τα οποία ενσωμάτωναν ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές σε μία εποχή μάλιστα όπου ακόμα και οι «καθαρές» ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ήταν σε πρώιμο στάδιο εξέλιξης. Η μείωση στο μέγεθος των μνημών έφερε την ενσωμάτωση μεγάλων χωρητικοτήτων στα κινητά τηλέφωνα χωρίς να απαιτηθεί η αύξηση των διαστάσεων τους. Στην πραγματικότητα αυτές μειώθηκαν σημαντικά με την παράλληλη ενσωμάτωση νέων λειτουργιών και χαρακτηριστικών. Έτσι μετά την προσθήκη της δυνατότητας αναπαραγωγής μουσικών αρχείων MP3 στα κινητά είχαμε και την αύξηση των δυνατοτήτων των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών με την καταγραφή και βίντεο σε υψηλές αναλύσεις. Στις μέρες μας δηλαδή, οι κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων δημιουργούν μοντέλα που απευθύνονται σε όλους ανεξαιρέτως και τα οποία είναι στιλάτα κινητά με ξεχωριστό design και πολύτιμα υλικά που κεντρίζουν το ενδιαφέρον των υποψήφιων αγοραστών στις προθήκες των καταστημάτων. Το αποτέλεσμα των κομψοτεχνημάτων τους οφείλεται στη συνδρομή γνωστών οίκων μόδας όπως οι Armani και Prada για την δημιουργία μοντέλων - αντικείμενων πόθου. Πρόκειται πλέον για πολύ λεπτά και κομψά μοντέλα με μοντέρνα σχεδίαση και προσανατολισμό τη μουσική. Επιπλέον παρατηρούμε πως τα κινητά τηλέφωνα που υπάρχουν στην αγορά προσφέρουν τόσο ζωντανές εμπειρίες, που φτάνουν επίπεδα παρόμοια με εκείνα που προσφέρει μια βιντεοκάμερα, ένα music player ακόμα και μια τηλεόραση. Ο χρήστης τους μπορεί να είναι συνεχώς συνδεδεμένος στο Internet, να παρακολουθεί τηλεόραση χωρίς να περιορίζεται στο σαλόνι του σπιτιού του, να τραβάει υψηλής ποιότητας βίντεο χωρίς να χρειάζεται μία ξεχωριστή κάμερα. Επίσης, όλο και πιο συχνά δημιουργούνται προκλητικές συσκευές από ανθρώπους, που λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες των καταναλωτών. Έχει φανεί πως σκοπός τους είναι να κατασκευάζουν από εδώ και πέρα πραγματικά μικρά κινητά, με μεγάλες ωστόσο multimedia δυνατότητες. Τα αποτελέσματά τους δεν άργησαν να φανούν σε ποικίλες συσκευές, που έκαναν να ξεχωρίσουν από την πρώτη κιόλας στιγμή που έκαναν την εμφάνισή τους στην αγορά. Τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα έχουν απίστευτο σχεδιασμό, έχουν φτιαχτεί από υλικά υψηλής ποιότητας και με στιβαρή αίσθηση. Είναι αρκετά βελτιωμένα σε τομείς, όπως η φορητότητα, η ευχρηστία και η αυτονομία, με εντυπωσιακά αποτελέσματα. Πολλές συσκευές ακόμη έχουν ένα πολύχρωμο εξωτερικό κάλυμμα, το οποίο αναλαμβάνει να αναβοσβήνει ρυθμικά,

κάθε φορά που υπάρχουν ενδείξεις σε μια συσκευή κινητής τηλεφωνίας. Έτσι, στις εισερχόμενες κλήσεις, στις αναπάντητες και στα εισερχόμενα SMS και MMS αναβοσβήνει ένα φωτάκι που ειδοποιεί, το οποίο φυσικά μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση (Μπούκουρη, 1998 & kiniti, 2005).

Εδώ πρέπει να τονίσουμε πως, ειδικά τη νύχτα, το αποτέλεσμα των σύγχρονων κινητών είναι κάτι παραπάνω από εντυπωσιακό, καθώς αυτά διατηρούν την ψηφιακή κάμερα στο εξωτερικό τους και βγάζουν χάρη σε αυτήν πολύ καλές φωτογραφίες. Με την ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή τα κινητά τηλέφωνα επιτρέπουν τη λήψη φωτογραφιών στην οθόνη με πάρα πολλά χρώματα, καθώς επίσης και video με ήχο διάρκειας αρκετών λεπτών. Σε ένα δίκτυο WCDMA, είναι δυνατό να αποστείλει και να λάβει κανείς video clips και εικόνες ακόμα και κατά τη διάρκεια ενός τηλεφωνήματος. Ακόμα μπορεί κάποιος να απολαύσει υψηλής ποιότητας οπτικοακουστικό περιεχόμενο, όπως real-time μουσικά videos ή ειδήσεις καθώς μπορεί να τα φορτώσει από το κινητό internet (freegr, χ.χ: kiniti, 2005 & ekato, χ.χ).

Επίσης, δε λείπει πλέον από τα κινητά τηλέφωνα ένα εξωτερικό πλήκτρο, το οποίο αναλαμβάνει να ενεργοποιεί την ψηφιακή κάμερα με κάθε παρατεταμένη πίεσή του. Επιπροσθέτως, μόλις επιχειρήσει κάποιος να εξερευνήσει τα νέα κινητά δεν παύει να εντυπωσιάζεται, καθώς τον υποδέχεται ένα εντυπωσιακό, εύχρηστο και πολύ καλά τοποθετημένο πληκτρολόγιο, τα πλήκτρα του οποίου προεξέχουν από την επιφάνεια της συσκευής, λάμπουν μέσα σε έναν ελκυστικό φωτισμό, ενώ διατηρούν την άμεση απόκριση που μας έχουν συνηθίσει όλα τα πληκτρολόγια πολλών κινητών. Φυσικά, αυτό που κάνει τα νέα τηλέφωνα να είναι ξεχωριστά είναι το ότι η πίεσή των κουμπιών που οδηγούν προς τις τέσσερις κατευθύνσεις (αριστερά, δεξιά, πάνω, κάτω) ενεργοποιούν, αντίστοιχα λειτουργίες όπως : Εισερχόμενα SMS, Ημερολόγιο, Συντομεύσεις και Τηλεφωνικό Κατάλογο (freegr, χ.χ & kiniti, 2005).

Από τα όσα έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα λοιπόν, καταλαβαίνουμε πως τα περισσότερα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα έχουν υψηλή ευχρηστία, πλήθος λειτουργιών, συμβατότητα με εκατοντάδες εφαρμογές, αλλά και διαστάσεις που θεωρούνται άκρως ικανοποιητικές, αν όχι εντυπωσιακές, αν λάβουμε υπόψη μας τις προσφερόμενες λειτουργίες. Πολλές φορές μάλιστα αρκετά κινητά μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή των καταναλωτών, γεγονός που τους προσδίδει μεγαλύτερη αξία. Βέβαια υπάρχουν και κάποια κινητά, τα οποία απευθύνονται σε όσους θέλουν ένα «έξυπνο» κινητό τηλέφωνο, με ανοικτό λειτουργικό σύστημα, υποστήριξη μεγάλου αριθμού πρόσθετων εφαρμογών και

φυσικά με διαστάσεις που θα επιτρέπουν την εύκολη μεταφορά τους. Φαίνεται λοιπόν πως οι νέες συσκευές κινητής τηλεφωνίας καλύπτουν απόλυτα τις ανάγκες των χρηστών σε όλους τους τομείς, όπως για παράδειγμα στον τομέα της μουσικής, της φωτογραφίας και του video. Το κινητό τηλέφωνο είναι πλέον ένας μικρός υπολογιστής πολυμέσων που συνδυάζει μουσική, πλοήγηση και φωτογραφία με όλα τα πλεονεκτήματα της φορητότητας (ekato, χ.χ & kiniti, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ P.C.A ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

4.1 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΜΕ ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MINITAB)

Αρχικά σε αυτό το κεφάλαιο αξίζει να αναφέρουμε τι είναι το MINITAB, καθώς και ποια είναι η χρησιμότητά του. Έτσι λοιπόν σημειώνουμε ότι το MINITAB είναι ένα αρκετά δημοφιλές πρόγραμμα, το οποίο είναι εύκολο στη χρήση και το οποίο χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Έχει πολλές δυνατότητες που από άποψη υπολογιστικών μεθόδων είναι ικανοποιητικές. Το βασικότερο πλεονέκτημά του είναι οι ρουτίνες υπολογισμού, καθώς επίσης και τα γραφικά στον τομέα του Στατιστικού Ελέγχου της Παραγωγικής Διαδικασίας.

Είναι γεγονός πως για να γίνει δυνατή η πρακτική εφαρμογή της ΑΚΣ, απαιτείται η ύπαρξη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στο σημείο αυτό θα εφαρμόσουμε την ΑΚΣ στα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα του MINITAB, για το οποίο κάναμε λόγο παραπάνω. Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα του MINITAB και εισάγουμε τις μεταβλητές στο λογιστικό φύλλο του προγράμματος και ως συνέπεια κάθε μία μεταβλητή αντιπροσωπεύει μία στήλη με όνομα C1,C2,...,CX. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα **σχήμα 4.1**, όπου

C1-T, *δείγματα κινητών τηλεφώνων*: τα δείγματα αυτά των τηλεφώνων προήλθαν από τα **DTL TEST**, τα οποία έγιναν για χάρη του Γερμανού. Τα Test αυτά συγκρίνουν τα χαρακτηριστικά των κινητών τηλεφώνων και τα βαθμολογούν, ώστε να είναι σε θέση οι καταναλωτές να επιλέξουν εκείνο το τηλέφωνο, που θεωρούν ότι μπορεί να καλύψει τις ανάγκες και τις απαιτήσεις τους. Προκειμένου να δημιουργηθεί ο πίνακας δεδομένων **σχήμα 4.1** διαλέξαμε εκείνα τα DTL TEST, τα οποία συγκρίνουν τα κινητά, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φωτογραφικής μηχανής, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνης, τις επιδόσεις της οθόνης και τέλος,

τις επιδόσεις της φωτογραφικής μηχανής. Πιο αναλυτικά επιλέξαμε το **13^ο Test**, που έγινε στις **15 – 11 – 06** από όπου πήραμε τα εξής δείγματα κινητών : **Samsung NG 820i, Nokia 5500, Sony Ericsson K800, Nokia N73 και LG KG920**. Έπειτα επιλέξαμε το **15^ο Test**, που έγινε στις **06 – 02 – 07** από το οποίο πήραμε τα εξής κινητά : **Nokia N80 3G, Samsung D200, LG KG800 chocolate, Motorola V3X 3G και Sony Ericsson W700i**. Στη συνέχεια επιλέξαμε το **24^ο Test** που έγινε στις **17 – 12 - 07** από όπου πήραμε τα εξής κινητά : **Motorola Z8, Samsung G600, Sony Ericsson K800i, Nokia N95**. Τέλος, επιλέξαμε το **29^ο Test** το οποίο πραγματοποιήθηκε στις **15 – 09 – 08** από όπου πήραμε τα παρακάτω κινητά τηλέφωνα : **LG K750, Samsung G810, Motorola Z10, Samsung U900 και Sony Ericsson C902**. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήσαμε τον πίνακα δεδομένων **σχήμα 4.1** τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια, ώστε να γίνει η ομαδοποίηση των κινητών τηλεφώνων με βάση τα χαρακτηριστικά που έχουν.

C2, τεχνικά χαρακτηριστικά φωτογραφικής μηχανής : όπου αξιολογούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κινητών τηλεφώνων τα οποία έχουν σχέση με τη φωτογραφική μηχανή, όπως για παράδειγμα ανάλυση αισθητήρα, zoom.

C3, τεχνικά χαρακτηριστικά οθόνης : όπου αξιολογούνται τα κινητά τηλέφωνα με βάση τα χαρακτηριστικά της οθόνης τους, όπως για παράδειγμα το μέγεθος, η ανάλυση αλλά και ο αριθμός των χρωμάτων που υποστηρίζει.

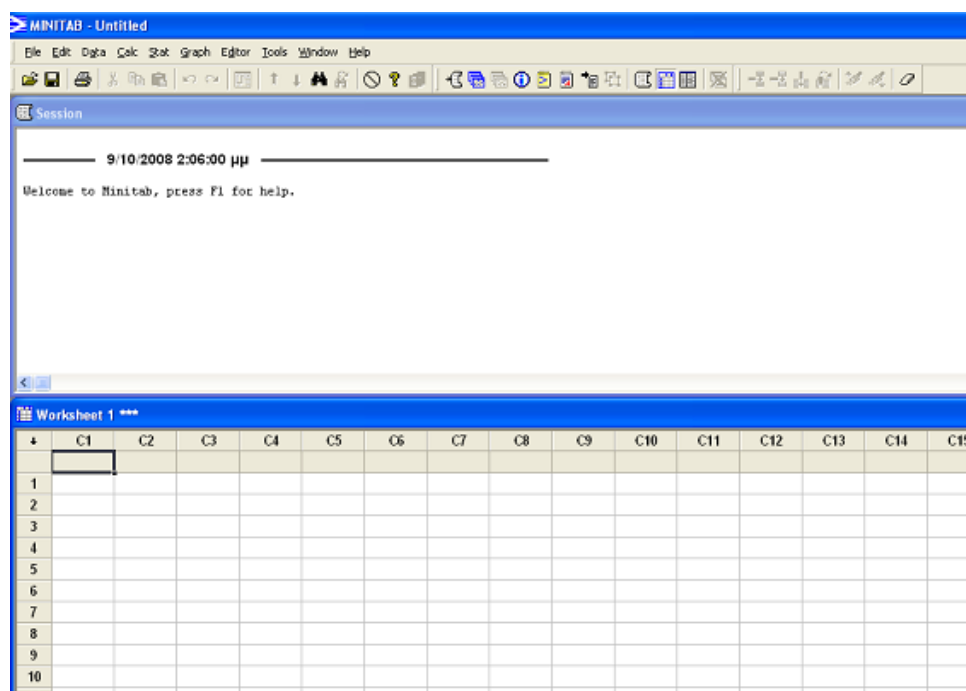
C4, επιδόσεις οθόνης : όπου αξιολογείται η ευκρίνεια της οθόνης. Το κατά πόσο δηλαδή, μπορεί να αποδώσει τις λεπτομέρειες του θέματος που φωτογραφίζεις.

C5, επιδόσεις φωτογραφικής μηχανής : όπου λαμβάνουμε υπόψη τη χρωματική απόδοση της φωτογραφικής μηχανής, ενώ οι φωτογραφίες που αυτή καταγράφει αξιολογούνται για την απόδοση των λεπτομερειών τους. Επίσης συμπεριλαμβάνεται και η μέτρηση της ευκρίνειας του βίντεο που είναι σε θέση να καταγράψει το κινητό τηλέφωνο (Μάρκος, 2006 & Γερμανός – DTL Test, χ.χ.).

↓	C1-T	C2	C3	C4	C5
	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ				
1	SAMSUNG X820i	7	6	6	7
2	NOKIA 5500	6	6	6	7
3	SONY ERICSSON K800 3G	8	7	7	9
4	NOKIA N73 3G	8	8	7	10
5	LG KG920	9	7	7	10
6	NOKIA N80 3G	10	10	7	9
7	SAMSUNG D900	7	8	7	9
8	LG KG 800	6	6	6	6
9	MOTOROLA V3x 3G	7	8	6	8
10	SONY ERICSSON W700i	7	6	7	7
11	MOTOROLA Z8	6	10	10	7
12	SAMSUNG G600	8	10	10	7
13	SONY ERICSSON K850i	7	6	10	8
14	NOKIA N95 8GB	10	10	10	10
15	LG K750 SECRET	9	8	8	10
16	SAMSUNG G810	9	8	8	10
17	MOTOROLA Z10	7	9	8	7
18	SAMSUNG U900	9	9	8	9
19	SONY ERICSSON C902	9	7	8	9

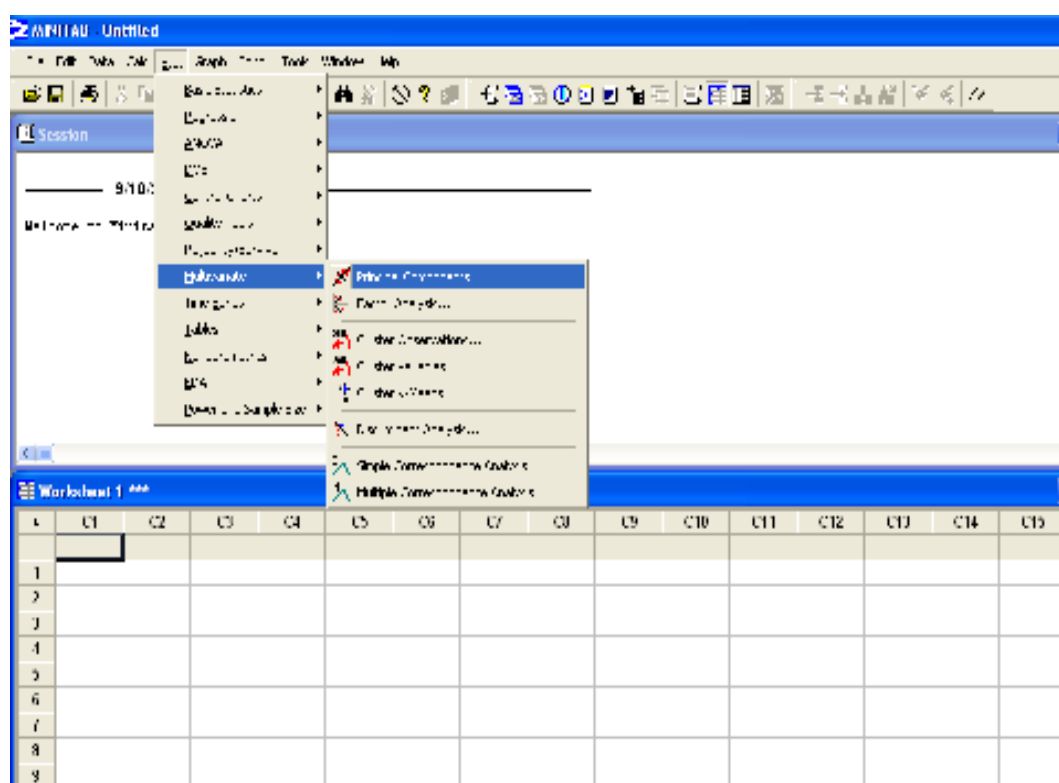
Σχήμα 4.1

Μόλις ανοίξουμε το πρόγραμμα MINITAB εμφανίζεται το περιβάλλον του προγράμματος αυτού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.2** :



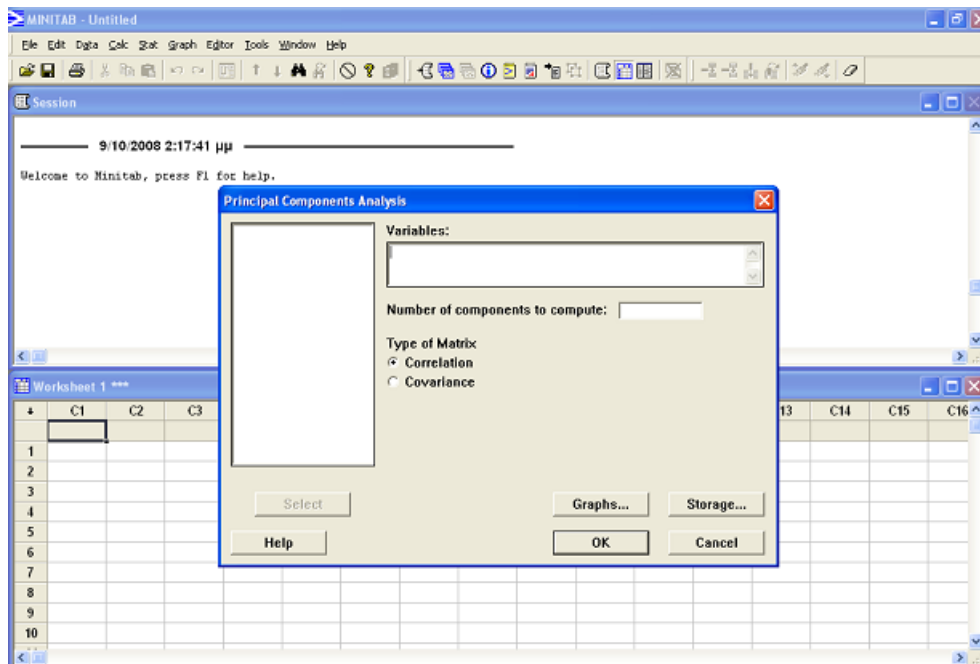
Σχήμα 4.2

Αφού παρουσιάσουμε τα δεδομένα του πίνακα, βαίνουμε προς τη γραμμή εργαλείων, όπου επιλέγουμε την εντολή **STAT**. Έπειτα επιλέγουμε την εντολή **multivariate** και από εκεί διαλέγουμε την εντολή **principal component analysis**, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση των δεδομένων μας σε κύριες συνιστώσες, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. **Σχήμα 4.3**



Σχήμα 4.3

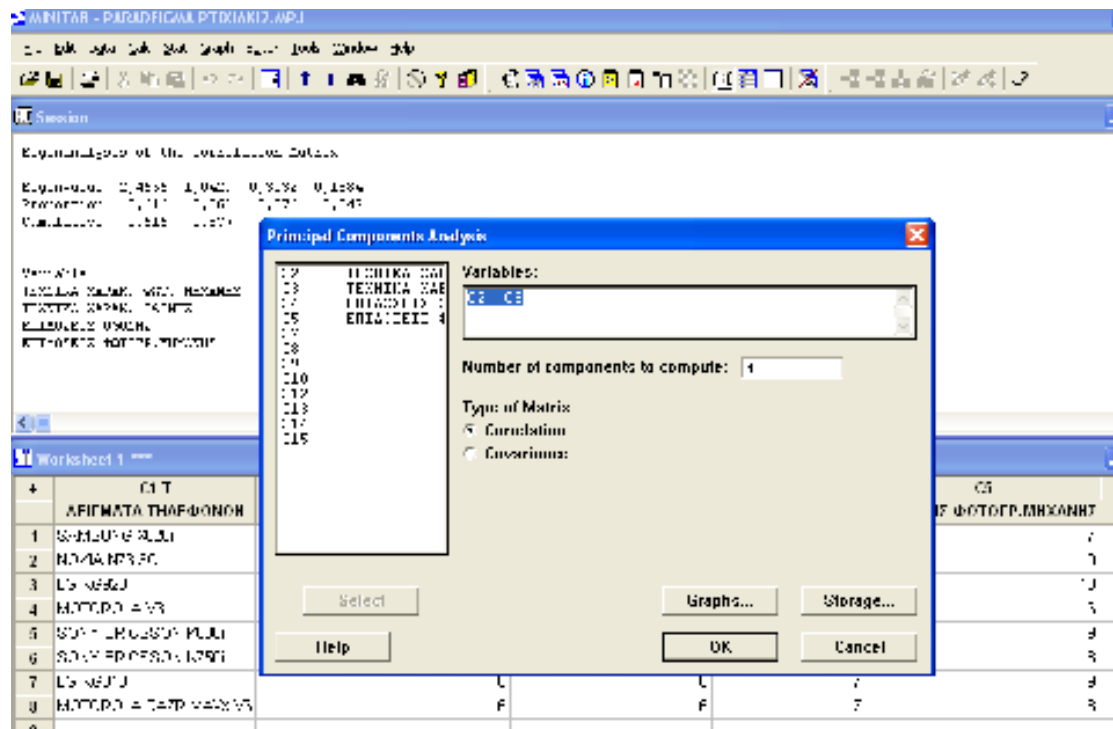
Στη συνέχεια, αφού έχουμε επιλέξει την εντολή **principal component analysis**, εμφανίζεται ένα παράθυρο, στο οποίο υπάρχουν κάποιες ρυθμίσεις τις οποίες πρέπει να πραγματοποιήσουμε, ώστε να είναι δυνατή η ανάλυση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **Σχήμα4.4**



Σχήμα 4.4

Στο κουτί που ονομάζεται **variables**, **σχήμα 4.5** παρουσιάζουμε τις στήλες μας που είναι οι εξής : C2 – C5. Αμέσως μετά υπάρχει η εντολή **number of components**, η οποία συνοδεύεται από έναν αριθμό, που υποδηλώνει τον αριθμό των κυρίων συνιστωσών, που έχουμε επιλέξει να εξάγουμε.

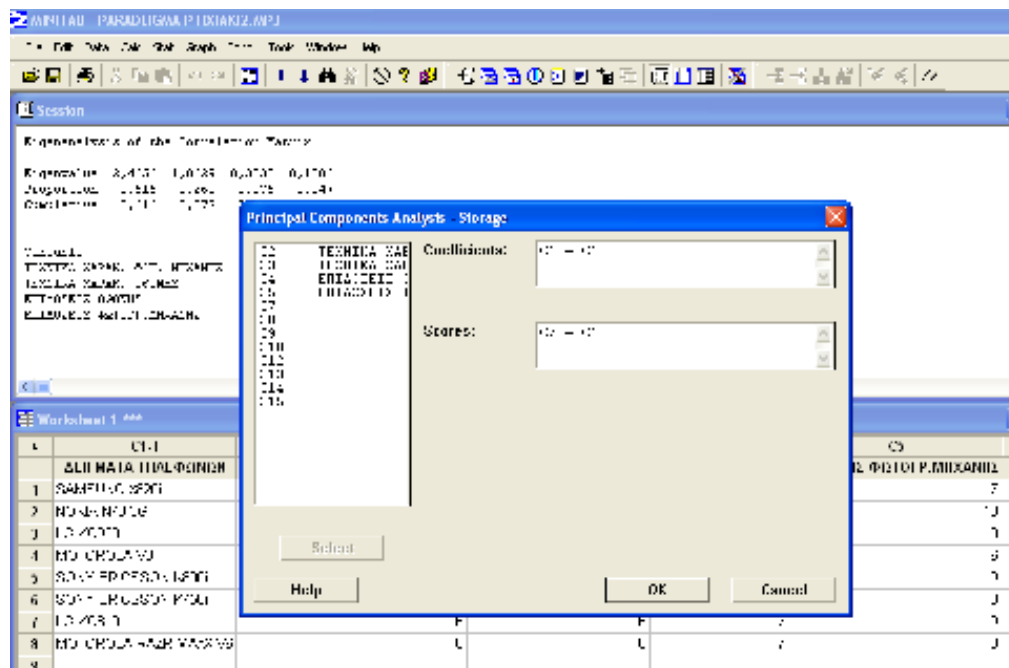
Πιο συγκεκριμένα, πατάμε **ncomponents (4)** **σχήμα 4.5**. Αυτό το παρουσιάζουμε με αυτόν τον τρόπο, διότι οι μεταβλητές μας είναι 4, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Για παράδειγμα, αν είχαμε 100 μεταβλητές θα ήταν σχετικά χρονοβόρο να ζητήσουμε από το πρόγραμμα να υπολογίσει και τις 100 κύριες συνιστώσες. Επίσης σε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων είναι γεγονός πως οι τελευταίες κύριες συνιστώσες που θα εξαχθούν θα έχουν μηδενική χαρακτηριστική ρίζα, οπότε δεν μας ενδιαφέρουν.



Σχήμα 4.5

Στο επόμενο στάδιο επιλέγουμε την εντολή **type of matrix correlation**, ώστε να φανεί ότι η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες εφαρμόστηκε σε τυποποιημένες μεταβλητές **σχήμα 4.5**. Στο ίδιο παράθυρο υπάρχει η επιλογή **storage**, με την οποία εμφανίζονται δυο κουτιά, το **coefficients** και το **scores**. Στο κουτί **coefficients** βάζουμε τις στήλες (C12 – C15), **σχήμα 4.6** στις οποίες θα αποθηκευτούν οι συντελεστές της γραμμικής εξίσωσης που εκφράζει την κάθε κύρια συνιστώσα, δηλαδή τα χαρακτηριστικά ανύσματα. Τα αποτελέσματα αυτών θα εμφανίζονται στο λογιστικό φύλλο, στις στήλες C12 – C15. Ο αριθμός των στηλών πρέπει να ισούται με τον αριθμό των κυρίων συνιστωσών που θα εξαχθούν, κάτι το οποίο έχει δηλωθεί με την προηγούμενη εντολή.

Οι τιμές των κυρίων συνιστωσών (principal component scores) υπολογίζονται με την εντολή **scores** συνοδευόμενη από τις στήλες στις οποίες θέλουμε να τοποθετήσουμε τις τιμές. Ο αριθμός των στηλών εννοείται ότι θα πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των εξαχθέντων κυρίων συνιστωσών. Για να επιτευχθεί αυτό επιλέγουμε τις στήλες C7 – C10 και έτσι οι τιμές των κυρίων συνιστωσών θα αποθηκευτούν στις στήλες C7 – C10 του λογιστικού φύλλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.6** και **σχήμα 4.8** (Μάρκος, 2006).



Σχήμα 4.6

Αφού λοιπόν εκτελέσουμε όλες τις παραπάνω εντολές, παρουσιάζονται στην έξοδο, τα παρακάτω αποτελέσματα **σχήμα 4.7**:

Principal Component Analysis: C2; C3; C4; C5

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	2,2316	1,1594	0,4339	0,1751
Proportion	0,558	0,290	0,108	0,044
Cumulative	0,558	0,848	0,956	1,000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
C2	-0,587	0,344	0,030	-0,732
C3	-0,488	-0,453	0,717	0,208
C4	-0,386	-0,642	-0,662	-0,020
C5	-0,518	0,514	-0,216	0,648

Σχήμα 4.7

<i>ΚΣ1</i>	<i>ΚΣ2</i>	<i>ΚΣ3</i>	<i>ΚΣ4</i>
1,96585	0,57215	0,10925	-0,418667
2,41642	0,30781	0,08613	0,143682
0,14525	0,84794	-0,18027	0,109224
-0,56637	0,92946	0,13605	0,730712
-0,69151	1,49547	-0,31837	0,029799
-1,73216	0,47156	1,29858	-0,599781
0,27039	0,28192	0,27415	0,810137
2,80261	-0,07539	0,24734	-0,339242
0,92881	0,35199	0,90311	0,341386
1,69362	0,11888	-0,35850	-0,432840
0,02583	-2,71198	0,12531	0,641250
-0,87531	-2,18331	0,17154	-0,483448
0,49076	-0,85772	-1,92295	0,007567
-2,93503	-0,50504	-0,26587	-0,159375
-1,28916	0,74052	-0,30858	0,154191
-1,28916	0,74052	-0,30858	0,154191
0,44513	-1,23943	0,60637	-0,031319
-1,22839	0,05564	0,33018	-0,190169
-0,57755	0,65900	-0,62490	-0,467298

Σχήμα 4.8

Η πρώτη πληροφορία που παρουσιάζει το MINITAB στο παράθυρο εξόδου **σχήμα 4.7** είναι το είδος της ανάλυσης που εκτελείται (Principal Component Analysis). Η δεύτερη σειρά της εξόδου πληροφορεί ότι η ανάλυση των κύριων συνιστωσών εφαρμόστηκε σε τυποποιημένες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών ριζών και ανυσμάτων έγινε στον πίνακα συσχέτισης. Οι επόμενες τρεις σειρές προβάλλουν τις χαρακτηριστικές ρίζες (**Eigenvalue**), την αναλογία της διακύμανσης που εκφράζει η κάθε κύρια συνιστώσα (**Proportion**) και τη συσσωρευτική αναλογία (**Cumulative**) αυτών **σχήμα 4.7**.

Έτσι, η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1 ή ΚΣ1) έχει χαρακτηριστική ρίζα (διακύμανση) ίση με 2,2316 και χαρακτηριστικό άνυσμα το,

$$\begin{bmatrix} -0,587 \\ -0,488 \\ -0,386 \\ -0,518 \end{bmatrix}$$

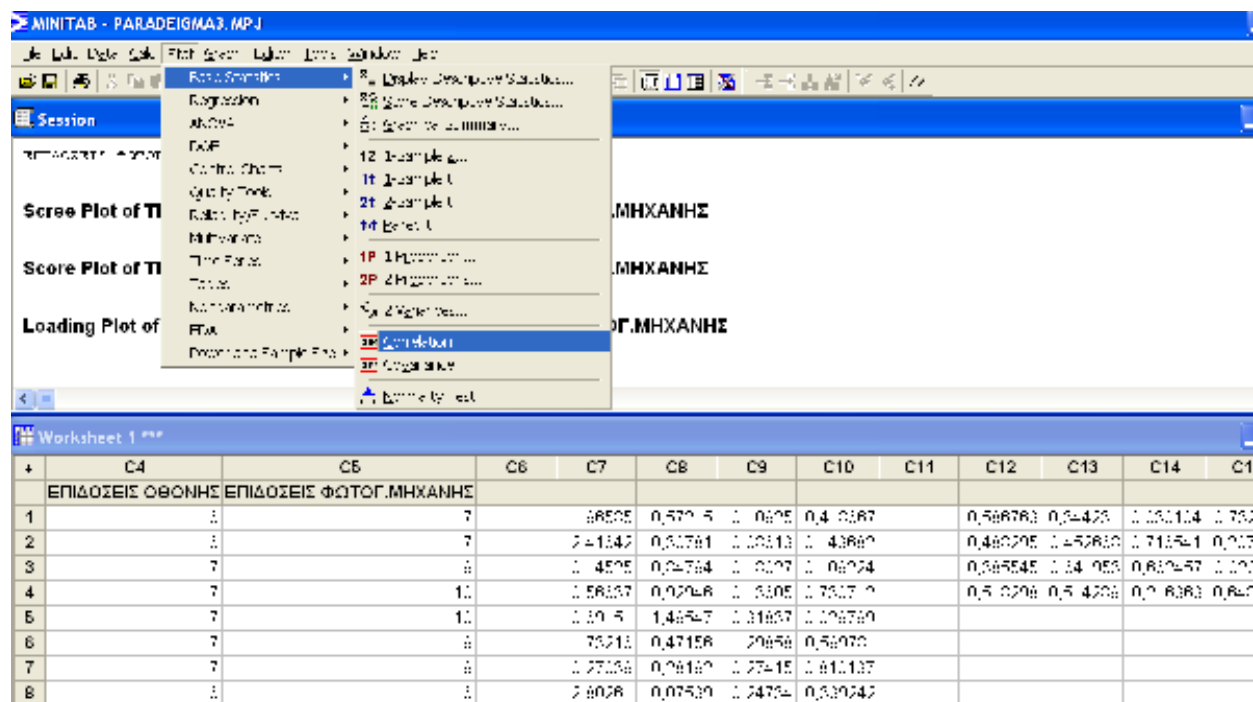
οπότε οι τιμές της πρώτης κύριας συνιστώσας υπολογίζονται από την εξίσωση,

$$Z_1 = -0,587 X C_2 - 0,488 X C_3 - 0,386X C_4 - 0,518 X C_5$$

όπου C 2, . . . , C5 είναι οι τυποποιημένες μεταβλητές του πίνακα.

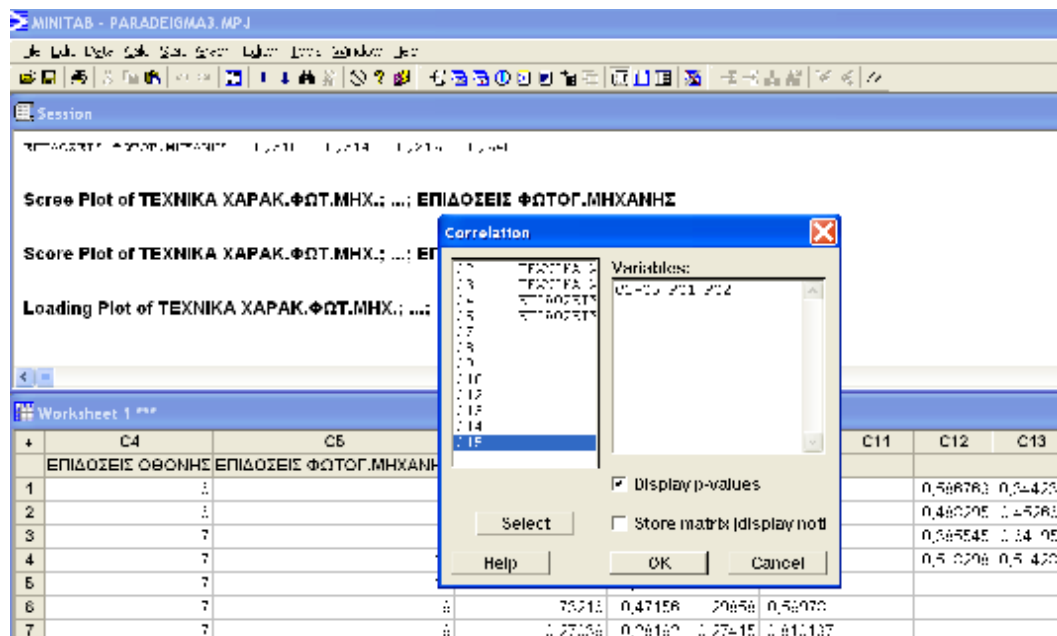
Παρατηρούμε ότι οι χαρακτηριστικές ρίζες διατάσσονται με φθίνουσα τάξη. Η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 54.7% της ολικής διακύμανσης ενώ η δεύτερη εξηγεί το 43.0%. Συνολικά οι δύο πρώτες συνιστώσες εξηγούν το 97.7% της ολικής διακύμανσης, οπότε μπορούμε να μελετήσουμε αυτές αντί το σύνολο των αρχικών μεταβλητών, το οποίο επαληθεύεται και από το **σχήμα 2.6** που είναι η γραφική παράσταση των χαρακτηριστικών ριζών για κάθε κύρια συνιστώσα.

Πόσο σημαντική όμως είναι κάθε μεταβλητή στο σχηματισμό των κυρίων συνιστωσών; Απάντηση σε αυτό το ερώτημα δίνεται μετά από τον υπολογισμό των συντελεστών συσχέτισης. Ονομάζονται και **παραγοντικά φορτία** ή **loading factors** στην αγγλική ορολογία μεταξύ των αρχικών μεταβλητών με τις τιμές των κυρίων συνιστωσών. Η διαδικασία που ακολουθούμε στο πρόγραμμα είναι η εξής: αρχικά πηγαίνουμε στη γραμμή εργαλείων και πατάμε **STAT**, έπειτα επιλέγουμε την εντολή **Basic Statistics** και στη συνέχεια επιλέγουμε την εντολή **correlation**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.9**.



Σχήμα 4.9

Αφού πραγματοποιήσουμε τα παραπάνω εμφανίζεται ένα παράθυρο και στο σημείο που αναγράφεται η εντολή **correlation** πληκτρολογούμε **C2 – C5 PC1 PC2**, όπως μπορεί κανείς να δει στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.10** (Μάρκος, 2006).



σχήμα 4.10

Οι αρχικές μεταβλητές είναι τοποθετημένες στο λογιστικό φύλλο στις στήλες C2 έως C5, ενώ PC1 και PC2 είναι δύο άλλες στήλες με τις τιμές της πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζονται κατά την έξοδο από την οποία παρατηρείται ότι ορισμένες μεταβλητές συσχετίζονται σημαντικά μόνο με την πρώτη κύρια συνιστώσα, ενώ άλλες μόνο με τη δεύτερη ή και με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα **σχήμα 4.11**. Το πόσο σημαντικός είναι ο συντελεστής συσχέτισης συμπεραίνεται από την πιθανότητα p που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον συντελεστή (P-Value). Τις τιμές που θεωρούμε ικανοποιητικές είναι εκείνες, όπου $r \geq 0.600$.

Στο παρόν σημείο θα παρουσιάσουμε τη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών του πίνακα **σχήμα 4.1** και των δύο πρώτων κυρίων συνιστωσών μετά από εφαρμογή της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών.

correlation Pearson				
	c2	c3	c4	c5
pc1	-0,877 0,000	-0,729 0,000	-0,576 0,010	-0,774 0,000
pc2	0,371 0,118	-0,487 0,034	-0,691 0,001	0,554 0,014

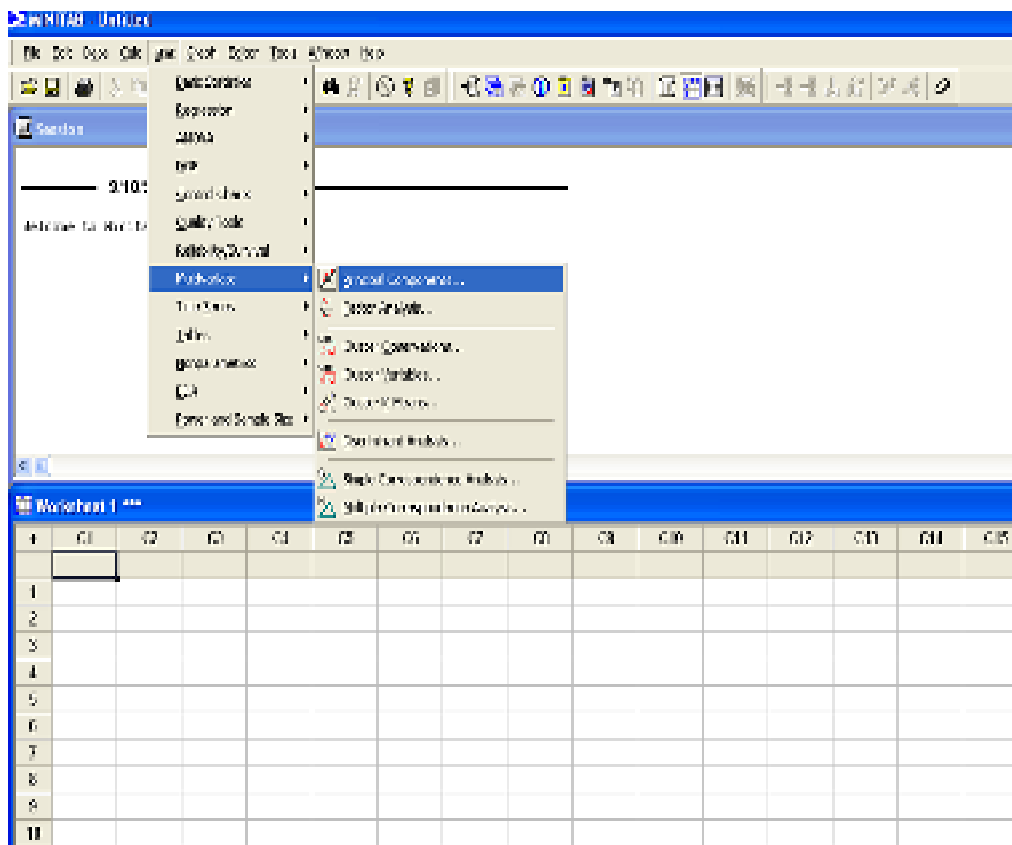
Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Σχήμα 4.11

Όσο μεγαλύτερη είναι η συσχέτιση μιας μεταβλητής με μία κύρια συνιστώσα, τόσο περισσότερο συνεισφέρει στον σχηματισμό της. Με άλλα λόγια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις συσχετίσεις για να εντοπίσουμε ποιες μεταβλητές εκφράζονται και περιγράφονται περισσότερο από μία κύρια συνιστώσα και να δώσουμε έτσι ένα όνομα στις συνιστώσες. Η ονομασία που δίνουμε στις κύριες συνιστώσες είναι αυθαίρετη και στοχεύει να περιγράψει γενικότερα το σύνολο των μεταβλητών που εκφράζονται. Από την έξοδο παρατηρούμε ότι η pc1 επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβλητές C2, C3 και C5 και ότι η pc2 εκφράζει περισσότερο τη μεταβλητή C4 **σχήμα 4.11**. Περισσότερα όμως συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν με τη γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, η οποία διαδικασία περιγράφεται στην επόμενο υποκεφάλαιο (Μάρκος, 2006).

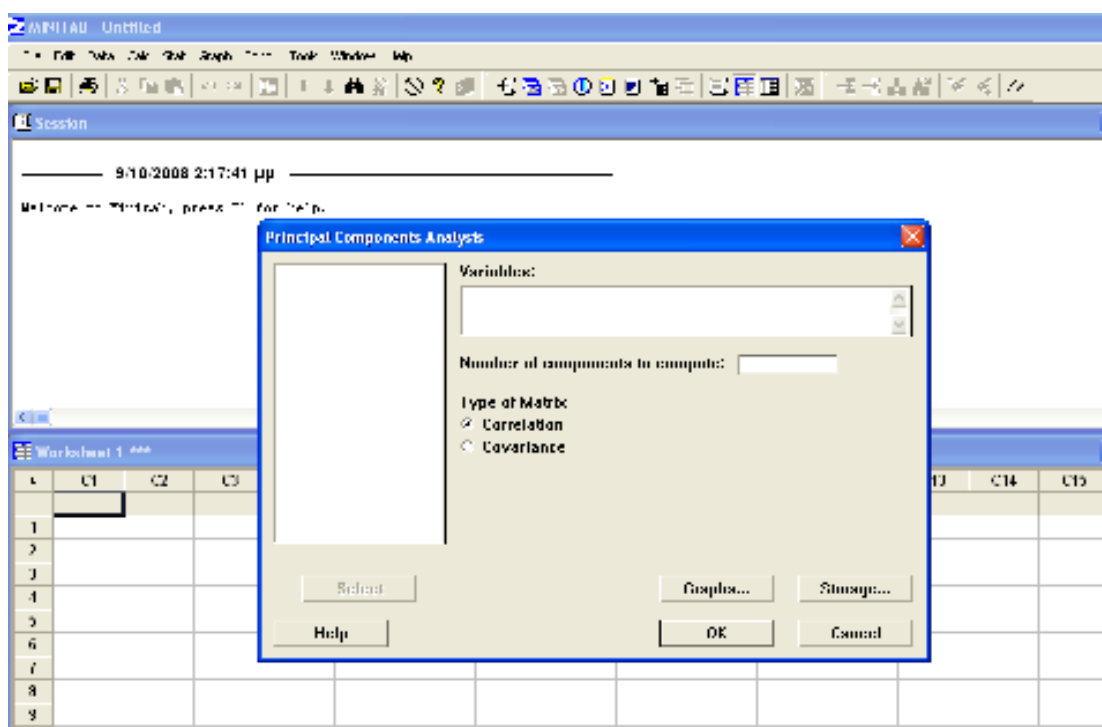
4.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αρχικά στο υποκεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα βήματα τα οποία πρέπει να ακολουθήσουμε στο MINITAB, ώστε να παρουσιάσουμε με γραφικές παραστάσεις τα αποτελέσματα. Έτσι λοιπόν, το πρώτο βήμα που πρέπει να πραγματοποιήσουμε είναι να πατήσουμε στο περιβάλλον του προγράμματος και πιο συγκεκριμένα στη γραμμή εργαλείων την επιλογή **STAT** και αμέσως μετά την επιλογή **Multivariate** και έπειτα την επιλογή **principal component**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.12**.



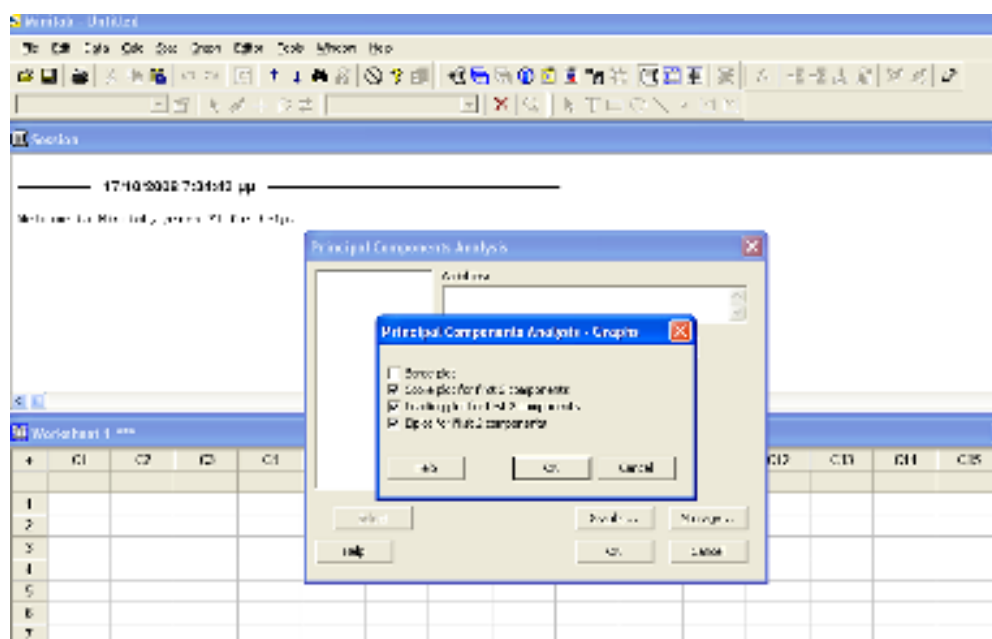
σχήμα 4.12

Αφού έχουμε πραγματοποιήσει τις παραπάνω ενέργειες, όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο κεφάλαιο 4, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο, όπου εκεί επιλέγουμε την εντολή **Graphs** σχήμα 4.13.



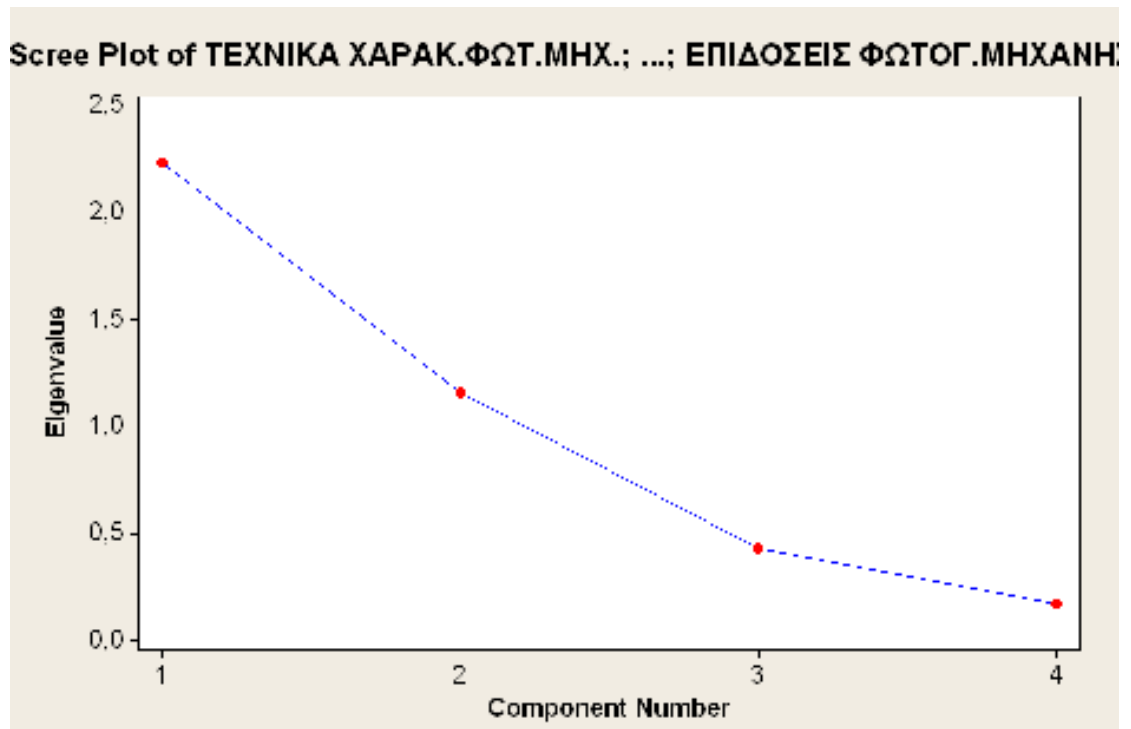
σχήμα 4.13

Μόλις πατήσουμε λοιπόν την εντολή **Graphs** εμφανίζεται ένα παράθυρο, όπου εκεί υπάρχουν κάποιες επιλογές με γραφικές παραστάσεις τις οποίες εμφανίζει το ίδιο το πρόγραμμα, όταν εκτελούμε ανάλυση σε κύριες συνιστώσες. Αυτή η διαδικασία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα **σχήμα 4.14**.



σχήμα 4.14

Μια πρώτη γραφική παράσταση που μπορούμε να πάρουμε είναι αυτή στην οποία απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές ρίζες της κάθε κύριας συνιστώσας και αυτό μπορούμε να το δούμε επιλέγοντας την εντολή **Scree plot**. Έτσι λοιπόν η γραφική παράσταση που προκύπτει είναι η παρακάτω **σχήμα 4.15**.



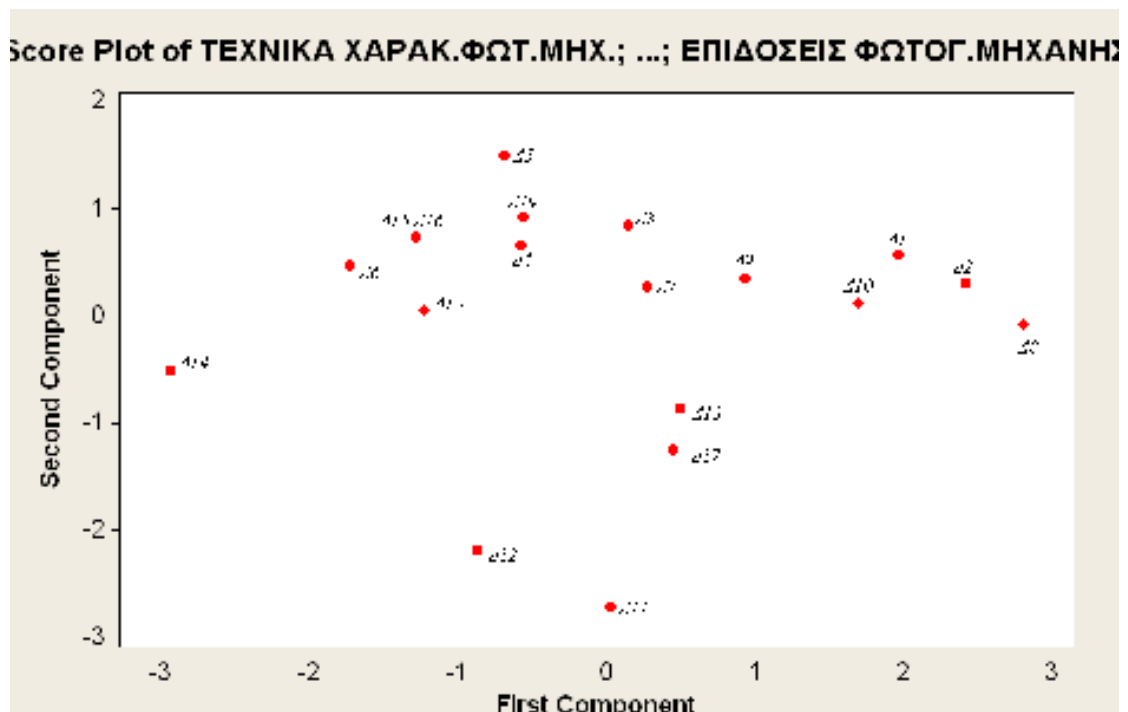
σχήμα 4.15

Αξίζει να σημειώσουμε στο παρόν σημείο ότι το **Scree plot** είναι ένα γράφημα, το οποίο έχει στον οριζόντιο άξονα των x τη σειρά και στον κάθετο άξονα των y την τιμή της κάθε ιδιοτιμής. Το κριτήριο αυτό προτείνει να πάρουμε τόσες συνιστώσες μέχρι το γράφημα να αρχίσει να γίνεται περίπου επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα μέχρι να διαπιστώσουμε ότι αρχίζει να αλλάζει η κλίση.

Οι τιμές των κυρίων συνιστωσών που υπολογίζονται κατά την εφαρμογή της ΑΚΣ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχηματισμό απλών γραφικών παραστάσεων από τις οποίες μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα. Στον πίνακα **σχήμα 4.8** παρουσιάζονται οι τιμές των κυρίων συνιστωσών που υπολογίστηκαν μετά από την εφαρμογή της ΑΚΣ στα δεδομένα του πίνακα **σχήμα 4.1** και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της γραφικής παράστασης του **σχήματος 4.17**, όπου Δ1 – Δ19 αντιστοιχούν στα δείγματα των κινητών τηλεφώνων του πίνακα **σχήμα 4.1**. Πιο συγκεκριμένα τα δείγματα αυτά είναι εκείνα, τα οποία παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω στον πίνακα **σχήμα 4.16** (Μάρκος, 2006 & mag.aegean, χ.χ).

- Δ1 SAMSUNG XB20i
- Δ2 NOKIA 5500
- Δ3 SONY ERICSSON K800 3G
- Δ4 NOKIA N73 3G
- Δ5 LG KG920
- Δ6 NOKIA N80 3G
- Δ7 SAMSUNG D900
- Δ8 LG KG 800
- Δ9 MOTOROLA V3x 3G
- Δ10 SONY ERICSSON W700i
- Δ11 MOTOROLA Z8
- Δ12 SAMSUNG G600
- Δ13 SONY ERICSSON K850i
- Δ14 NOKIA N95 8GB
- Δ15 LG K750 SECRET
- Δ16 SAMSUNG G810
- Δ17 MOTOROLA Z10
- Δ18 SAMSUNG U900
- Δ19 SONY ERICSSON C902

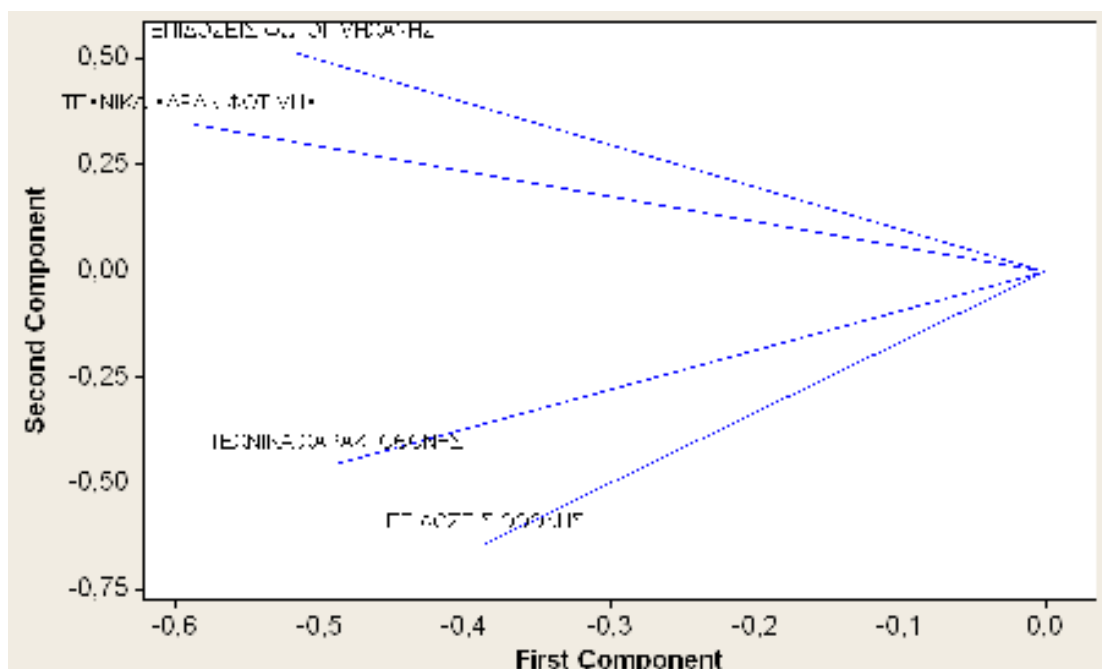
Σχήμα 4.16



Σχήμα 4.17

Η γραφική παράσταση από όπου μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα

είναι η γραφική εκείνη παράσταση, όπου διαφαίνονται τα χαρακτηριστικά των κινητών τηλεφώνων σε σχέση με τις τιμές των δύο πρώτων συνιστωσών. Η γραφική αυτή παράσταση είναι η εξής **σχήμα 4.18**:



σχήμα 4.18

Παρατηρώντας τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις στα **σχήματα 4.17 - 4.18** βγάζουμε κάποια συμπεράσματα, που προκύπτουν από τα δείγματα των κινητών τηλεφώνων. Οι ομάδες αυτών είναι συνολικά επτά (7).

- Α) Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα δείγματα Δ4, Δ5, Δ6, Δ15, Δ16, Δ18 και Δ19 σύμφωνα με τις τιμές των κύριων συνιστωσών.
- Β) Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τα δείγματα Δ3, Δ7 και Δ9.
- Γ) Η τρίτη ομάδα αποτελείται από τα δείγματα Δ1, Δ2, Δ8 και Δ10.
- Δ) Η τέταρτη ομάδα αποτελείται από τα δείγματα Δ13 και Δ17
- Ε) Η πέμπτη ομάδα αποτελείται μόνο από το δείγμα Δ14.
- ΣΤ) Η έκτη ομάδα αποτελείται από το δείγμα Δ12 και
- Ζ) η τελευταία ομάδα αποτελείται από το Δ11, που είναι μια ακραία ομάδα.

Παρατηρώντας κανείς την ομαδοποίηση των κινητών τηλεφώνων διαπιστώνει ότι κάποια δείγματα, αν και διαφέρουν ως προς το χρόνο που επιλέχθηκαν, κατά την ομαδοποίηση τα χαρακτηριστικά αυτών είναι σχεδόν ίδια και έτσι ανήκουν στην ίδια ομάδα. Κάποια κινητά τηλέφωνα είναι πιο σύγχρονα από άποψη τεχνολογίας και έτσι θα έπρεπε να ανήκουν σε διαφορετική ομάδα από εκείνα που είναι παλαιότερης τεχνολογίας. Ωστόσο όμως φαίνεται ξεκάθαρα ότι κάτι τέτοιο δεν ισχύει.

Με προσεκτική παρατήρηση των παραπάνω γραφικών παραστάσεων μπορούν να εξαχθούν και άλλα συμπεράσματα. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι οποιαδήποτε εκτίμηση ως προς την ομαδοποίηση των δειγμάτων είναι αυθαίρετη και όχι ακριβής. Για την ακριβή ομαδοποίηση των δεδομένων ενδείκνυται η εφαρμογή της Ανάλυσης της Ομοιομορφίας των Ομάδων (Μάρκος, 2006).

4.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ BIPLLOT

Ένας άλλος τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων γραφικά είναι μέσω των **biplots**. Πρόκειται για γραφικές παραστάσεις των τιμών των κυρίων συνιστωσών (principal component scores) και των συντελεστών των εξισώσεων (principal component coefficients) των κυρίων συνιστωσών «ταυτόχρονα» στο ίδιο γράφημα, δηλαδή παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των κινητών τηλεφώνων και τα δείγματα αυτών στο ίδιο γράφημα.

Το *Biplot* διευκολύνει στον προσδιορισμό της εσωτερικής δομής των δεδομένων και συμβάλλει, μέσω της οπτικοποίησης, στην ανάδειξη των μεταξύ τους σχέσεων. Το πρόθεμα «*Bi*» αφορά στη δυνατότητα ταυτόχρονης αναπαράστασης αντικείμενων και μεταβλητών στο ίδιο διάγραμμα και όχι στον αριθμό των διαστάσεων. Έτσι, τα *Biplot* μπορούν να γενικευτούν σε περισσότερες από δύο διαστάσεις.

Στο *Biplot*, οι μεταβλητές απεικονίζονται ως διανύσματα και τα αντικείμενα ως σημεία έτσι ώστε η τιμή – μέτρηση, για παράδειγμα, του αντικειμένου i στη μεταβλητή j να μπορεί να προσεγγιστεί από το εσωτερικό γινόμενο των συντεταγμένων του σημείου που αναπαριστά το αντικείμενο i και του διανύσματος θέσης του σημείου που αντιστοιχεί στη μεταβλητή j . Ειδικότερα, έστω \mathbf{X} ένας $n \times q$ πίνακας ποσοτικών δεδομένων της μορφής αντικείμενα \times μεταβλητές, με $n > q$. Χωρίς περιορισμό της γενικότητας, υποθέτουμε ότι οι μεταβλητές είναι σε

τυποποιημένη μορφή με μέσο όρο 0 και διακύμανση ίση με 1. Σε κάθε περίπτωση ο πίνακας X μπορεί να αναλυθεί στη βασική του δομή ως εξής :

$$X = AB^T$$

όπου A είναι ένας $n \times p$ πίνακας που τα στοιχεία των στηλών του περιέχουν τις συντεταγμένες των n αντικειμένων σε ένα p -διάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, με $p \leq q$. Παρόμοια, B είναι ένας $n \times p$ πίνακας οι γραμμές του οποίου περιέχουν τις συντεταγμένες των q μεταβλητών στους ίδιους p άξονες. Οι στήλες των A και B ονομάζονται παραγοντικοί άξονες του *Biplot*. Τα στοιχεία του πίνακα X μπορούν να ληφθούν υπολογίζοντας το εσωτερικό γινόμενο κατάλληλων γραμμών του A και των αντίστοιχων στηλών του B^T μέσω της σχέσης :

$$X_{ij} = \sum_{r=1}^p a_{ir} b_{rj} \quad \text{με } i=1 \dots n \text{ και } j=1 \dots q$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι το στοιχείο που βρίσκεται στη διασταύρωση της γραμμής i και της στήλης j του πίνακα X μπορεί να ανακτηθεί συνδυάζοντας την πληροφορία για το αντικείμενο i , η οποία περιέχεται στην γραμμή i του πίνακα A , και την πληροφορία για τη μεταβλητή j που περιέχεται στη στήλη j του πίνακα B^T . Τα στοιχεία των πινάκων A και B υπολογίζονται με την εφαρμογή της μεθόδου *SVD* στον πίνακα X :

$$X = UDV^T$$

Έστω $A_{[2]}$ ο $n \times 2$ πίνακας με στοιχεία τις *Biplot* συντεταγμένες των αντικειμένων (γραμμών) του πίνακα X και $B_{[2]}$ ο $q \times 2$ πίνακας με στοιχεία τις συντεταγμένες των μεταβλητών (στηλών) του πίνακα X . Οι πίνακες $A_{[2]}$ και $B_{[2]}$ υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$A_{[2]} = U_{[2]} D_{[2]}^a$$

$$B_{[2]} = V_{[2]} D_{[2]}^{1-a}$$

όπου $U_{[2]}$ και $V_{[2]}$ είναι οι δύο πρώτες στήλες των U και V αντίστοιχα, και $D_{[2]}$ είναι ο διαγώνιος πίνακας με τις δύο πρώτες χαρακτηριστικές τιμές. Κάθε γραμμή (αντικείμενο) του $A_{[2]}$ προβάλλεται ως σημείο σε ένα διδιάστατο σύστημα συντεταγμένων, ενώ οι γραμμές (μεταβλητές) του $B_{[2]}$ ως διανύσματα θέσης στον ίδιο

χώρο. Η τιμή της παραμέτρου a , η οποία εμφανίζεται στους εκθέτες, μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα $[0,1]$ και εκφράζει το βαθμό διάχυσης της μεταβλητότητας στο νέφος των αντικειμένων ή των μεταβλητών. Από τις διαφορετικές τιμές του a προκύπτουν οι παραλλαγές του *Biplot*.

Με το *Biplot* επιτυγχάνεται η μερική ή ολική ανασύσταση των στοιχείων ενός πίνακα εισόδου X , ανάλογα με το πλήθος των χαρακτηριστικών διανυσμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των στοιχείων των πινάκων A και B . Αυτό σημαίνει ότι για παράδειγμα, οι πρώτες s χαρακτηριστικές τιμές και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά διανύσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την όσο το δυνατό πιο ακριβή αναπαραγωγή της αρχικής διακύμανσης που περικλείεται στον X . Κατά συνέπεια, η αναπαράσταση των σημείων και των διανυσμάτων στο *Biplot* αντιπροσωπεύει τη βέλτιστη δυνατή προσέγγιση δύο διαστάσεων των αρχικών δεδομένων. Με άλλα λόγια, το δυσδιάστατο *Biplot* θα περιέχει όσο το δυνατό περισσότερη πληροφορία, με την έννοια της διακύμανσης, από αυτή που περιέχεται στον q -διάστατο χώρο, στον οποίο το υπό εξέταση φαινόμενο περιγράφεται μέσω του πίνακα X .

Η ερμηνευτική αποτελεσματικότητα του *Biplot*, με την έννοια της ανασύστασης της αρχικής ολικής διακύμανσης του πίνακα X , μπορεί να μετρηθεί μέσω δεικτών καλής προσαρμογής ή ποιότητας. Συνήθως, χρησιμοποιούνται δείκτες που εκφράζουν το ποσοστό της ολικής διακύμανσης που περιέχεται στο *Biplot* (Μάρκος, 2006).

Ιδιότητες - Ερμηνεία

Αξίζει να τονίσουμε στο σημείο αυτό, πως οι μεταβλητές παριστάνονται με βέλη που ξεκινούν από το σημείο τομής των αξόνων. Όταν κάποια βέλη είναι κάθετα μεταξύ τους ή τείνουν να είναι κάθετα τότε οι μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Αντιθέτως, όταν τα βέλη δείχνουν προς την ίδια ή αντίθετη κατεύθυνση, τότε οι μεταβλητές συσχετίζονται ισχυρά θετικά ή αρνητικά αντίστοιχα.

Το μεγαλύτερο, ίσως, πλεονέκτημα του *Biplot* είναι η ευκολία ερμηνείας του.

Η ερμηνεία του *Biplot* στηρίζεται στις παρακάτω ιδιότητες :

α) Ο βαθμός γραφικής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών προκύπτει από την εξέταση του συνημίτονου της γωνίας που σχηματίζουν τα αντίστοιχα διανύσματα θέσης. Αν η γωνία μεταξύ δύο διανυσμάτων είναι οξεία ($<90^\circ$) οι αντίστοιχες μεταβλητές συσχετίζονται θετικά. Αν η γωνία είναι αμβλεία ($> 90^\circ$) οι μεταβλητές συσχετίζονται αρνητικά. Τέλος, αν η γωνία μεταξύ δύο διανυσμάτων είναι ορθή, οι μεταβλητές είναι γραφικά ανεξάρτητες.

β) Οι αποστάσεις μεταξύ των αντικειμένων στους παραγοντικούς άξονες καθορίζουν το βαθμό ομοιότητας των αντίστοιχων προφίλ. Για παράδειγμα, δύο αντικείμενα - σημεία με παρόμοιες συντεταγμένες σε όλους τους άξονες, δηλαδή με παρόμοιο προφίλ, θα βρίσκονται κοντά μεταξύ τους στο χώρο προβολής. Αντίθετα, δύο αντικείμενα - σημεία με σημαντικά διαφορετικά προφίλ, θα απέχουν μεταξύ τους σημαντικά.

γ) Τα διανύσματα θέσης (μεταβλητές) είναι προσανατολισμένα προς τα αντικείμενα για τα οποία έχουν τις μεγαλύτερες τιμές. Για τη σύνδεση ενός αντικειμένου i με μια μεταβλητή j , φέρνουμε την ορθογώνια προβολή του σημείου i στην ευθεία που είναι συγγραμμική με το διάνυσμα θέσης της μεταβλητής j . Αν η τιμή x_{ij} του i αντικειμένου στη μεταβλητή j είναι θετική, τότε η προβολή του σημείου i θα βρίσκεται επάνω στο διάνυσμα θέσης της j . Αν η τιμή x_{ij} είναι αρνητική, τότε η προβολή του σημείου i θα βρίσκεται στην προέκταση του διανύσματος θέσης της j και, μάλιστα, προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που βρίσκεται το σημείο που αντιστοιχεί στη μεταβλητή j . Τέλος, όσο πιο μακριά από την αρχή των αξόνων βρίσκεται η ορθογώνια προβολή ενός σημείου, τόσο πιο ακραία (υψηλή) είναι η τιμή του στην αντίστοιχη μεταβλητή – διάνυσμα (Μάρκος, 2006) .

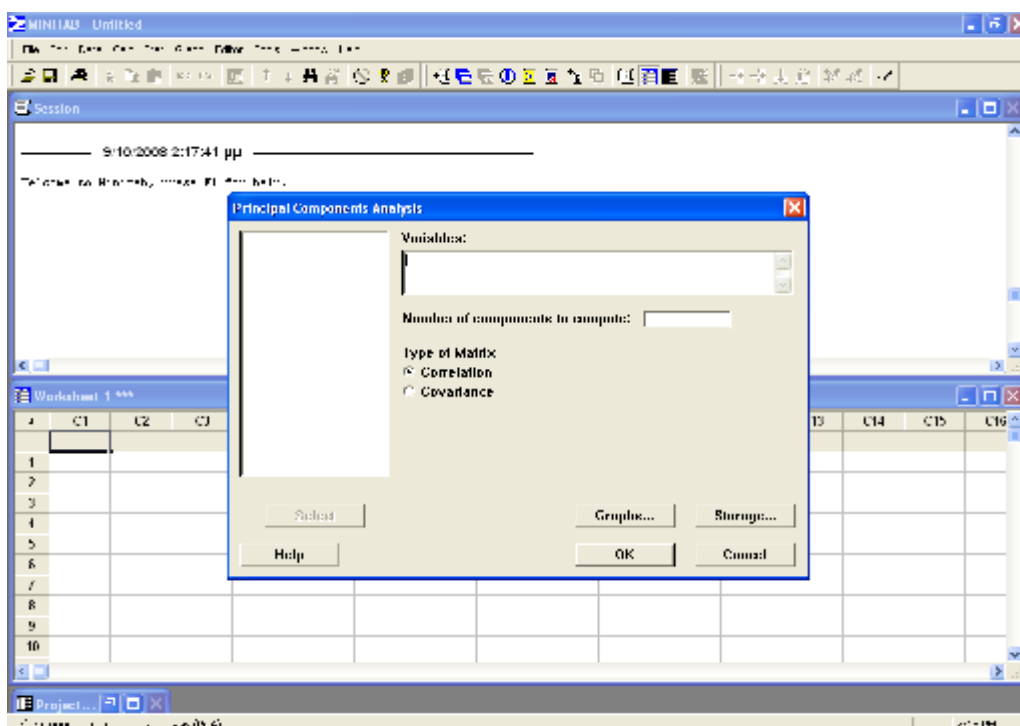
Παρατηρήσεις

1) Η αποτελεσματικότητα του *Biplot* στην ανάδειξη της βασικής δομής ενός πίνακα δεδομένων εξαρτάται από το κατά πόσο είναι εφικτό η δομή αυτή να αναπαρασταθεί σε ένα χώρο με λιγότερες διαστάσεις από το αρχικό. Όταν, για παράδειγμα, η διάσταση της λύσης είναι μεγάλη, ενδεχομένως στο *Biplot* να μην περιέχεται ικανοποιητικό ποσοστό της ολικής πληροφορίας του αρχικού πίνακα δεδομένων. Το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με κατάλληλη προεργασία στα αρχικά δεδομένα η οποία μπορεί να περιλαμβάνει διαδικασίες επιλογής υποσυνόλων των αρχικών δεδομένων (αντικειμένων ή /και μεταβλητών).

2) Όπως είδαμε, βασικός σκοπός του *Biplot* είναι η οπτικοποίηση πολυδιάστατων δεδομένων, με την ταυτόχρονη γραφική αναπαράσταση αντικειμένων και μεταβλητών στον ίδιο χώρο, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση του αριθμού των διαστάσεων των αρχικών δεδομένων. Για το λόγο αυτό, το *Biplot* μπορεί να συνδυαστεί με αρκετές από τις μεθόδους της Ανάλυσης Δεδομένων, όπως η Παραγοντική Ανάλυση των Αντιστοιχιών, η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες, η Πολυδιάστατη Κλιμάκωση και η Κανονικοποιημένη Συσχέτιση (Μάρκος, 2006).

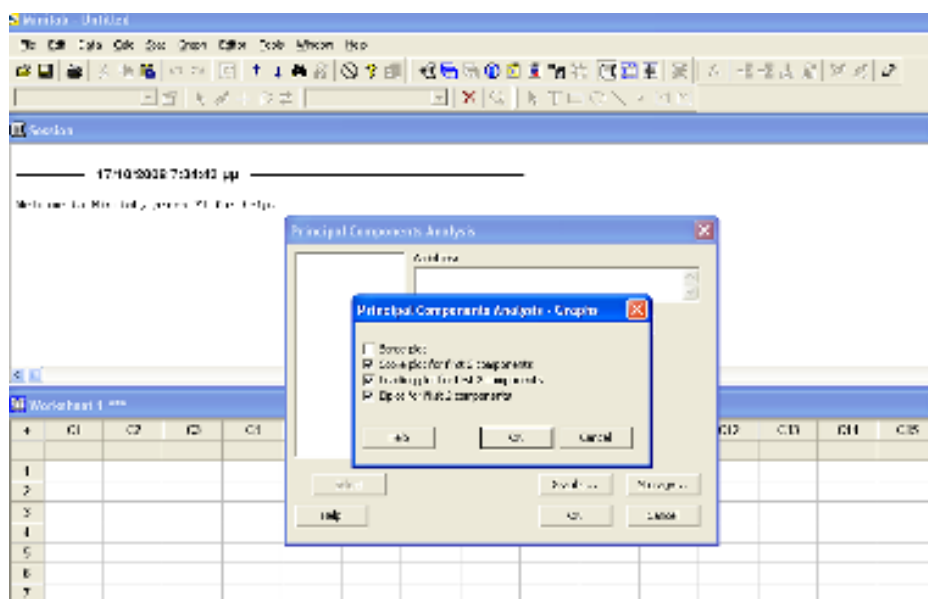
4.4 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΣ ΜΕ ΤΟ BILOT ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MINITAB

Αξίζει να σημειώσουμε ότι στο υποκεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τον τρόπο με τον οποίο το πρόγραμμα MINITAB μας δίνει το γράφημα του *Biplot*. Αρχικά αφού ανοίξουμε το πρόγραμμα, βαίνουμε στη γραμμή εργαλείων, όπου επιλέγουμε την εντολή **STAT**. Έπειτα πατάμε την εντολή **multivariate** και στη συνέχεια την εντολή **principal component**. Μόλις εκτελέσουμε αυτές τις εντολές παρουσιάζεται το παρακάτω παράθυρο **σχήμα 4.19**, από όπου επιλέγουμε την εντολή **Graphs**.



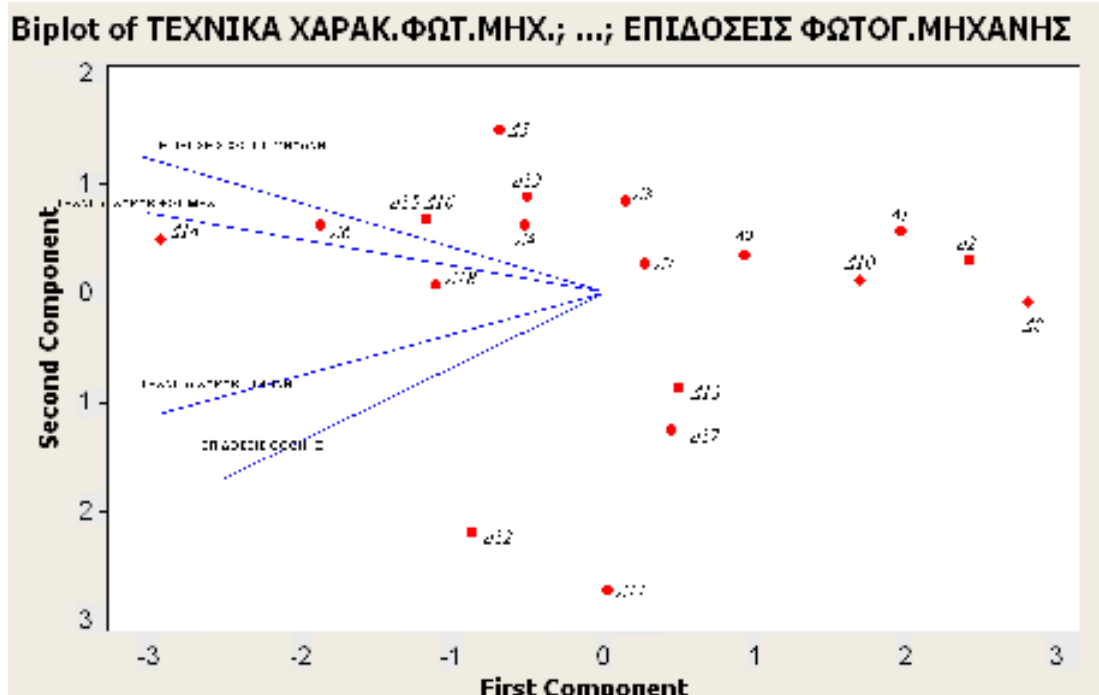
σχήμα 4.19

Αφού λοιπόν έχουμε επιλέξει την εντολή **Graphs** εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο **σχήμα 4.20**.



σχήμα 4.20

Στο παράθυρο αυτό **σχήμα 4.20** επιλέγουμε την εντολή **Bibliot for first 2 components** και προκύπτει η παρακάτω γραφική παράσταση, **σχήμα 4.21** στο οποίο διαφαίνονται τα δείγματα των κινητών τηλεφώνων ($\Delta 1 - \Delta 19$), καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά αυτών των δειγμάτων.



Σχήμα 4.21

Από τη γραφική παράσταση **Σχήμα 4.21** που μόλις παρουσιάσαμε παραπάνω μπορούμε να βγάλουμε σημαντικά συμπεράσματα, που σχετίζονται με τα δεδομένα μας. Αρχικά διαπιστώνουμε ότι οι επιδόσεις της φωτογραφικής μηχανής με εκείνες τις οθόνες είναι ανύσματα κάθετα μεταξύ τους, γεγονός που φανερώνει ότι τα ανύσματα αυτά δεν σχετίζονται καθόλου μεταξύ τους. Ακόμη διαπιστώνουμε ότι οι επιδόσεις της φωτογραφικής μηχανής με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φωτογραφικής μηχανής και αντίστοιχα οι επιδόσεις της οθόνες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνες είναι ανύσματα που είναι ισχυρά θετικά μεταξύ τους, για το λόγο ότι τα ανύσματα αυτά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, αλλά και επειδή είναι πολύ κοντά μεταξύ τους (Μάρκος, 2006).

Μελετώντας τη θέση των σημείων (δείγματα) σε σχέση με τα ανύσματα μπορούμε να εξάγουμε περισσότερα συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα που βρίσκονται κοντά στη διεύθυνση που ορίζουν τα ανύσματα έχουν υψηλές τιμές στις αντίστοιχες μεταβλητές και το αντίστροφο. Οπότε : τα δείγματα Δ14 και Δ6 έχουν υψηλές τιμές στο άνυσμα - επιδόσεις φωτογραφικής μηχανής και στο άνυσμα - τεχνικά χαρακτηριστικά φωτογραφικής μηχανής. Επίσης, τα δείγματα Δ16, Δ15

και $\Delta 18$ παρουσιάζουν υψηλές τιμές σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Τέλος παρατηρούμε ότι τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν μέσες και χαμηλές τιμές στα ανύσματα (όπ.π., 2006).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ DTL TESTING

13ο ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΤΕΣΤ DTL

ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ με φωτογραφίες

<p>SAMSUNG X820i</p> <p>Εξαιρετικό από ηλιεπείς οθονομασού και με μικρές διαστάσεις, το X820 της Samsung δεν αφήνει τίποτα όσον αφορά στις επιδόσεις της ψηφιακής φωτογραφίας του μισού.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0223403</p> <p>Ενδ. Τιμή: 289€</p> 	<p>NOKIA 5500</p> <p>Μια χαμηλό κόστους λύση, με πολλές επιδόσεις και χαρακτηριστικά. Εντείνεται το αν δεν θέλετε να ξοδέψετε πολλά χρήματα.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0224731/0227983</p> <p>Ενδ. Τιμή: 315€</p> 
<p>SAMSUNG D 900</p> <p>Η πολύ καλή φωτογραφική μηχανή και οθόνη με την οποία εστιάζεται, το κάνουν ένα από τα κορυφαία τηλέφωνα που πρέπει σίγουρα να έχετε στην επιλογή.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0225433</p> <p>Ενδ. Τιμή: 399€</p> 	<p>SAMSUNG Z320 i-mode 3G</p> <p>Αν ψάξετε για ένα κορυφαίο τηλέφωνο με ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και δεν θέλετε να ξοδέψετε πολλά, τότε το Samsung Z320 θα σε ικανοποιήσει τόσο από ηλιεπείς επιδόσεις όσο και λειτουργικότητα.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0225454</p> <p>Ενδ. Τιμή: 405€ με δώρο ΙZANTIA ADVENTURE</p> 
<p>SONY ERICSSON K800 3G</p> <p>Ένα από τα κορυφαία τηλέφωνα που διακρίνονται για τις επιδόσεις τους ως ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, αλλά και τα μικρά, τα Sony Ericsson K800 θα σε πείσουν.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0228663</p> <p>Ενδ. Τιμή: 409€</p> 	<p>NOKIA N73 3G</p> <p>Ένα από τα τρία κορυφαία της κατηγορίας, το οποίο καταφέρνει να βελτιωθεί με άριστα όσον αφορά στις επιδόσεις της ψηφιακής φωτογραφίας μισού.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0225437</p> <p>Ενδ. Τιμή: 479€</p> 
<p>LG KG 920</p> <p>Το LG KG920 αποτελεί μία ολοκληρωμένη λύση αφού αποτελεί κορυφαίο τηλέφωνο & φωτογραφική μηχανή. Έτσι αρκεί να στείλες δύο ταχυτά αποτελέσματα σου να κερδίσεις μία καλή πρόταση αγοράς.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0229299</p> <p>Ενδ. Τιμή: 669€ με δώρο ΕΚΤΥΠΩΤΗ</p> 	<p>NOKIA 93 3G</p> <p>Αν ενδιαφέρεσαι σοβαρά για ένα κορυφαίο τηλέφωνο με ενσωματωμένη φωτογραφική μηχανή, το N93 αποτελεί ίσως την καλύτερη επιλογή σου. Σκοπός είναι για τις επιδόσεις του όσο και για το χαρακτηριστικό του.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΟΘΟΝΗΣ</p> <p>ΕΠΙΜΟΝΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΕΣΩΑΝΗΣ</p> <p>Κωδικός: 0226070</p> <p>Ενδ. Τιμή: 695€ με δώρο τη ταινία "MISSION IMPOSSIBLE" σε κάρτα μνήμης</p> 

ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ  ...με φωτογραφίες

SONY ERICSSON K750i

Παρά την ηλικία του, το K750i παραμένει μία εξαιρετική πρόταση ανάλυσης στα κινητά με πολλαπλές λειτουργίες φωτογραφικής μισθώσεως και αθροισά ορίζει ακόμα την ηγροσκή σου.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0208160
Ενδ. Τμήτ: 199€



SONY ERICSSON W700i

Ποιος είναι ότι ένα Walkman δεν μπορεί να τραβήξει φωτογραφία και μελέτωσά κοηέ; Μηνόκι οι φωτογραφίες να γυμν ελπίσ ο κέρως. Αλλάς που θα αγοράζοκ το W700 αν να θα σε ικανοποιήκει και ως φωτογραφική μισθώση.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0205803
Ενδ. Τμήτ: 225€



SAMSUNG X820

Ευδοκίρον ανδιστάσασ το X820, ένα από τα πιο λιτόκ κινητά τηλέφωνα της αγοράς καταρτάς να αποδοκίσει καλή καλή και ως ψηφιακή φωτογραφική μισθώση.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0223408
Ενδ. Τμήτ: 265€



LG KG800 CHOCOLATE

Ένα δικόλοπο κινητό τηλέφωνο το οποίο θα ικανοποιήκει περισσότερο με το ασκίωσάκ του παρά με το φωτογραφικό του δικωσάσως καλή κίνησας να σε ηρεφίησας.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0220039 0223068
Ενδ. Τμήτ: 269€



MOTOROLA V3X 3G

Πολύ καλή οθόνη, τεχνικά χαρακτηριστικά, 500 κίλωςες οκλή και έμωρος ασκίωσάσ, από το Motorola V3X 3G. Εξοκί ελίησά βόλιεσ.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0205763
Ενδ. Τμήτ: 295€



NOKIA 6288 3G

Με έμωρασάκίησάσ ασκίωσ, το Nokia 6288 3G θα σε εντυπωσάσει τόσο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ως κινητό τηλέφωνο όσο και ως ψηφιακή φωτογραφική μισθώση.



 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόδο: 0207030
Ενδ. Τμήτ: 325€



ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ  ...με φωτογραφίες

SONY ERICSSON K800 3G
 Από τις καλύτερες επιλογές που έχετε, το Sony Ericsson K800 3G δεν υστερεί σε τίποτα στον τομέα και καταρχήν να αποδώσει άριστα σε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027096 027096
Ενδ. Τιμή: 359€

SAMSUNG D900
 Οι άριστες επιδόσεις του D900 της Samsung το κάνουν ένα από τα κορυφαία τηλέφωνα που είχαμε τηλέφα να δώσουμε στην επιλογή.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027091 027093
Ενδ. Τιμή: 369€

SAMSUNG Z650 3G i-mode
 Η μεγάλη οθόνη και οι καλές επιδόσεις σε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, χαρακτηρίζουν το Samsung Z650 3G i-mode που θα σε ενθουσιάσει.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027055
Ενδ. Τιμή: 375€


SONY ERICSSON W850 3G
 Το W850 3G ανασταίει ένα πολύ καλό Walkman κινητό τηλέφωνο που μπορεί να τραφεί και φωτογραφίες. Τι άλλο θα ήθελε κανείς!



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027094
Ενδ. Τιμή: 405€

NOKIA N73 3G
 Με 3,2 Μpixel ενσωματωμένη ψηφιακή μηχανή και φακό Carl Zeiss, το Nokia N73 3G είναι η καλύτερη επιλογή που μπορείς να πάρεις αν θέλεις το κορυφαίο να το τραφεί φωτογραφίες με αβίαση.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027047
Ενδ. Τιμή: 479€

NOKIA N80 3G
 Ένα πραγματικό multimedia smart phone, το N80 3G καταρχήν να αποσπαστεί με το πολύ καλό στυλ που απορροφάει και ψηφιακή φωτογραφική μηχανή κορυφαία ενσωματωμένη οθόνη 3 Μpixel και ψηφιακό zoom 20x.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ
 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΟΘΟΝΗΣ
 ΕΠΙΛΕΞΕΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ

Καθόλου 027033 027034
Ενδ. Τιμή: 549€

ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ  ...με φωτογραφίες

SAMSUNG G600



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

0252963

Ενδ. Τιμή: **399 €**

MOTOROLA Z8



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

0232444/0232454

Ενδ. Τιμή: **445 €**

SONY ERICSSON K850i



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

0232943

Ενδ. Τιμή: **505 €**

NOKIA N95 8GB



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΟΘΡΩΝΗΣ

ΕΥΧΑΙΡΙΣΤΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ ΜΙΣΘΑΝΩΣΗ

20733952

Ενδ. Τιμή: **749 €**

ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ  ...με τραγούδια

SAMSUNG F210



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ MP3 PLAYER

ΜΕΛΩΔΙΑ ΑΡΧΕΣΩΝ

ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣΤΗΣ

ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ MP3 PLAYER

Ενδ. Τιμή: **269 €**

NOKIA N76



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ MP3 PLAYER

ΜΕΛΩΔΙΑ ΑΡΧΕΣΩΝ

ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣΤΗΣ

ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ MP3 PLAYER

Ενδ. Τιμή: **399 €**

SONY ERICSSON W910i



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ MP3 PLAYER

ΜΕΛΩΔΙΑ ΑΡΧΕΣΩΝ

ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣΤΗΣ

ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ MP3 PLAYER

0232623

Ενδ. Τιμή: **419 €**

NOKIA N81 8GB



TEΧΝΙΚΑ ΣΑΡΜΑΤΗΡΕΤΑΡΑ MP3 PLAYER

ΜΕΛΩΔΙΑ ΑΡΧΕΣΩΝ

ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣΤΗΣ

ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ MP3 PLAYER

20234454

Ενδ. Τιμή: **589 €**

Κινητά Τηλέφωνα ...με φωτογραφίες

<p>AA</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>Ενδεικτική Τιμή 339 €</p>	<p>ZN5</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 	<p>SAMSUNG</p> <p>U900</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 
<p>AA</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>Ενδεικτική Τιμή 349 €</p>	<p>LG</p> <p>KF750 SECRET</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 	<p>Sony Ericsson</p> <p>C902 COSMOTE</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 
<p>AA</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΟΘΡΟΝΟΥ</p> <p>ΕΠΙΔΕΞΕΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣ ΜΕΣΑΝΗΣ</p> <p>Ενδεικτική Τιμή 379 €</p>	<p>Z10 COSMOTE</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 	<p>NOKIA</p> <p>N82 COSMOTE</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 5MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 
<p>SAMSUNG</p> <p>G810</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 2MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 	<p>Ενδεικτική Τιμή 455 €</p>	<p>NOKIA</p> <p>N95 8GB</p> <p>Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης με 5MP. Ένα λειτουργικό σύστημα που σας επιτρέπει να εστιάζετε, να εστιάζετε, να εστιάζετε και να εστιάζετε. Απολάμβαστε φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.</p> 
<p>Ενδεικτική Τιμή 579 €</p>		

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Go – online. (2008). *Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας*. Ανάκληση Απρίλιος 4, 2008, από <http://www.go-online.gr>
- 2) Tech – faq. (2008). *Ποια είναι η ιστορία των τηλεφώνων κυττάρων*; Ανάκληση Αύγουστος 8, 2008, από <http://www.tech-faq.com>
- 3) Europa. (2006). *Κινητές επικοινωνίες τρίτης γενιάς*. Ανάκληση Αύγουστος 8, 2008, από <http://europa.eu>
- 4) Τεντζέρης, Μ. Μ. (2001). *Ασύρματα Συστήματα 3^{ης} (3G) και 4^{ης} (4G) γενιάς : Προκλήσεις του Μέλλοντος*. Ανάκληση Φεβρουάριος 19, 2008, από <http://users.ece.gatech.edu>
- 5) Akouseto. (2008). *Pico Projectors : Το νέο χαρακτηριστικό των κινητών*. Ανάκληση Φεβρουάριος 7, 2008, από <http://www.akouseto.gr>
- 6) Λιοτόπουλος, Φ. Κ. (2006). *NGN/B3G : Δίκτυα κινητών επικοινωνιών επόμενης γενιάς*. Ανάκληση Μάρτιος 15, 2008, από Kathimerini – Economist – vTrip – FKL.
- 7) Microsoft. (χ.χ). *Πόσο ισχυρή κινητή τηλεφωνία χρειάζεστε*; Ανάκληση Μάρτιος 8, 2008, από <http://www.microsoft.com>
- 8) Αλεξανδροπούλου, Μ., Κολτσιδάς, Α., Νίνης, Ε., & Πεταλάς, Ι. (2000). *Κινητή Τηλεφωνία – Τεχνολογικές εξελίξεις και προοπτικές*. Ανάκληση Φεβρουάριος, 13, 2008, από Πανεπιστήμιο Πατρών – Πολυτεχνική Σχολή.
- 9) Κονδύλης, Σ. Θ. & Τσίρου, Α. (2006 – 07). *Κινητή τηλεφωνία (1G 2G 3G)*. Ανάκληση Μάρτιος 18, 2008, από <http://ru6.cti.gr>
- 10) Λιοτόπουλος, Φ. Κ. (2006). *Προς το αύριο : η «τέταρτη» γενιά κινητών δικτύων*. Ανάκληση Φεβρουάριος 7, 2008, από <http://www.enthesis.net>
- 11) Καμαριανάκης, Γ. & Κόντος, Δ. (χ.χ.). *Ταξινόμηση των Δήμων της Ελλάδας σύμφωνα με τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά τους όπως προκύπτουν από την απογραφή του 2001*. Ανάκληση Απρίλιος 19, 2008, από <http://www.iacm.forth.gr>
- 12) Mar.aegean. (χ.χ.). *Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες*. Ανάκληση Μάρτιος 12, 2008, από <http://www.mar.aegean.gr>
- 13) Παπαρηγορίου, Ν. (2001). *Εφαρμογή της στατιστικής ανάλυσης των*

- κυρίων συνιστωσών (*Principal Components analysis*). Ανάκληση Φεβρουάριος 4, 2008, από <http://www.papagrigoriou.gr>
- 14) Γκίτσης, Σ. (χ.χ.). *Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες και παραγοντική ανάλυση*. Ανάκληση Μάρτιος 8, 2008, από <http://www.nemertes.lis.upatras.gr>
- 15) Μπούκουρη, Α. (1998). *Συσκευές κινητής τηλεφωνίας*. Ανάκληση Απρίλιος 12, 2008, από <http://www.kybernografoi.gr>
- 16) Greektechforum. (2007). *Business Phones : Τα κινητά τηλέφωνα του σύγχρονου επιχειρηματία*. Ανάκληση Φεβρουάριος 12, 2008, από <http://www.greektechforum.com>
- 17) Freegr. (χ.χ.). *Τα κινητά της χρονιάς στο Mobile World Congress*. Ανάκληση Μάιος 18, 2008, από <http://www.freegr.gr>
- 18) Freegr. (2006). *Sony Ericsson K800i: Το πρώτο...Cyber – Shot κινητό*. Ανάκληση Μάρτιος 14, 2008, από <http://www.freegr.gr>
- 19) Techteam. (2006). *HSDPA*. Ανάκληση Φεβρουάριος 18, 2008, από <http://www.techteam.gr>
- 20) Kiniti. (2005). *Slim Phones*. Ανάκληση Μάρτιος 18, 2008, από <http://www.kiniti.gr>
- 21) Kiniti. (2005). *Nokia Open Studio Event*. Ανάκληση Φεβρουάριος 22, 2008, από <http://www.kiniti.gr>
- 22) Kiniti. (2005). *Siemens S65*. Ανάκληση Μάρτιος 12, 2008, από <http://www.kiniti.gr>
- 23) Kiniti. (2005). *Panasonic X60*. Ανάκληση Απρίλιος 13, 2008, από <http://www.kiniti.gr>
- 24) Gsmforum. (2007). *LG Hellas – Δελτία Τύπου*. Ανάκληση Μάρτιος 5, 2008, από <http://www.gsmforum.gr>
- 25) Ekato. (χ.χ.). *Έρευνα της E.KAT.O. για την χρήση κινητών τηλεφώνων*. Ανάκληση Απρίλιος 13, 2008, από <http://www.ekato.org>
- 26) Techfaq. (χ.χ.). *Motorola KRZR K1*. Ανάκληση Απρίλιος 15, 2008, από <http://www.techfaq.com>
- 27) Sepe. (2008). *GFK: Υψηλής τεχνολογίας κινητά τηλέφωνα προτιμούν οι Έλληνες*. Ανάκληση Μάρτιος 15, 2008, από <http://www.seps.gr>
- 28) Myphone. (2005). *Panasonic VS3*. Ανάκληση Ιανουάριος 13, 2008, από <http://www.myphone.gr>

- 29) Safeinternet. (2007). *Καλώς ήλθατε στο 5^ο τεύχος του διμηνιαίου news letter μας για το 2007*. Ανάκληση Φεβρουάριος 15, 2008, από <http://www.safeinternet.gr>
- 30) Myphone. (2006). *Μείωση των πωλήσεων κινητών τηλεφώνων*. Ανάκληση Απρίλιος 14, 2008, από <http://www.myphone.gr>
- 31) Techteam. (χ.χ.). *LG KG920*. Ανάκληση Φεβρουάριος 16, 2008, από <http://www.techteam.gr>
- 32) Techteam. (χ.χ.). *Sony Ericsson K800i*. Ανάκληση Απρίλιος 14, 2008, από <http://www.techteam.gr>
- 33) Telecomtimes. (χ.χ.). *Telecom Times – Alcatel*. Ανάκληση Φεβρουάριος 16, 2008, από <http://www.telecomtimes.gr>
- 34) Connecting. (χ.χ.). *4 Νέα Nokia*. Ανάκληση Απρίλιος 12, 2008, από <http://www.connecting.gr>
- 35) In2life. (χ.χ.). *Smart phones : 5 κινητά με υψηλό δείκτη... ευφυΐας*. Ανάκληση Ιανουάριος 12, 2008, από <http://www.in2life.gr>
- 36) Germanos. (χ.χ.). *Digital Technology Laboratories*. Ανάκληση Μάρτιος 12, 2008, από <http://www.germanos.gr>
- 37) Pramnos. (2005). *Δυο νέα κινητά τηλέφωνα και νέες υπηρεσίες από τη Nokia*. Ανάκληση Απρίλιος 2, 2008, από <http://www.pramnos.net>
- 38) Servitoros. (2007). *Η LG παρουσιάζει το εκλεπτυσμένο και στιλάτο κινητό LG KE 500*. Ανάκληση Ιανουάριος 18, 2008, από <http://www.servitoros.gr>
- 39) Servitoros. (2003). *Το νέο Nokia 7600 τρίτης γενιάς δημιουργεί «Διαφορετική Έμπνευση» στην κινητή τηλεφωνία*. Ανάκληση Ιανουάριος 18, 2008, από <http://www.servitoros.gr>
- 40) Μάρκος, Α. Ι. (2006). *Βοήθεια στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της Παραγοντικής Ανάλυσης των Αντιστοιχιών & Αλγόριθμοι Κατασκευής και Ανάλυσης Ειδικών Πινάκων Εισόδου για Biplot*. Ανάκληση Σεπτέμβριος 12, 2008, από <http://dSPACE.lib.uom.gr>

