

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΡ. ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: 1308



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ
ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΜΑΤΛΑΒ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: ΥΦΑΝΤΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, ΘΕΟΧΑΡΑΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν έγγραφο αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην λήψη, επεξεργασία και λειτουργία ενός συστήματος βιομετρικού έλεγχου μέσω δακτυλικού αποτυπώματος.

Αρχικά παρουσιάζεται το δακτυλικό αποτύπωμα ως βιομετρικό χαρακτηριστικό με τον ορισμό του, τα χαρακτηριστικά του και τις ιδιότητες του, τα πεδία εφαρμογής και μία ιστορική αναδρομή αυτού. Στην συνέχεια αναφέρονται τα βασικά είδη των αισθητήρων για την λήψη των δακτυλικών αποτυπωμάτων, τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα τους με τα οποία κρίνονται.

Ακολούθως παρουσιάζεται η δομή του συστήματος ως υλικό αλλά και τα σημαντικά χαρακτηριστικά αυτού. Αναφέρεται η εκτέλεση του σε πρακτικό αλλά και θεωρητικό υπόβαθρο από την στιγμή της συνδεσμολογίας μέχρι και την στιγμή του τελικού αποτελέσματος και εξ ακριβώνεται ο βέλτιστος συνδυασμός τιμών μεταβλητών για την εύρεση του σημείου ισορροπίας ανάμεσα σε απόδοση και ταχύτητα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κύριους Υφαντή Απόστολο, Θεοχαράτο Χρήστο και Ράπτη Παναγιώτη για την σημαντική βοήθεια τους αλλά και το εργαστήριο Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου και Σημάτων για την παραχώρηση του υλικού για την πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Δημόπουλος Βασίλης

Φεβρουάριος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με τον αναγνώριση (ή εξακρίβωση) ατόμων μέσω βιομετρικού ελέγχου του δακτυλικού αποτυπώματος (fingerprint identification).

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρει ονομαστικά τα βασικά βιομετρικά χαρακτηριστικά και στη συνέχεια συγκεκριμενοποιείται στο δακτυλικό αποτύπωμα ως βιομετρικό χαρακτηριστικό. Αναφέρεται ο ορισμός, η ιστορία του, οι ιδιότητες του, τα χαρακτηριστικά του και τα πεδία εφαρμογής του.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει τις κατηγορίες των αισθητήρων για την λήψη των δακτυλικών αποτυπωμάτων, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών.

Στη συνέχεια το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στον ηλεκτρονικό αισθητήρα AFS8600 καθώς και την μητρική κάρτα C6713DSK που χρησιμοποιήθηκαν για την λήψη δακτυλικών αποτυπωμάτων και τη δημιουργία της αντίστοιχης βάσης δεδομένων και αναλύει τα βασικά και σημαντικά κομμάτια της δομής τους.

Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο. Αυτό παρουσιάζει ένα δειγματικό πίνακα της βάσης δεδομένων δακτυλικών αποτυπωμάτων που έχει δημιουργηθεί αλλά και το θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο ακολουθήθηκε για την εξαγωγή και σύγκριση των χαρακτηριστικών. Οι τεχνικές αυτές αφορούν τα φίλτρα Gabor για την εξαγωγή χαρακτηριστικών σχήματος και υφής από τις εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων, τον γράφο MST, το στατιστικό μέτρο WWW-test που χρησιμοποιείται για την σύγκριση των χαρακτηριστικών κατανομών που έχουν εξαχθεί από τις εικόνες και το οποίο κάνει χρήση του MST-γράφου, καθώς και το νευρωνικό δίκτυο Neural Gas που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή αντιπροσωπευτικών χαρακτηριστικών διανυσμάτων των αποτυπωμάτων αυτών. Ακόμα αναφέρεται και το σύστημα με το οποίο ελέγχεται η απόδοση του συστήματος (δηλαδή τα μέτρα FAR, FRR και GAR). Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως από την τιμή του πίνακα GAR υπολογίζεται η μέση τιμή, η οποία είναι και το ποσοστό επί της εκατό της ακρίβειας του ελέγχου του συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της πτυχιακής παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθείται από την στιγμή της συναρμολόγησης του υλικού (Θυγατρική κάρτα AFS8600 και Μητρική C6713) μέχρι και το τελικό αποτέλεσμα αυτής, αλλά και η εκτίμηση των τιμών των μεταβλητών για την δημιουργία του βέλτιστου συνδυασμού απόδοσης και ταχύτητας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο δίνονται κάποια συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας και τροφή για μελλοντικές κατευθύνσεις και περαιτέρω ερευνητικές προσπάθειες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
1. ΔΑΚΤΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ	7
1.1 Βιομετρικά Χαρακτηριστικά	7
1.2 Δακτυλικά Αποτυπώματα	9
1.2.1 Ορισμός Δακτυλικών Αποτυπωμάτων	9
1.2.2 Ιστορική Αναδρομή Δακτυλικών Αποτυπωμάτων	9
1.2.3 Ιδιότητες Δακτυλικών Αποτυπωμάτων	12
1.2.4 Χαρακτηριστικά Δακτυλικών Αποτυπωμάτων	12
1.2.5 Πεδία Εφαρμογής Δακτυλικών αποτυπωμάτων ως βιομετρικό στοιχείο εξακρίβωσης	16
1.2.6 Δακτυλικό αποτύπωμα και 21 ^{ος} αιώνας.....	17
2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ.....	18
2.1 Ορισμός Ηλεκτρονικού Αισθητήρα	18
2.2 Οπτικός Αισθητήρας	18
2.3 Θερμικοί αισθητήρες.....	22
2.4 Χωρητικοί Αισθητήρες ή Αισθητήρες Πυριτίου.....	24
2.5 Αισθητήρας ραδιοσυχνότητας.....	26
2.6 Αισθητήρας Υπερήχων.....	27
3 DKS 6713 Kit ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ AFS8600.....	29
3.1 TMS320C6713 DSK Μητρική Κάρτα	29
3.2 Αισθητήρας AFS8600	32

4	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ	34
4.1	Βάση δεδομένων.	34
4.2	Εξαγωγή χαρακτηριστικών.....	35
4.2.1	Φίλτρα Gabor	35
4.2.2	Gabor Jets και Νευρωνικό Δίκτυο Neural Gas.	38
4.3	Σύγκριση Χαρακτηριστικών.	39
4.3.1	MST-γράφος (MST-graph).....	39
4.3.2	W.W.τεστ (Wald-Wolfowitz test)	40
4.4	Επίδοση και Αποτελεσματικότητα.....	44
4.4.1	Ρυθμός Λανθασμένης Αποδοχής (False Acceptance Rate, FAR)	44
4.4.2	Ρυθμός Λανθασμένης Απόρριψης (False Rejection Rate, FRR).....	44
4.4.3	Ρυθμός Έγκυρης Αποδοχής (Genuine Acceptance Rate, GAR)	45
5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	46
5.1	Προετοιμασία Συστήματος AFS8600 και C6713 DSK και δημιουργία βάσης δεδομένων.	46
5.2	Επεξεργασία.....	50
5.3	Δοκιμές και Αποτελέσματα (Evaluations).....	51
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ.....	56
6.1	Συμπεράσματα.	56
6.2	Μελλοντικές Κατευθύνσεις.	57
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	59
A.	ΒΑΣΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ.....	59
I.	Βασικός Κώδικας Make Gabor.	59
II.	Νευρωνικό δίκτυο Neural Gas	60
III.	Δημιουργία Κατανομής FAR.....	60
IV.	Δημιουργία κατανομής GAR.....	61
V.	Επανα-τακτοποίηση τιμών μέτρων FAR, GAR	62
VI.	Υπολογισμός FAR, GAR με Όριο (threshold).....	62

B.	ΥΠΟ-ΡΟΥΤΙΝΕΣ	64
I.	<i>xvp_MakeGabor</i>	64
II.	<i>xvp_MakeGabor_NoMean</i>	64
III.	<i>xvp_showGaborWavelets</i>	65
IV.	<i>xvp_GFilter</i>	66
V.	<i>xvp_Gabor</i>	66
VI.	<i>xvp_CreateGaborWavelets</i>	68
VII.	<i>Neural Gas</i>	68
VIII.	<i>Hist_cost_2</i>	70

1. ΔΑΚΤΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ

1.1 Βιομετρικά Χαρακτηριστικά.

Ως Βιομετρικά χαρακτηριστικά ορίζουμε τα μοναδικά, μετρήσιμα, φυσικά γνωρίσματα που χρησιμοποιούνται προκειμένου αναγνωριστεί η ταυτότητα ενός ατόμου. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- I. *Πρόσωπο.* Σε αυτό ανάγονται οι διαστάσεις τα σχήματα αλλά και μερικές φορές και το χρώμα του δέρματος ενός προσώπου.
- II. *Δακτυλικό αποτύπωμα,* δηλαδή η υφή του δακτύλου μας αλλά και τα σχήματα τα οποία αυτή δημιουργεί.
- III. *Ιριδα ματιών (η οποία έχει αντικατασταθεί από τον αμφιβληστροειδή),* όπου σε αυτό το βιομετρικό χαρακτηριστικό μελετάται η μορφή των σχημάτων που δημιουργούνται αλλά και τι χρώμα αυτών.
- IV. *Μυρωδιά.* Με τον όρο μυρωδιά προσδιορίζουμε τις χημικές ενώσεις και τα αέρια-οσμές που εξάγει το σώμα μας κατά την διάρκεια της ζωής του.
- V. *Γραφή.* Με τον όρο γραφή εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο σχηματίζονται τα γράμματα αλλά και τα σχήματα τα οποία δημιουργούμε με την γραφή μας. Σε αυτό τον τομέα ανάγεται και η υπογραφή.
- VI. *Φωνή.*
- VII. *DNA ή Γενετικός Κώδικας.*

Για να μπορέσει να ελέγξει το πόσο ικανά είναι αυτά τα χαρακτηριστικά να διαχωρίσουν αλλά και να εξακριβώσουν την ταυτότητα ενός ατόμου, δημιουργήθηκαν κάποια κριτήρια με τα οποία τίθενται σε μελέτη.

Ο ακόλουθος πίνακας (πιν.1.1) μας παρουσιάζει τα παραπάνω βιομετρικά χαρακτηριστικά ως προς τα κριτήρια με τα οποία ταξινομούνται και κρίνονται.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΙΚΟΥΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΗΜΟΤΗΤΑ	ΣΥΛΛΟΓΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΔΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΔΟΣΗ	ΚΑΤΑΣΤΡΑΤΗΓΗΣΗ
Πρόσωπο	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Δακτυλικό αποτύπωμα	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Τριδα ματιών	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Γραφή (Υπογραφή)	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Φωνή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή
DNA	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Πίνακας 1.1 .Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα βασικά βιομετρικά χαρακτηριστικά με βάση τα κριτήρια με τα οποία ταξινομούνται και κρίνονται για την αξιοπιστία τους.

Το πιο γνωστό από τα παραπάνω είναι το δακτυλικό αποτύπωμα το οποίο μάλιστα μέχρι και σήμερα είναι το πιο βασικό βιομετρικό στοιχείο για τον προσδιορισμό της μοναδικότητας ενός ατόμου. Είναι το βιομετρικό στοιχείο αυτό το οποίο χρησιμοποιείται παγκοσμίως από επιβεβαιώσεις εγκληματιών από τις αρχές μέχρι και σε αισθητήρες για συστήματα ασφαλείας σε τράπεζες και μέρη φυλάξεων σημαντικών και πολύτιμων αντικειμένων, στοιχείων ή πληροφοριών.

Τον τελευταίο αιώνα με την έγερση της τεχνολογίας και την εμφάνιση καινούριων συσκευών και αισθητήρων πραγματοποιούνται έρευνες πάνω σε κάποια επιπλέον βιομετρικά χαρακτηριστικά όπως είναι η θερμότητα του σώματος αλλά και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ενός ατόμου αλλά και γενικά ενός ζώντος οργανισμού.

1.2 Δακτυλικά Αποτυπώματα.

1.2.1 Ορισμός Δακτυλικών Αποτυπωμάτων

Δακτυλικά αποτυπώματα είναι τα ίχνη (εικόνες) που σχηματίζονται από την αναπαράσταση των θηλοειδών γραμμών των δακτύλων όταν αυτά έρθουν σε επαφή με κάποια λεία επιφάνεια. Οι θηλοειδής αυτές γραμμές πρωτοεμφανίζονται στον άνθρωπο, από τον 3ο με 4ο μήνα της κύησης και διατηρούνται αμετάβλητες καθ' όλη τη διάρκεια του βίου ακόμη και μετά το θάνατό του και μέχρι και την στιγμή της αποσύνθεσης του.

1.2.2 Ιστορική Αναδρομή Δακτυλικών Αποτυπωμάτων

Το δακτυλικό αποτύπωμα έχει τις ρίζες του στο μακρινό παρελθόν. Το πιο παλιό δακτυλικό αποτύπωμα που ανακαλύφθηκε ποτέ, βρέθηκε στην Αίγυπτο το 3000 π.Χ.

Το 14ο αιώνα στην Περσία, ορισμένα επίσημα κυβερνητικά έγγραφα βρέθηκαν να φέρουν αποτυπώματα. Τότε ένας κρατικός γιατρός -από έγγραφα και σημειώσεις που έχουν βρεθεί- μελέτησε το θέμα για να διαπιστώσει ότι ποτέ δύο αποτυπώματα δεν είναι ίδια.

Από το σημείο αυτό και μετά δεν υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες αναφορές η στοιχεία που να μας παρουσιάζουν κάποιας μορφής δακτυλικό αποτύπωμα.

Μέχρι πια τα τέλη του 17ου αιώνα όπου συγκεκριμένα το 1686 ο καθηγητής ανατομίας στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, Marcello Malpighi, επισήμανε σε έκθεσή του τις ζάρες, τις καμπύλες και τις περιστροφές (κύκλους) στα δακτυλικά αποτυπώματα. Δεν έκανε όμως καμία αναφορά στη χρησιμότητά τους ως εργαλείου αναγνώρισης και ταυτοποίησης.

Το 1823, πάλι ένας καθηγητής ανατομίας, ο Τσέχος John Evangelist Purkinje στο Πανεπιστήμιο του Breslau, δημοσίευσε τη δική του διατριβή στην

οποία ανέλυε εννέα πατέντες δακτυλικών αποτυπωμάτων. Κι αυτός όμως, όπως ο Malpighi, δεν αναφέρθηκε καθόλου στην αξία των αποτυπωμάτων όσον αφορά την ταυτοποίηση.

Στα μέσα του 17ου αιώνα, τον Ιούλιο του 1858, οι Άγγλοι ξεκίνησαν να αξιοποιούν τα αποτυπώματα μέσω του σερ William James Herschel. Ο Herschel ήταν πρώτο-χρησιμοποίησε τα αποτυπώματα των δακτύλων σε συμβόλαια που έκλεινε με τον ντόπιο πληθυσμό.

Το 1870 ο Βρετανός διευθυντής χειρουργός του νοσοκομείου Teakinzi στο Τόκιο της Ιαπωνίας, Δρ Henry Faulds, ξεκίνησε μια μελέτη για τις ρυτίδες του δέρματος. Αφορμή για την έρευνα αυτή στάθηκε η ανακάλυψη και δική του καταγραφή δακτυλικών αποτυπωμάτων σε προϊστορικά κεραμικά αντικείμενα. Επίσης ο Faulds όχι μόνο αναγνώρισε τη σημαντικότητα των δακτυλικών αποτυπωμάτων ως μέσου ταυτοποίησης αλλά επινόησε και μια μέθοδο ταξινόμησης και αρχειοθέτησής τους. Ακολούθησε δημοσίευση του στο περιοδικό “Nature” Σε αυτό έγραφε για τα αποτυπώματα ως στοιχείο προσωπικής αναγνώρισης, καθώς και τη χρήση μελανιού ως μέθοδο κατασκευής τέτοιων αποτυπωμάτων.

Το 1882 ο Gilbert Thompson, επιστήμονας του Αμερικανικού Γεωλογικού Κέντρου Έρευνας στο Νέο Μεξικό, χρησιμοποίησε τα δικά του αποτυπώματα σε ένα έγγραφο ώστε να αποφευχθεί η πλαστογραφία. Αυτή είναι και η πρώτη γνωστή χρήση αποτυπωμάτων στις ΗΠΑ.

Παράλληλα με τον Δρ Henry Folds και ο Βρετανός ανθρωπολόγος σερ Francis Galton, ξεκίνησε τις δικές του παρατηρήσεις στα δακτυλικά αποτυπώματα ως μέσο ταυτοποίησης. Μέχρι το 1982 όπου και δημοσίευσε το βιβλίο του «Δακτυλικά Αποτυπώματα» αποδεικνύοντας τη μοναδικότητα και τη μονιμότητα των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Το βιβλίο περιλάμβανε το πρώτο σύστημα ταξινόμησης δακτυλικών αποτυπωμάτων. Ο Galton κατάφερε να αποδείξει επιστημονικά αυτό που ο Hershel και ο Faulds ήδη υποψιάζονταν, ότι τα δακτυλικά αποτυπώματα δεν αλλάζουν στη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου και ότι ποτέ δύο αποτυπώματα διαφορετικών ατόμων δεν είναι ακριβώς τα ίδια.

Ακόμα Το 1891 ο Αργεντινός αξιωματικός της Αστυνομίας, Juan Vucetich, ξεκίνησε να φτιάχνει τους πρώτους φακέλους δακτυλικών αποτυπωμάτων, ακολουθώντας τις οδηγίες του Galton.

Η αρχή αναγνώρισης – ταυτοποίησης εγκληματιών μέσω δακτυλικών αποτυπωμάτων σε Αγγλία και Ουαλία, με τη χρήση των παρατηρήσεων του Galton τις οποίες μελέτησε και συνέταξε ο σερ Richard Henry Edwards , έγινε το 1901 με το Σύστημα Ταξινόμησης του Edwards, το οποίο χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα από τις αγγλόφωνες χώρες.

Το 1902 έγινε η πρώτη συστηματική χρήση των δακτυλικών αποτυπωμάτων από την Επιτροπή Αστικών Υπηρεσιών των ΗΠΑ. Αν και η εφαρμογή αυτή ήταν μόνο δοκιμαστική, ο Δρ Henry P. de Forest (ο οποίος και την πρότεινε) θεωρείται πρωτοπόρος στη χρήση του συστήματος ταξινόμησης δακτυλικών αποτυπωμάτων.

Το 1903 το Σωφρονιστικό Κέντρο της Νέας Υόρκης οργάνωσε την πρώτη συστηματική καταγραφή δακτυλικών αποτυπωμάτων για τους έγκλειστους εγκληματίες του.

Το 1904 ακολούθησαν το Ομοσπονδιακό Σωφρονιστικό Κέντρο στο Leavenworth στο Κάνσας και το Αστυνομικό Τμήμα του Σεντ Λούις εισήγαγαν το σύστημα των δακτυλικών αποτυπωμάτων.

Το 1905 Ο αμερικανικός στρατός εισάγει το σύστημα των αποτυπωμάτων. Δύο χρόνια αργότερα το αμερικανικό ναυτικό ξεκινά κι αυτό και ακολουθούν οι ειδικές δυνάμεις.

Στα 25 χρόνια που ακολούθησαν όλο και περισσότερες κυβερνητικές υπηρεσίες εφαρμογής των νόμων ακολούθησαν το παράδειγμα, εισάγοντας τη χρήση των δακτυλικών αποτυπωμάτων ως μέσου προσωπικής ταυτοποίησης. Πολλές από αυτές τις υπηρεσίες ξεκίνησαν να στέλνουν αντίγραφα των φακέλων δακτυλικών αποτυπωμάτων στο Εθνικό Γραφείο Ταυτοποίησης Εγκληματιών, που ιδρύθηκε από τη Διεθνή Ένωση Αστυνομικών Διευθυντών.

Το 1924 ιδρύεται ο τομέας Ταυτοποίησης του FBI ύστερα από νόμο που ψηφίζει το Κογκρέσο. Το Εθνικό Γραφείο και το Leavenworth συμβουλεύουν και βοηθούν να δημιουργηθεί το αρχείο δακτυλικών αποτυπωμάτων και πυρήνας αυτών από το FBI.

Μέχρι το 1946 το FBI είχε επεξεργαστεί 100 εκατομμύρια κάρτες δακτυλικών αποτυπωμάτων και δημιούργησε χειρόγραφο αρχείο, ενώ το 1971 οι κάρτες είχαν γίνει 200 εκατομμύρια.

1.2.3 Ιδιότητες Δακτυλικών Αποτυπωμάτων

Οι θεμελιώδεις ιδιότητες των δακτυλικών αποτυπωμάτων, είναι ότι παραμένουν αμετάβλητα, αναλλοίωτα υπό φυσιολογικές συνθήκες και δεν υπάρχει καμία περίπτωση ταύτισης των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους σημείων μεταξύ δύο διαφορετικών ατόμων, ούτε καν του ίδιου ατόμου αλλά διαφορετικού δακτύλου. Μέχρι σήμερα και μετά από πολλές συγκριτικές μελέτες και έρευνες, δεν έχει διαπιστωθεί ταύτιση αποτυπωμάτων που να προέρχονται, είτε από διαφορετικά άτομα, είτε από διαφορετικό δάκτυλο του ίδιου ατόμου. Τα αποτυπώματα ως μέσο ταύτισης διακρίνονται σε:

- Σε θετικά και αρνητικά.
- Σε ορατά ή εμφανή που μπορούν να διακριθούν με γυμνό οφθαλμό.
- Σε λανθάνοντα ή αφανή τα οποία συντίθενται από ιδρώτα ο οποίος εμπεριέχει διάφορες ανόργανες και οργανικές ενώσεις, όπως άλατα - γλυκόζη, χοληστερίνη και λιπαρά πτητικά οξέα που ποικίλλουν αναλόγως της διατροφής του ατόμου, των συνθηκών διαβίωσής του κ.λπ. και τα οποία εμφανίζονται με τη βοήθεια μαγνητικών και συμβατικών σκονών, χημικών ουσιών και άλλων τεχνικών μεθόδων.

Η ταύτιση δύο αποτυπωμάτων βασίζεται στη συσχέτιση δια της αντιπαραβολής, ικανού αριθμού ιδιαίτερων χαρακτηριστικών σημείων, σε συνάρτηση της μοναδικότητας και την ιδιαιτερότητας αυτών.

1.2.4 Χαρακτηριστικά Δακτυλικών Αποτυπωμάτων

Προκειμένου να επιτευχθεί η ταυτοποίηση των δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι απαραίτητη η αρχική εξαγωγή κάποιων χαρακτηριστικών σημείων τους. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα που τίθεται κατά την ταυτοποίηση είναι η αναπαράσταση των αποτυπωμάτων με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται ένας «χώρος» αποτυπωμάτων, όπου τα αποτυπώματα που προέρχονται από ίδια δάκτυλα να ανήκουν στην ίδια ομάδα ενώ τα υπόλοιπα σε διαφορετικά σημεία του «χώρου».

Τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να ικανοποιούν τα εξής: 1) να είναι διαφορετικά για κάθε αποτύπωμα ώστε να παρέχουν χρήσιμη πληροφορία για την ταυτοποίησή του και 2) να είναι δυνατή η εύκολη εξαγωγή τους και η αποθήκευση της πληροφορίας σχετικά με αυτά.

Τα χαρακτηριστικά ή αλλιώς οι λεπτομέρειες των αποτυπωμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρία επίπεδα:

- Επίπεδο 1 : το επίπεδο αυτό χαρακτηρίζεται και ως καθολικό επίπεδο και αποτελείται από τη βασική δομή των κορυφογραμμών του αποτυπώματος. Τα ιδιόμορφα σημεία, τα οποία διαχωρίζονται σε σημεία βρόχου και σημεία δέλτα, διαδραματίζουν τον ρόλο σημείων ελέγχου γύρω από τα οποία «περιτυλίγονται» οι κορυφογραμμές. Τα ιδιόμορφα σημεία και οι κορυφογραμμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση των αποτυπωμάτων, αλλά δεν είναι επαρκή για την ταυτοποίηση των εικόνων.
- Επίπεδο 2: στο επίπεδο αυτό ανήκουν οι λεγόμενες μικρολεπτομέρειες (minutiae) των κορυφογραμμών των αποτυπωμάτων. Οι μικρολεπτομέρειες μπορούν να διαχωριστούν σε σημεία τερματισμού και σε σημεία διακλαδώσεων. Τα σημεία τερματισμού αντιστοιχούν στα σημεία των κορυφογραμμών που διακόπτονται απότομα, ενώ τα σημεία διακλαδώσεων στα σημεία που οι κορυφογραμμές διακλαδίζονται. Τα σημεία μικρολεπτομερειών είναι πολύ χρήσιμα για την αναπαράσταση των αποτυπωμάτων και την ταυτοποίησή τους. Παρόλα αυτά η εξαγωγή τους είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, ειδικά σε εικόνες χαμηλής ποιότητας.
- Επίπεδο 3: το επίπεδο αυτό διαμορφώνεται από ενδογενή χαρακτηριστικά των κορυφογραμμών. Το πιο διαδεδομένο χαρακτηριστικό από αυτά είναι οι πόροι των κορυφογραμμών, των οποίων η θέση και το σχήμα αποτελούν πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά για το διαχωρισμό των αποτυπωμάτων. Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών αυτών απαιτεί εικόνες πολύ μεγάλης ανάλυσης (π.χ. 1000 dpi), αλλά και υψηλής ποιότητας. Για τον λόγο αυτό η χρήση τους κατά την ταυτοποίηση αποτυπωμάτων είναι ακόμα περιορισμένη.

Έτσι βάσει των τριών επιπέδων που προαναφερθήκαν, τα δακτυλικά αποτυπώματα μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις μεγάλες γενικές ομάδες των μοντέλων, όπου κάθε ομάδα φέρει τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά ή οικογενειακή ομοιότητα. Τα μοτίβα δύνανται να διαιρεθούν περαιτέρω σε υπο-ομάδες με την βοήθεια των μικρότερων διαφορών που υπάρχουν μεταξύ των σχημάτων στην ίδια γενική ομάδα. Τα τμήματα αυτά είναι τα εξής:

- Σε μορφή αψίδας.
Η κατηγορία αυτή εμφανίζεται περίπου στο 5% των δακτυλικών αποτυπωμάτων που έχουν μελετηθεί. Σε αυτή την μορφή οι

κορυφές-παρυφές διαρρέουν το δάκτυλο από την μία πλευρά έως την άλλη χωρίς να γυρνάν προς τα πίσω. Κανονικά δεν υπάρχει μορφή δέλτα στα δακτυλικά αποτυπώματα μορφής αψίδας, αλλά αν υπάρχει, καμία κορυφή δεν καμπυλώνεται, περνάει η εμπλέκεται ανάμεσα στο δέλτα και το σημείο πυρήνα. Υπάρχουν δύο διακριτά είδη μορφής αψίδας (εικόνες αριστερά):

- Ø Αψίδα κοιλάδας (Εικόνα 1.1).
- Ø Τεντωμένη αψίδα (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.1: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Αψίδας Κοιλάδας



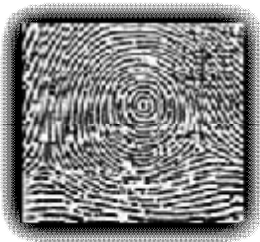
Εικόνα 1.2: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Τεντωμένης Αψίδας.

- Σε μορφή βρόγχου.
 - Οι βρόγχοι κατέχουν το 60-70% των δακτυλικών αποτυπωμάτων που έχουν μελετηθεί. Μία ή περισσότερες κορυφές-παρυφές μπαίνουν και από τις δύο πλευρές του δακτύλου όπου καμπυλώνουν, ακουμπάν μεταξύ τους ή διασταυρώνονται με την γραμμή που περνάει από το δέλτα στο σημείο πυρήνα και τερματίζουν επάνω στην στον ίδιο τους τον εαυτό ή τελειώνουν στην πλευρά από όπου μπήκαν . Κάθε μοτίβο βρόγχου έχει μέσα του ένα δέλτα και ένα σημείο πυρήνα και κάποιον διακριτό αριθμό παρυφών-κορυφών. Η ροή στο μοτίβο ακτινωτού βρόγχου ρέει στην κατεύθυνση της ακτίνας (προς τον αντίχειρα). Και εδώ υπάρχουν δύο είδη:
 - Ø Το μοτίβο ακτινωτού βρόγχου του οποίου δεν είναι αρκετά συνηθισμένη η παρουσία του στον αντίχειρα και συνήθως παρατηρείτε στον δείκτη (Εικόνα 1.3 αριστερά).
 - Ø Ο ελαφρύς βρόγχος ο οποίος παρατηρείτε στο μικρό δάκτυλο του χεριού κυρίως και διαρρέει το δάκτυλο ξεκινώντας από την πλευρά του μικρού δακτύλου και τελειώνοντας σε αυτή (Εικόνα 1.4 δεξιά).



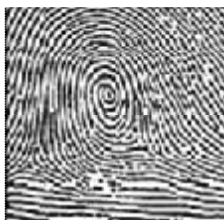
Εικόνα.1.3: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Ακτινωτού βρόγχου αριστερά και ένα μοτίβο Ελαφρύ βρόγχου δεξιά.

- Και τέλος στην μορφή δακτυλίου. Ο δακτύλιος παρατηρείται στο 25-35% των δακτυλικών αποτυπωμάτων που έχουν μελετηθεί. Κάθε μοτίβο το οποίο περιέχει πάνω από δύο δέλτα ανάγεται σε αυτή την κατηγορία. Υπάρχουν τέσσερα είδη μοτίβου δακτυλίου:



Εικόνα 1.5: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Δακτυλίου Κοιλιάδας.

- ∅ Ο δακτύλιος κοιλάδας, ο οποίος αποτελείται από μία η περισσότερες παρυφές-κορυφές που φτιάχνουν ή τείνουν να φτιάξουν έναν ολοκληρωμένο κύκλο με δύο δέλτα και μία φανταστική γραμμή να σχεδιάζεται ανάμεσα (Εικόνα 1.5). Ακόμα υπάρχει μέσα στο μοτίβο αυτό και μία η περισσότερες παρυφές-κορυφές που ξανά-καμπυλώνουν κόβονται η εφάπτονται.



Εικόνα 1.6: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Δακτυλίου κεντρικής τσέπης

- ∅ Ο δακτύλιος κεντρικής τσέπης αποτελείται από το λιγότερο μία κυρτή παρυφή- κορυφή και από ένα εμπόδιο στην δεξιά γωνία της πλευράς ροής. Περιέχει δύο δέλτα μεταξύ των οποίων όταν δημιουργείται μία φανταστική γραμμή, καμία κυρτή κορυφή-παρυφή του μοτίβου δεν κόβεται ή εφάπτεται (Εικόνα 1.6). Οι παρυφές-κορυφές του δακτυλίου κεντρικής τσέπης κάνουν ένα πλήρη κύκλο όπου μπορεί να είναι σπειροειδές, οβάλ, κυκλικός ή κάποιο άλλο σχήμα που να τείνει στον κύκλο.



Εικόνα 1.7: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Δακτυλίου Διπλού βρόγχου.



Εικόνα 1.8: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα μοτίβο δακτυλικού αποτυπώματος τύπου Αψίδας κοιλάδας.

Ø Υπάρχουν και οι δακτύλιοι διπλού βρόγχου (μία μορφή βρόγχου και από τις δύο πλευρές). Αυτής της μορφής ο δακτύλιος αποτελείται από δύο σαφή ξεχωριστούς ώμους για κάθε πυρήνα(Εικόνα 1.7). Δύο δέλτα και μία η περισσότερες παρυφές-κορυφές που δημιουργούν ένα ολοκληρωμένο κύκλο. Ανάμεσα στον εκάστοτε πυρήνα και το εκάστοτε δέλτα του μοτίβου αν εμφανίζεται μία φανταστική γραμμή και υπάρχει μία παρυφή-κορυφή που διαρρέεται από αυτή, τότε η παρυφή-κορυφή κόβεται η εφάπτεται.

Ø Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν και οι τυχαίοι δακτύλιοι που αποτελούνται από δύο διαφορετικά είδη μοτίβου με εξαίρεση το μοτίβο αψίδας κοιλάδας(Εικόνα 1.8) . Έχει δύο η περισσότερα δέλτα ή μοτίβα που περιέχουν κάποια από τα απαραίτητα για δύο η περισσότερα είδη μοτίβων που δεν συμμορφώνονται σε κανέναν από τους ορισμούς.

1.2.5 Πεδία Εφαρμογής Δακτυλικών αποτυπωμάτων ως βιομετρικό στοιχείο εξακρίβωσης

Η επιστημονικό-τεχνική αξιοποίηση - παραβολή των αποτυπωμάτων, μας οδηγεί με ασφαλή τρόπο, στην διαπίστωση της ταυτότητας κάθε ζώντος ή θανόντος ατόμου. Ειδικότερα αποτελεί τη μέθοδο βάσει της οποίας οδηγούμαστε:

- i Στην διαπίστωση της ταυτότητας αγνώστων δραστών εγκληματικής πράξεως.
- ii Στην επιβεβαίωση της ταυτότητας συλληφθέντων ατόμων.
- iii Στην συσχέτιση υπόπτων ατόμων με τα ανευρεθέντα στον τόπο του εγκλήματος αποτυπώματα.
- iv Στην αναγνώριση της ταυτότητας θυμάτων και εξαφανισμένων ατόμων.
- v Στην αναγνώριση της ταυτότητας δικαιολογημένα θιγμένων ατόμων.
- vi Στην διαπίστωση της ταυτότητας ατόμων που δηλώνουν ψευδή στοιχεία ή αρνούνται να δώσουν στοιχεία ταυτότητας.
- vii Στην άρση ή επιβεβαίωση αμφισβητήσεων σε περίπτωση συνωνυμιών.

- viii Στην διαπίστωση της ταυτότητας αμνημόνων, κωφαλάλων και ευρισκόμενων σε κώμα ατόμων.
- ix Στην διαπίστωση της ταυτότητας από τροχαία ατυχήματα, μαζικές καταστροφές και λοιπά αίτια.
- x Στην διαπίστωση εγκλεισμού λάθους ατόμου στη φυλακή και στη πρόληψη αποφυλάκισης λάθος ατόμου.

Ακόμα όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε τομείς ασφάλειας όπου μέσω αισθητήρων και της διαδικασίας επιβεβαίωσης μπορεί να επιτευχθεί η αδειοδότηση χρήσης του εκάστοτε χώρου, αντικειμένου, λειτουργίας και στοιχείων.

1.2.6 Δακτυλικό αποτύπωμα και 21^{ος} αιώνας

Υπάρχουν αρκετοί γνωστοί μέθοδοι που ισχύουν και εφαρμόζονται ακόμα και σήμερα στον τρόπο λήψης ενός δακτυλικού αποτυπώματος. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Ο πρώτος και πιο απλός είναι με την χρήση μίας μορφής σφραγίδας φτιαγμένης από καουτσούκ. Αυτής της μορφής η λήψη δεν συνιστάται γιατί η ζημία που προκαλεί στα ρούχα και στο γύρω περιβάλλον είναι αρκετά μεγάλη.
- Μία απλούστερη και πιο φθηνή μέθοδος είναι αν τρίψουμε πάνω σε μία μικρή επιφάνεια χαρτιού λίγο μολύβι με σκοπό να φτιάξουμε μία μικρή επιφάνεια από γραφική ύλη, όπου θα πιέζοντας το δάχτυλο μας πάνω σε αυτή ένα ποσοστό της κολλάτε επάνω στο δάχτυλο. Στη συνέχεια ακουμπώντας το δάχτυλο αυτό επάνω σε μία καθαρή επιφάνεια αφήνει ένα ίχνος των παρυφών-κορυφών επάνω σε αυτή που παίρνει το σχήμα και μοτίβο του δακτυλικού αποτυπώματος. Σε κρατική η αστυνομική καταχώριση στοιχείων χρησιμοποιείται μελάνη για την δημιουργία του ίχνους έτσι ώστε να μην καταστραφεί με την πάροδο του χρόνου.
- Υπάρχει ακόμα και ένας τρόπος μέσα από την τεχνολογία να επιτευχθεί η λήψη δακτυλικού αποτυπώματος. Αυτός είναι μέσω ηλεκτρονικών αισθητήρων που λαμβάνουν το αποτύπωμα σε ηλεκτρονική μορφή.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται εμπειριστατωμένα ποιοι είναι αυτοί οι αισθητήρες, πως λειτουργούν, ποιοι είναι οι τομείς που εφαρμόζονται και αρκετές ακόμα πληροφορίες που θα εμβαθύνουν στον τομέα των ηλεκτρονικών αισθητήρων δακτυλικών αποτυπωμάτων

2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ

2.1 Ορισμός Ηλεκτρονικού Αισθητήρα.

Ως ηλεκτρονικό αισθητήρα ορίζουμε την ηλεκτρονική αυτή κάθε αυτή συσκευή που χρησιμοποιείται για την λήψη ψηφιακών εικόνων ενός δακτυλικού αποτυπώματος. Η εικόνα η οποία λαμβάνει χαρακτηρίζεται ως «ζωντανή σάρωση», η οποία με την σειρά της περνώντας από κάποια βασικά βήματα ψηφιακής επεξεργασίας δημιουργεί το βιομετρικό μοτίβο (μία συλλογή από εξαγόμενα από αυτό στοιχεία) που αποθηκεύονται και χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση τους σε μελλοντική ανάγκη.

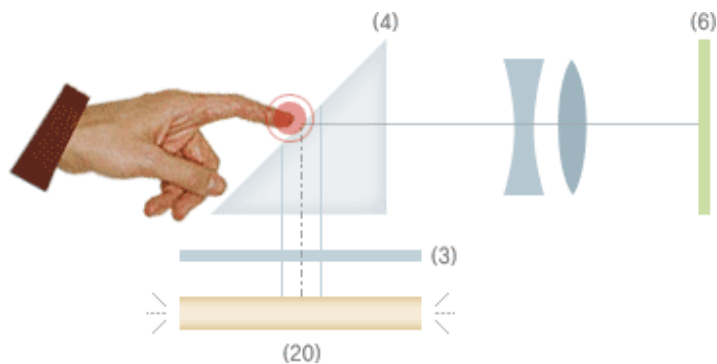
Στην αγορά υπάρχουν αρκετών κατηγοριών αισθητήρες. Κάποιοι από αυτούς είναι γνωστοί άλλοι λόγω της σπανιότερης χρήσης τους δεν είναι τόσο διαδεδομένοι. Αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Οπτικοί Αισθητήρες.
- Θερμικοί Αισθητήρες.
- Αισθητήρες Χωρητικότητας.
- Αισθητήρες Ραδιοσυχνοτήτων.
- Αισθητήρας Υπερήχων.

2.2 Οπτικός Αισθητήρας.

Οπτικός ηλεκτρονικός αισθητήρας είναι ο ηλεκτρονικός αισθητήρας που για την λήψη της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος χρησιμοποιεί το ορατό φως. Αυτού του είδους οι αισθητήρες είναι στην ουσία τους, μία ειδικευμένης μορφής ψηφιακή κάμερα. Υπάρχουν δύο ειδών οπτικοί αισθητήρες ως προς την κατασκευή τους. Οι αισθητήρες με τριγωνικό πρίσμα και οι αισθητήρες με τετραγωνικό-τριγωνικό πρίσμα.

- Οι οπτικοί αισθητήρες με τριγωνικό πρίσμα λειτουργούν μέσω της απορρόφησης του φωτός. Αποτελείται από ένα δεξιάς γωνίας τριγωνικό πρίσμα (4), μία φωτεινή πηγή (20) μία πλάκα διάθλασης φωτός (3), ένα σύνολο από φακούς και ένα αισθητήρα φωτός(6).



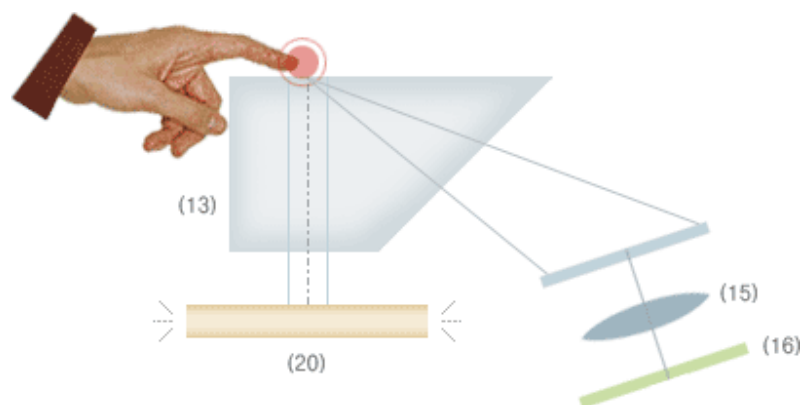
Εικόνα 2.1: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα δεξιάς γωνίας τριγωνικό πρίσμα (4), μία φωτεινή πηγή (20) μία πλάκα διάθλασης φωτός (3), ένα σύνολο από φακούς και ένα αισθητήρα φωτός(6).

Όταν ένα δάκτυλο εφαρμόζει στην επιφάνεια επαφής, οι παρυφές-κορυφές του πιέζονται κοντά στην επιφάνεια ενώ οι κοιλάδες αποσπώνται από αυτό. Το φως που εκπέμπεται από την φωτεινή πηγή γίνεται ομοιόμορφο μέσα από την πλάκα διάθλασης του φωτός και φτάνει στην επιφάνεια του δακτυλικού αποτυπώματος μέσα από το πρίσμα. Αν το φως έρθει σε επαφή με κοιλάδα παρατηρείται το φαινόμενο ολικής εσωτερικής ανάκλασης, έτσι ώστε αφού περάσει μέσα από την ομάδα φακών, να φτάσει στον αισθητήρα που αποτελείται από στοιχεία CCD (Charge Coupled Device) ή από CMOS (complementary Metal Oxide Semiconductors) στοιχεία. Από την άλλη πλευρά, αν το φως έρθει σε επαφή με παρυφή-κορυφή, η οποία όπως αναφέρθηκε πριν είναι κοντά στην επιφάνεια επαφής του δακτυλικού αποτυπώματος, ένα ποσοστό μεταφέρεται στον αισθητήρα μέσω της διαδικασίας ολικής ανάκλασης του φωτός και κάποιο απορροφάται από τις παρυφές-κορυφές.

Αυτή η διαδικασία παρουσιάζει μία μεταβολή ανάμεσα στο φως που δέχεται ο αισθητήρας μέσω του φαινομένου ολικής ανάκλασης από τις παρυφές-κορυφές και τις κοιλάδες. Υπολογίζοντας τις αλλαγές στην ένταση του φωτός που ανακλάται δημιουργεί το μοτίβο του δακτυλικού αποτυπώματος.

Ο οπτικός αισθητήρας απορρόφησης χρειάζεται αρκετά LEDs για να λειτουργήσει (15-20) από την στιγμή που χρειάζεται για την λειτουργία του το φως να είναι δύο διαστάσεων και ομοιόμορφο μετά το πέρας του από την πλάκα διάθλασης. Για να γίνει η λήψη της εικόνας ενός δακτυλικού αποτυπώματος χωρίς παρεμβολές από διαφορετικά οπτικά σημεία, πρέπει το πρίσμα να έχει μία ικανοποιητικά αποδεκτή απόσταση από τον αισθητήρα.

- Η δεύτερη μορφή οπτικών ηλεκτρικών αισθητήρων, ονομάζονται οπτικοί ηλεκτρικοί αισθητήρες διασκορπισμού. Αποτελούνται από ένα τετραγωνικό-τριγωνικό πρίσμα (13), μία φωτεινή πηγή (20), μία ομάδα φακών (15), και έναν αισθητήρα εικόνας (16).



Εικόνα 2.2: Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε ένα τετραγωνικό-τριγωνικό πρίσμα (13), μία φωτεινή πηγή (20), μία ομάδα φακών (15), και έναν αισθητήρα εικόνας (16).

Όταν ένα δάκτυλο εφαρμόζει στην επιφάνεια επαφής, οι παρυφές-κορυφές του πιέζονται κοντά στην επιφάνεια ενώ οι κοιλάδες αποσπώνται από αυτό. Το φως ακτινοβολείται από την φωτεινή πηγή, περνάει μέσα από το πρίσμα και φτάνει στην επιφάνεια του δακτύλου. Εκεί αν το φως πέσει επάνω σε κοιλάδα περνά μέσα από την επιφάνεια και ακτινοβολείται στο εξωτερικό μέρος του αισθητήρα. Αν από την άλλη το φως πέσει επάνω σε παρυφές-κορυφές αυτό διασκορπίζεται καθώς αντανακλάται λόγω της μη ομοιομορφίας αυτών. Το φως το οποίο διασκορπίζεται περνά μέσα από την ομάδα φακών και φτάνει στον αισθητήρα ο οποίος αποτελείται από CCD ή CMOS στοιχεία. Το φως το οποίο διασκορπίζεται καθώς περνά μέσα από τις κοιλάδες σπάνια φτάνει στον αισθητήρα ενώ το φως το οποίο διασκορπίζεται από την αντανάκλαση επάνω στις παρυφές-κορυφές σχεδόν πάντα φτάνει. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα ο αισθητήρας να εμφανίζει τις κοιλάδες ως μαύρες (σκοτεινές) περιοχές και τις κορυφές-παρυφές ως λευκές (φωτεινές).

Ο οπτικός ηλεκτρικός αισθητήρας με τετραγωνικό-τριγωνικό πρίσμα δεν χρειάζεται πλάκα διάχυσης και η αντίθεση του είναι πάρα πολύ καλή. Παρόλα αυτά χρειάζεται και το τετραγωνικό πρίσμα άρα είναι και ποιο ακριβό.

- Πλεονεκτήματα:
 - Ø Μπορούν να αντέξουν έως ένα ποσοστό μεταβολές θερμοκρασίας
 - Ø Είναι αρκετά οικονομική η κατασκευή τους
 - Ø Μπορούν να μας παρέχουν εικόνα ανάλυσης μέχρι 500 dpi
- Μειονεκτήματα:
 - Ø Το μέγεθος της επιφάνειας επαφής του αισθητήρα, οπού για να πάρουμε ένα πολύ καλής ανάλυσης δακτυλικό αποτύπωμα πρέπει να έχουμε μία ικανοποιητικού μεγέθους επιφάνεια επαφής.
 - Ø Τα υπολείμματα προηγούμενων δακτυλικών αποτυπωμάτων μπορεί να αλλοιώσουν το μοτίβο που θα έχει ως έξοδο ο αισθητήρας.
 - Ø Η επένδυση και η συστοιχία CCD του αισθητήρα μπορούν να διαβρωθούν με τον χρόνο, με αποτέλεσμα να μειωθεί η ακρίβεια του.

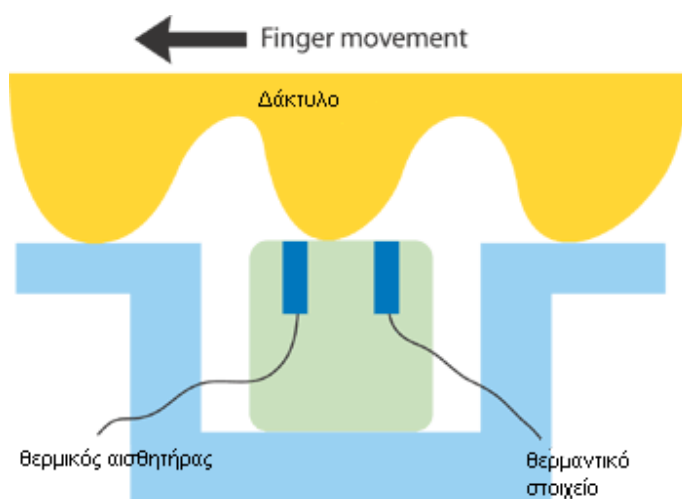
Στην Εικόνα 2.3 που ακολουθεί είναι δειγματικά κάποιες εικόνες αισθητήρων αυτής της κατηγορίας.



Εικόνα 2.3: Στις παραπάνω εικόνες εμφανίζονται διαφορές κατασκευές της κατηγορίας οπτικών αισθητήρων.

2.3 Θερμικοί αισθητήρες.

Οι θερμικοί ηλεκτρονικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν το ίδιο θερμό-ηλεκτρικό υλικό που χρησιμοποιείται και στις θερμικές κάμερες. Όταν τοποθετήσουμε το δάχτυλο στην επιφάνεια επαφής του αισθητήρα, οι παρυφές-κορυφές ακουμπούν πάνω σε αυτό ενώ οι κοιλάδες δεν έρχονται σε επαφή. Έτσι όταν ο αισθητήρας μετράει την θερμοκρασία στην επιφάνεια του, εμφανίζει τις παρυφές-κορυφές με την θερμοκρασία τους (θερμοκρασία σώματος), ενώ τις κοιλάδες με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Μέσω αυτής της αντίθεσης στην θερμοκρασία αναπαράγει την εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος με τις παρυφές ως θερμές περιοχές της εικόνας και τις κοιλάδες ως ψυχρές περιοχές.



Εικόνα 2.4: Στην παραπάνω εικόνα παρατηρείται ένας θερμικός αισθητήρας στην δομή του.

Αυτής της μορφής ο αισθητήρας έχει όμως ένα πολύ μεγάλο μειονέκτημα. Επειδή η μεταβολή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του αισθητήρα είναι εκθετική, ο χρόνος που χρειάζεται για να αποκτήσουν οι περιοχές που ακουμπούν στην επιφάνεια του αισθητήρα (παρυφές-κορυφές) και οι περιοχές που δεν ακουμπούν σε αυτό (κοιλάδες) την ίδια θερμοκρασία, είναι ένα δέκατο του δευτερολέπτου. Αυτό το γεγονός σβήνει την θερμική υπογραφή του δακτύλου επάνω στην επιφάνεια του αισθητήρα πολύ γρήγορα και κάνει την λήψη της εικόνας θέμα χρόνου. Για αυτό τον λόγο το υπολογιστικό σύστημα αυτού του αισθητήρα είναι σχεδιασμένο να λαμβάνει τις θερμικές αυτές μετρήσεις πολύ γρήγορα.

Αυτό το επιτυγχάνουμε με την δημιουργία ενός αισθητήρα σε μορφή λωρίδας όπου η μία πλευρά (επάνω) όπως χρησιμοποιούμε τον αισθητήρα έχει ενσωματωμένο

ένα θερμαντικό στοιχείο και η άλλη πλευρά (κάτω) έχει ενσωματωμένο τον θερμικό αισθητήρα. Έτσι όταν σύρουμε το δάκτυλό μας από επάνω προς τα κάτω οι παρυφές-κορυφές θερμαίνονται από το θερμαντικό στοιχείο ενώ οι κοιλάδες που δεν εφάπτονται σε αυτόν παραμένουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Και επειδή η απόσταση ανάμεσα σε θερμικό στοιχείο και θερμικό αισθητήρα είναι μικρή, ο αισθητήρας προλαβαίνει να αναγνωρίσει το δακτυλικό αποτύπωμα πριν η πλάκα επαφής αποκτήσει ίδια θερμοκρασία. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα ενός θερμικού ηλεκτρονικού αισθητήρα δακτυλικού αποτυπώματος.



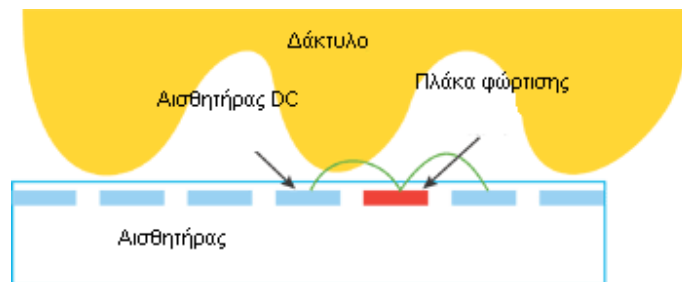
Εικόνα 2.5: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας θερμικός αισθητήρας από την πίσω πλευρά.



Εικόνα 2.6 :Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας θερμικός αισθητήρας από την μπροστά πλευρά.

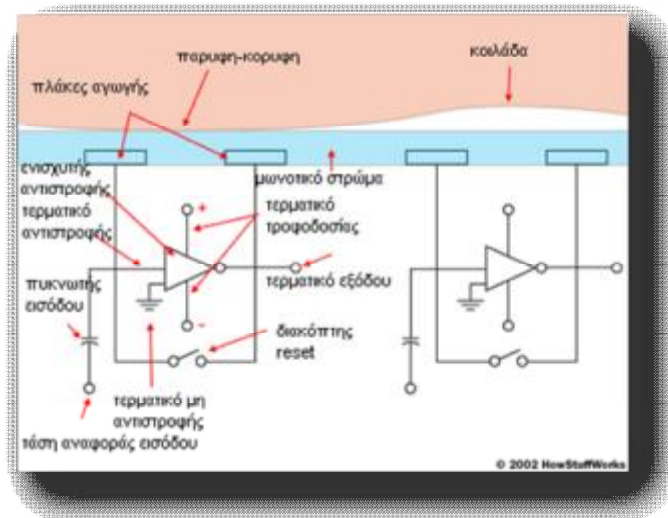
2.4 Χωρητικοί Αισθητήρες ή Αισθητήρες Πυριτίου.

Όπως όλοι οι αισθητήρες δακτυλικών αποτυπωμάτων, οι αισθητήρες χωρητικότητας παράγουν την εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος από τις παρυφές-κορυφές και τις κοιλάδες που υπάρχουν σε αυτό. Αλλά, παρόλα αυτά, δεν χρησιμοποιούν το φως για να τα διακρίνουν αλλά τα ηλεκτρικά φορτία που επάγονται σε αυτά.



Εικόνα 2.7: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας αισθητήρας χωρητικότητας στην δομή του.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει έναν χωρητικό αισθητήρα. Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από ημι-αγώγιμο chip το οποίο εμπεριέχει μία συστοιχία ηλεκτρονικών στοιχείων. Αυτή με την σειρά της εμπεριέχει δύο πλάκες αγωγής, που καλύπτονται από ένα μονωτικό στρώμα. Οι συστοιχίες αυτές είναι πολύ μικρές, μικρότερες από μία παρυφή- κορυφή ή μία κοιλάδα.



Εικόνα 2.8: Η εικόνα αυτή παρουσιάζει την δομή ενός χωρητικού αισθητήρα ποιο λεπτομερή.

Ο αισθητήρας είναι συνδεδεμένος επάνω σε ένα ολοκληρωτή, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που είναι κατασκευασμένο γύρω από ένα ενισχυτή αντιστροφής. Όπως κάθε ενισχυτής, έτσι και ο ενισχυτής αντιστροφής εναλλάσσει ένα φορτίο βασισμένο σε κάποιες διακυμάνσεις κάποιου άλλου φορτίου. Συγκεκριμένα στον αισθητήρα που αναφερόμαστε, αντιστρέφει την τάση εισόδου. Η αντιστροφή βασίζεται στην σχετική τάση δύο εισόδων, οι οποίες καλούνται τερματικό αντιστροφής και τερματικό μη αντιστροφής. Σε αυτή την περίπτωση ο τερματικός μη-αντιστροφής είναι συνδεδεμένος στην γη και ο τερματικός αντιστροφής είναι συνδεδεμένος σε μία τροφοδοσία τάσης αναφοράς και έναν βρόχο ανατροφοδότησης. Ο βρόχος ανατροφοδότησης με την σειρά του συνδέεται στην έξοδο του ενισχυτή, που εμπεριέχει τις πλάκες αγωγής.

Όπως είναι γνωστό, οι πλάκες αγωγής ενός πυκνωτή είναι στοιχεία τα οποία μπορούν να αποθηκεύσουν φορτίο. Η επιφάνεια του δακτύλου μας συμπεριφέρεται σαν μία τρίτη πλάκα φόρτισης η οποία διαχωρίζεται από το μονωτικό στρώμα στην περίπτωση των παρυφών-κορυφών και από ένα θύλακα αέρα στην περίπτωση των κοιλάδων. Έτσι απομακρύνοντας η πλησιάζοντας το δάκτυλο από τον αισθητήρα αυξάνεται ή μειώνεται αντίστοιχα το μέγεθος του ποσού φορτίου που μπορεί να αποθηκεύσει ο κάθε πυκνωτής. Λόγω αυτής της ποιότητας ο πυκνωτής που βρίσκεται κάτω από μία παρυφή-κορυφή έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από τον πυκνωτή που βρίσκεται κάτω από μία κοιλάδα.

Για να σαρώσει ένα δάκτυλο, ο επεξεργαστής πρώτα επαναφέρει σε κατάσταση reset του διακόπτη κάθε συστοιχίας στοιχείων που με την σειρά του εξισορροπεί την έξοδο με την είσοδο σε κάθε ενισχυτή αντιστροφής. Όταν ο διακόπτης ξανά ανοίξει και ο επεξεργαστής εφαρμόσει ένα καθορισμένο φορτίο στο κύκλωμα του ολοκληρωτή, ο πυκνωτής θα φορτίσει. Η χωρητικότητα του πυκνωτή του βρόχου ανατροφοδότησης, επηρεάζει την τάση εισόδου του ενισχυτή, που με την σειρά της επηρεάζει την τάση εξόδου αυτού. Από την στιγμή που η απόσταση από την επιφάνεια του δακτύλου αλλάζει

και αυτό αλλάζει το ποσό χωρητικότητας του πυκνωτή, η επαφή με παρυφή κορυφή θα έχει διαφορετική τάση από την τάση που παρουσιάζεται σε σχέση με την κοιλάδα.

Ο επεξεργαστής του αισθητήρα διαβάσει αυτή την τάση εξόδου και καθορίζει αν το σήμα αυτό κατηγοριοποιείται σαν χαρακτηριστικό παρυφής-κορυφής ή σαν χαρακτηριστικό κοιλάδας. Όταν αυτή η διαδικασία πραγματοποιηθεί για όλες τις συστοιχίες ηλεκτρικών στοιχείων της επιφάνειας του αισθητήρα, ο επεξεργαστής τοποθετεί σε σειρά αυτές τις μετρήσεις και δημιουργεί το ίχνος του δακτύλου (δακτυλικό αποτύπωμα).

- Πλεονεκτήματα:

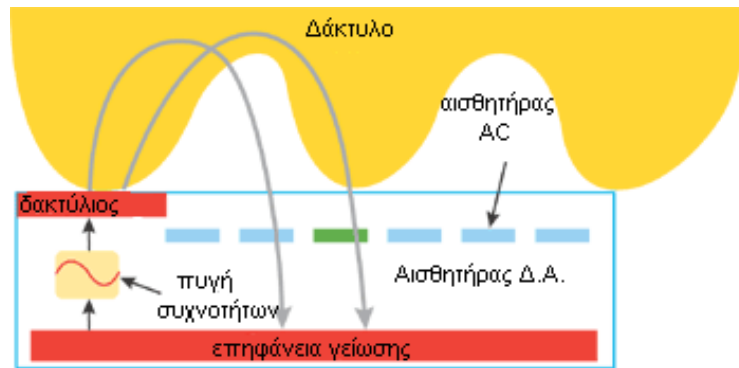
- Ø Ένα chip πυριτίου περιλαμβάνει περίπου 200*200 γραμμές από συστοιχίες, το οποίο αναλογεί σε 1cm*1.5cm. έτσι η παρεχόμενη εικόνα έχει πολύ καλή ανάλυση.
- Ø Το μικρό μέγεθος του chip σημαίνει και μικρό κόστος.
- Ø Ακόμα επειδή είναι τόσο μικρό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο ενός ολοκληρωμένου συστήματος μίας συσκευής.

- Μειονεκτήματα:

- Ø Ανεξαρτήτως τους ισχυρισμούς των κατασκευαστών ότι το πυρίτιο είναι πιο ανθεκτικό από τον οπτικό αισθητήρα, κάτι τέτοιο δεν έχει αποδειχθεί επίσημα ακόμα, ειδικά σε μη ιδανικές συνθήκες.
- Ø Επίσης λόγω του μικρού του μεγέθους είναι σημαντική η εξακρίβωση της εγκυρότητας να έχει γίνει προσεκτικά.

2.5 Αισθητήρας ραδιοσυχνότητας.

Οι αισθητήρες στον τομέα των ραδιοσυχνοτήτων είναι από την βάση τους μία επέκταση των αισθητήρων χωρητικότητας που όμως χρησιμοποιούν το ίδιο το δάκτυλο ως πλάκα φόρτισης αλλά και ως διηλεκτρικό. Χρησιμοποιώντας ένα σήμα χαμηλών συχνοτήτων το οποίο παράγεται από τον δακτύλιο γύρω από την περιοχή επαφής του αισθητήρα, μεταφέρονται ραδιοκύματα από την πηγή -διαπερνώντας το δάκτυλο- προς τον αισθητήρα. Αυτός με τη σειρά του αναλύει το επίπεδο απόσβεσης του σήματος που έχει φτάσει στον αισθητήρα, το οποίο εξαρτάται από τις παρυφές –κορυφές και τις κοιλάδες – και δημιουργεί την δομή του δακτυλικού αποτυπώματος. Επίσης μπορούμε να αυξήσουμε την ποιότητα του δακτυλικού αποτυπώματος αν δειγματοληψτούμε ταυτόχρονα σε διαφορετικές συχνότητες το δάκτυλο.

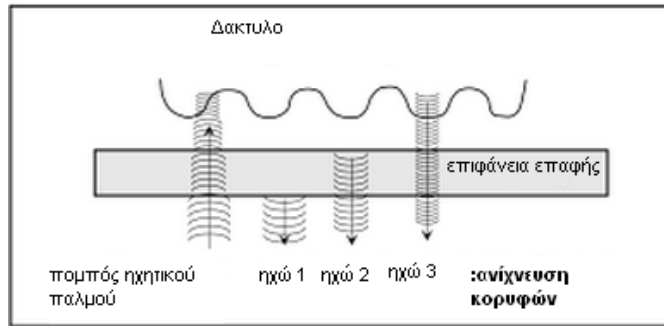


Εικόνα 2.9: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας αισθητήρας ραδιοσυχνοτήτων ως προς την δομή του.

Επειδή οι αισθητήρες ραδιοσυχνοτήτων παράγουν την βέλτιστη σε ποιότητα εικόνα σε σχέση με άλλης μορφής αισθητήρες, είναι οι πιο έμπιστη λύση. Επιπλέον αυτού του είδους η ποιότητα εικόνας αλλά και η δομή του αφήνει ανοιχτά τα περιθώρια σμίκρυνσης του χωρίς να θυσιάσει την αξιοπιστία του, έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος κατασκευής του. Αυτό το γεγονός θέτει τον αισθητήρα ραδιοσυχνοτήτων ως τον πλέον κατάλληλο για χρήση εν κινήσει αλλά και όποιας άλλης περιορισμένου μεγέθους χρήση.

2.6 Αισθητήρας Υπερήχων.

Οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες δακτυλικών αποτυπωμάτων μέσω υπερήχων είναι όπως αναφέρει και το όνομα τους, αισθητήρες που χρησιμοποιούν για την δημιουργία του δακτυλικού αποτυπώματος υπέρηχους.



Εικόνα 2.10: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας αισθητήρας υπερήχων και η διαδικασία λειτουργίας του.

Ως προς την δομή τους, ένας αισθητήρας υπερήχων έχει δύο βασικά κομμάτια, έναν πομπό, ο οποίος παράγει μικρούς ακουστικούς παλμούς και έναν δέκτη, ο οποίος αναλαμβάνει να εντοπίσει τον ακουστικό παλμό που αναπηδά επάνω στην επιφάνεια του δακτύλου. Αυτής η μέθοδος λήψης του δακτυλικού αποτύπωματος είναι εντυπωσιακά ικανή γιατί μπορεί να αναγνωρίσει το δακτυλικό αποτύπωμα ακόμα και μέσα σε ένα (λεπτό) γάντι. Παρόλα αυτά η χρήση τους είναι αρκετά σπάνια κυρίως γιατί η κατασκευή τους αποτελείται από πολλά ογκώδη μηχανικά κομμάτια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μεγάλο κόστος κατασκευής. Κάτι που το κάνει αδύνατο στην μαζική χρήση.

Το συμπέρασμα που βγάζουμε από την μελέτη όλων αυτών των αισθητήρων είναι ότι ο πιο αποτελεσματικός και εύκολος στην χρήση είναι ο αισθητήρας ραδιοσυχνότητας και ο πιο οικονομικός και επίσης εύκολος στην χρήση και την κατασκευή είναι ο χωρητικός αισθητήρας, με τον οποί πραγματοποιείται και η παρούσα πτυχιακή.

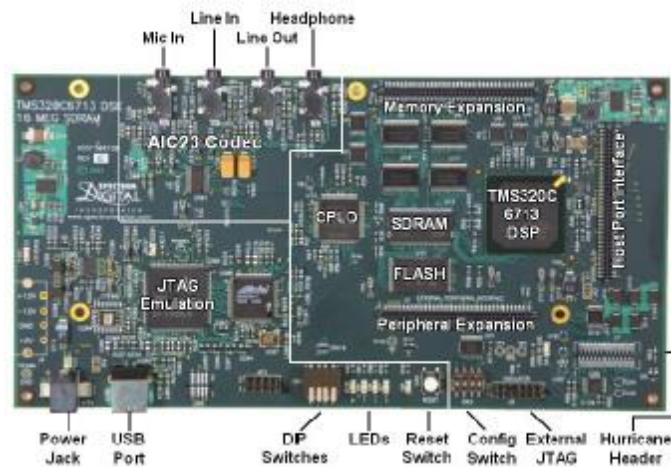
3 DKS 6713 Kit ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ AFS8600

Για την πραγματοποίηση της έρευνας και την δημιουργία της βάσης δεδομένων των δακτυλικών αποτυπωμάτων χρειαζόμαστε κάποιο υλικό το οποίο θα λαμβάνει και θα καταχωρεί τα δακτυλικά αποτυπώματα. Ως εκ τούτου θα χρησιμοποιήσουμε την μητρική κάρτα C6713 DSK και τον αισθητήρα ASF8600.

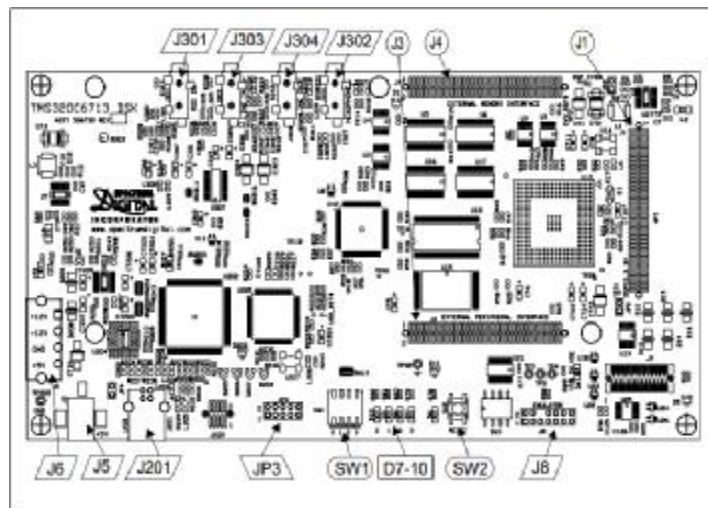
3.1 TMS320C6713 DSK Μητρική Κάρτα.

Η μητρική C6713 DSK είναι μία χαμηλού κόστους αυτόνομη πλατφόρμα ανάπτυξης που μας δίνει την δυνατότητα να εφαρμόσουμε και να αναπτύξουμε εφαρμογές για την οικογένεια TI C67xx Επεξεργασίας Ψηφιακών Σημάτων (Digital Signal Processing). Στις εικόνες 3.1 και 3.2 παρουσιάζεται η μητρική C6713 ως προς την κατασκευή της αναπτύσσεται ως εξής:

- I. I/O (είσοδοι έξοδοι).
 1. *Mic In* είναι η είσοδος μικροφώνου για την καταγραφή σήματος ήχου.
 2. *Line in* είναι η είσοδος από την οποία εισάγεται ένα σήμα από ένα διαφορετικό υλικό σύστημα.
 3. *Line out* είναι η έξοδος ενός σήματος από την μητρική C6713 DSK.
 4. *Headphone* είναι η είσοδος ακουστικών για την ακρόαση κάποιου ηχητικού σήματος (έξοδος σήματος σε μορφή ήχου).
 5. *Power Jack* είναι η είσοδος τροφοδοσίας της μητρικής.
 6. *USB Port* είναι η είσοδος-έξοδος (επικοινωνία) με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.
 7. *DIP Switches* είναι διακόπτες διπλής εισόδου στην μητρική (πραγματοποιούν διαφορετικές λειτουργίες για λογικό 1 και λογικό 0 σήμα).
 8. *LEDs* είναι οι ενδεικτικές φωτεινές σημάνσεις λειτουργιών μητρικής.
 9. *Reset Switch* είναι ο διακόπτης επαναφοράς στις εργοστασιακές ρυθμίσεις.
 10. *Config Switch* είναι ο διακόπτης ρύθμισης της μητρικής.
 11. *External JTAG* είναι ο τρόπος επικοινωνίας με ένα Συνθέτη κώδικα (Code Composer).



Εικόνα 3.1: Στην παρούσα εικόνα εμφανίζεται μία φωτογραφία την μητρικής C6713.



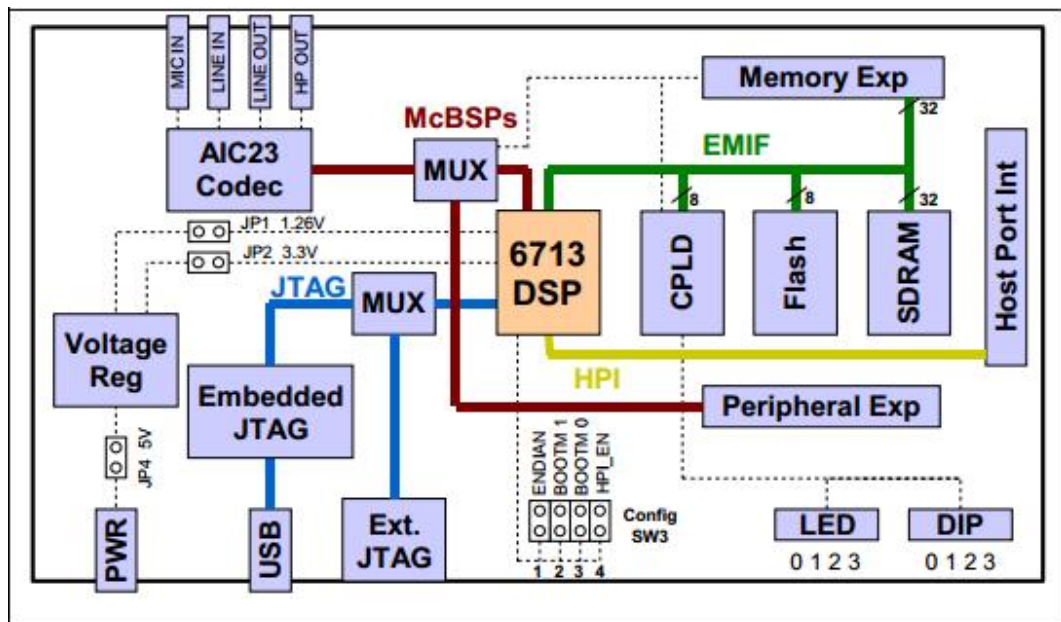
Εικόνα 3.2: Στην παρούσα εικόνα εμφανίζεται το σχέδιο της μητρική C6713 ως προς την δομή της.

II. Chip ολοκληρωμένα και Μνήμες

1. *JTAG Emulator* (JTAG Εξομοιωτής).
2. *AIC23Codec* είναι το σύστημα το οποίο επιλέγει ποιο Jack εισόδου είναι σε λειτουργία.
3. *CPLD* χρησιμοποιείτε για να ενώσει τα στοιχεία της μητρικής μεταξύ τους. Το *CPLD* έχει έναν καταχωρητικό στην βάση του χαρακτήρα έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να ρυθμίζει την μητρική μέσω διαβάσματος και εγγραφής στους καταχωρητές του.
4. *Memory Expansion* και *Peripheral Expansion* είναι τα κομμάτια της μητρικής με στα οποία επάνω κουμπώνει ο αισθητήρας

- AFS8600. Με λίγα λόγια είναι οι είσοδοι και έξοδοι με τις οποίες η μητρική C6713 επικοινωνεί με τον αισθητήρα AFS8600.
5. *HPI Host Port Interface* είναι μία ακόμα θέση I/O όπου μπορεί να συνδεθεί μία θυγατρική κάρτα.
 6. *SDRAM* και *FLASH* είναι προσωρινές μνήμες και τέλος
 7. *TSM320C6713 DSP* είναι ο κεντρικός επεξεργαστής της μητρικής.

Στην εικόνα 3.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λειτουργίες μεταξύ τους και πως αυτά συνεργάζονται με τροφοδοσία από το *Power Jack* και κεντρική διαχείριση από τον *TSM320C6713 DSP* επεξεργαστή.

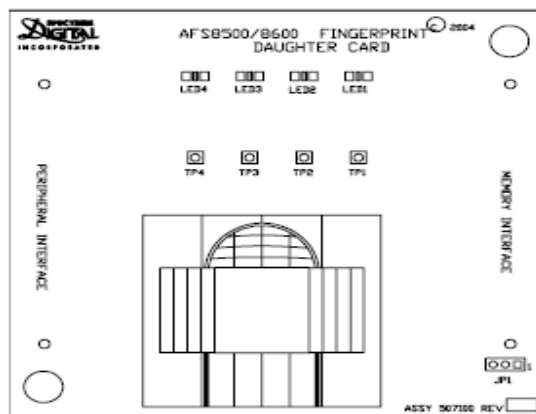


Εικόνα 3.3: Στην εικόνα αυτή εμφανίζεται η μητρική C6713 ως προς την λειτουργία της και την επικοινωνία του κάθε κομματιού της.

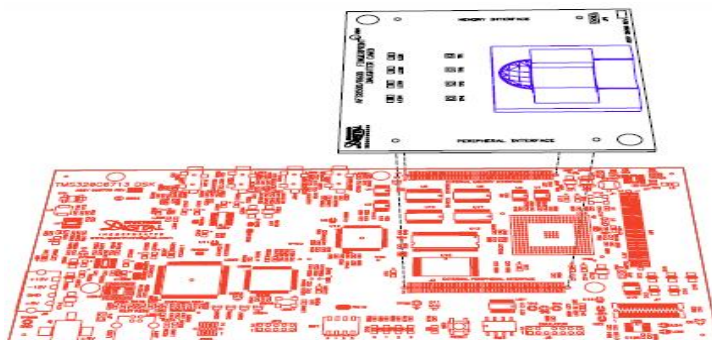
3.2 Αισθητήρας AFS8600.

Ο αισθητήρας AFS8600 ως δομή είναι μία θυγατρική κάρτα με έναν αισθητήρα δακτυλικών αποτυπωμάτων εγκατεστημένο επάνω ως βασικό στοιχείο. Αυτός ο αισθητήρας μας επιτρέπει την πραγματοποίηση, εκτίμηση, μελέτη και αναπαράσταση τεχνικών λήψης και επεξεργασίας δακτυλικών αποτυπωμάτων. Στις Εικόνες 3.4,3.5 βλέπουμε την βασική δομή του και το πώς εφαρμόζει στην μητρική C6713 DSK.

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται η θυγατρική AFS8600 είναι ο αισθητήρας ο ίδιος και τα LEDs λειτουργίας. Ποιο συγκεκριμένα το LED 1 δηλώνει ότι η θυγατρική AFS8600 είναι κουμπωμένη στην μητρική C6713 DSK πλακέτα, ότι παρέχεται σωστά σε αυτή τροφοδοσία και η εφαρμογή του DSP της C6713 DSK το έχει εντοπίσει. Τα LEDs 2,3 αναφέρονται στην διαδικασία εξακρίβωσης-επιβεβαίωσης ενός δακτυλικού αποτυπώματος. Αν το LED 2 είναι σε κατάσταση ON τότε η διαδικασία επιβεβαίωσης έχει εκτελεστεί με επιτυχία. Αν το LED 3 είναι ενεργοποιημένο τότε η διαδικασία επιβεβαίωσης οδηγήθηκε σε αποτυχία. Τέλος το LED 4 έχει κατασκευαστεί ώστε να είναι στην επιλογή του χρήστη η χρήση του.



Εικόνα 3.4: Σε αυτή την εικόνα εμφανίζεται το σχέδιο της θυγατρικής AFS8600 ως προς την δομή της.



Εικόνα 3.5: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζει-κουμπώνει επάνω στην μητρική C6713 η θυγατρική AFS8600.


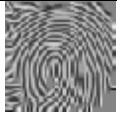

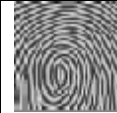

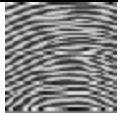
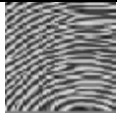

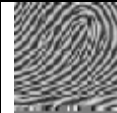
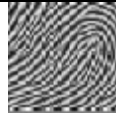
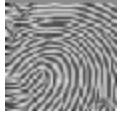


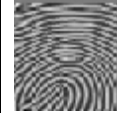
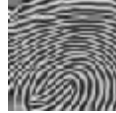



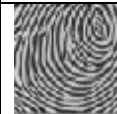
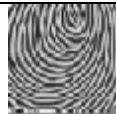
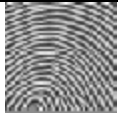




Ο αισθητήρας AFS8600 ανήκει στην κατηγορία των αισθητήρων χωρητικότητας. Δηλαδή λαμβάνει την πληροφορία για το δακτυλικό ίχνος μέσα από την μέτρηση της χωρητικότητας της πλακέτας αγωγής.

4 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ

Εκτός όμως από το υλικό (θυγατρική AFS8600 και μητρική DSK6713 kit) υπάρχουν και κάποιες διαδικασίες που πραγματοποιούνται και σε επίπεδο λογισμικού για την λήψη των χαρακτηριστικών ενός δακτυλικού αποτυπώματος. Αλλά πρώτα θα δημιουργήσουμε την βάση δεδομένων.

4.1 Βάση δεδομένων.

Η διαδικασία αρχίζει με την δημιουργία της βάσης των δακτυλικών αποτυπωμάτων, όπου συγκεντρώθηκαν τα δακτυλικά αποτυπώματα 64 ατόμων. Από το κάθε άτομο ξεχωριστά λήφθηκε 20 φορές το δακτυλικό αποτύπωμα του δείκτη. Έτσι δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων σε έναν πίνακα 64*20 συνόλου 1280 δακτυλικών αποτυπωμάτων.

A/A	1ο Δ.Α.	2ο Δ.Α.	3ο Δ.Α.	4ο Δ.Α.	...	20ο Δ.Α.
1					...	
2					...	
3					...	
4					...	
...
64					...	

Πίνακας 4.1: Στον πίνακα αυτό εμφανίζεται δειγματικά η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε.

4.2 Εξαγωγή χαρακτηριστικών

Το πρώτο μεγάλο βήμα της διαδικασίας όμως είναι η εξαγωγή των χαρακτηριστικών των εικόνων αυτών.

Για την εξαγωγή λοιπόν αυτών των χαρακτηριστικών θα ακολουθήσουμε μία μέθοδο η οποία λαμβάνει υπ' όψιν την ολική πληροφορία υφής και σχήματος των εικόνων αυτών και μέσω διαδικασίας κβάντισης επιλέγει τα καλύτερα χαρακτηριστικά αναπαράστασης της πληροφορίας, αποφεύγοντας έτσι τις διαδικασίες βελτιστοποίησης των εικόνων (προ-επεξεργασία). Το αξιοσημείωτο αυτής της μεθόδου είναι ότι εμείς επιλέγουμε τα χαρακτηριστικά από τον χώρο της εξαγόμενης πληροφορίας και όχι από μεμονωμένα σημεία πάνω στις εικόνες των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε η εκάστοτε επιλεγμένη πληροφορία να μην εξαρτάται πολύ από την θέση ή την μικρή διαφορά γωνίας των αποτυπωμάτων καθώς σχετίζεται κυρίως με την εσωτερική δομή των γραμμών των δακτυλικών αποτυπωμάτων και όχι με εξωτερική πληροφορία της σχετικής θέσης ή στροφής του αποτυπώματος ως προς την εικόνα που αυτό βρίσκεται.

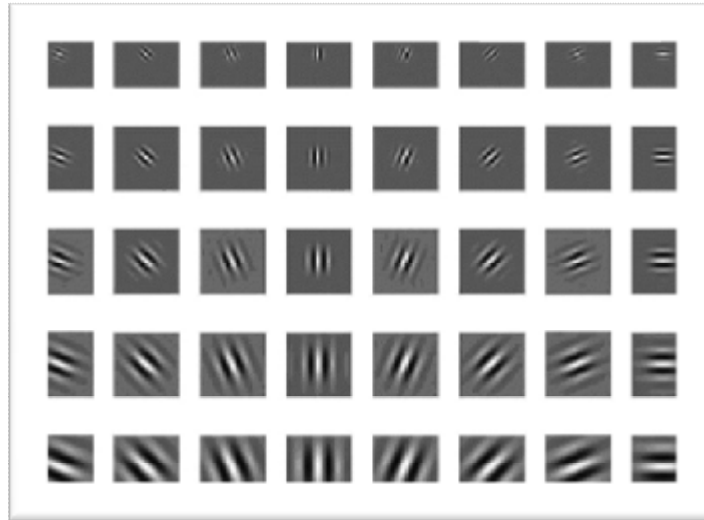
4.2.1 Φίλτρα Gabor

Η πρώτη κίνηση είναι τα φίλτρα Gabor. Η προτεινόμενη διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών στηρίζεται στην χρήση φίλτρων αυτών, τα οποία σχετίζονται πολύ με τον τρόπο που το ανθρώπινο οπτικό σύστημα αναλύει την οπτική πληροφορία. Τα φίλτρα Gabor αποτελούν 2-D αναπαραστάσεις συνημίτονων και ημιτόνων διαμορφωμένες με μια Γκαουσιανή συνάρτηση, σε διάφορες συχνότητες αλλά και χωρικές περιστροφές. Η ύπαρξη των διαφορετικών συχνοτήτων επιτρέπει την αναγνώριση τοπικών και ολικών χαρακτηριστικών σε διάφορες κλίμακες, ενώ η ύπαρξη διαφορετικών χωρικών περιστροφών εμπλουτίζει την πληροφορία με στοιχεία καμπυλότητας και γωνιών των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τα φίλτρα Gabor είναι ο ακόλουθος:

$$G(x, y) = \frac{1}{2ps_x s_y} e^{-p \left[\frac{(x-x_0)^2}{s_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{s_y^2} \right]} e^{i(x_0 x + v_0 y)}$$

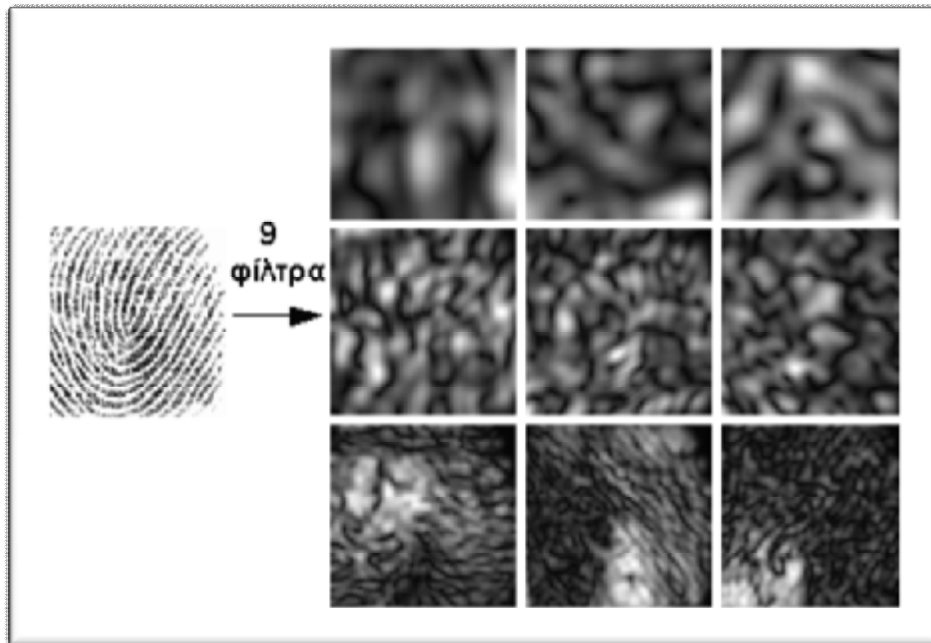
όπου (x_0, y_0) είναι το κέντρο του φίλτρου στο επίπεδο της εικόνας, (x_0, v_0) είναι οι βέλτιστες συχνότητες του φίλτρου και s_x, s_y είναι οι τυπικές αποκλίσεις της ελλειπτικής Γκαουσιανής για τους άξονες x και y αντίστοιχα.

Στην παρακάτω εικόνα δίνεται μια οπτική απεικόνιση αυτών των φίλτρων με πέντε μεγέθη (Scale) και οκτώ περιστροφές (Rotation).



Εικόνα 4.1: Στην εικόνα αυτή αναπαριστάται ένα φίλτρο Gabor με 5 μεγέθη και 8 περιστροφές.

Τα φίλτρα αυτά αν εφαρμοστούν σε κάποιο δακτυλικό αποτύπωμα θα δώσουν ένα σύνολο δεδομένων το καθένα, διαστάσεων ίσο με το μέγεθος της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.2) ένα δακτυλικό αποτύπωμα φιλτράρεται με 9 διαφορετικά φίλτρα Gabor (3 μεγεθύνσεις, 3 περιστροφές) και λαμβάνονται 9 διαφορετικά αποτελέσματα τα οποία οπτικοποιούνται.



Εικόνα 4.2: Στην παραπάνω εικόνα εμφανίζεται ένα φίλτρο Gabor με 3 περιστροφές και 3μεγέθη όπως πάρθηκαν από ένα δακτυλικό αποτύπωμα.

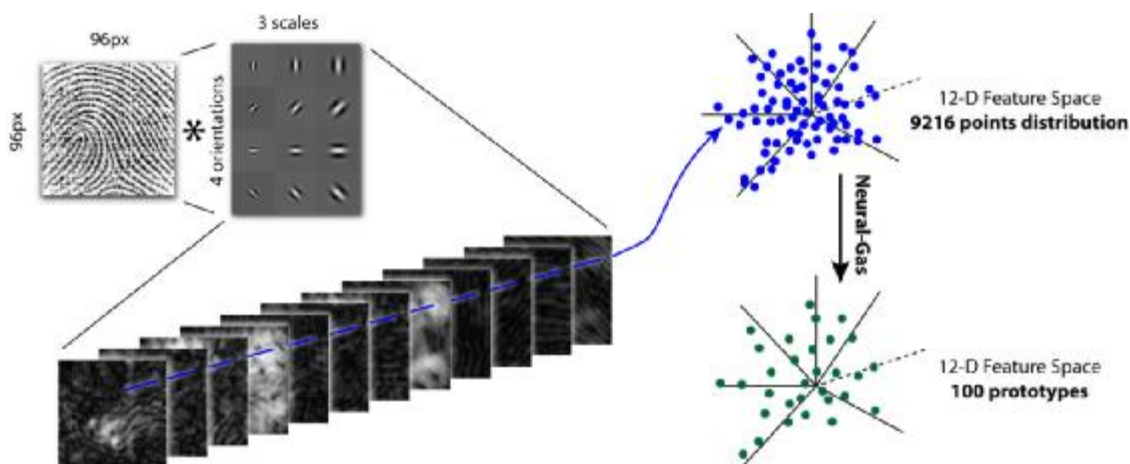
Οι διάφορες μεγεθύνσεις αναλύουν το αποτύπωμα σε διαφορετικά στάδια τοπικών-ολικών περιοχών, ενώ οι διαφορετικές περιστροφές ανιχνεύουν διαφορετική πληροφορία που σχετίζεται με την κατευθυντικότητα των γραμμών του αποτυπώματος.

Θεωρώντας ότι η εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος είναι η IM και $G_{\mathfrak{R}}$ είναι το πραγματικό μέρος των φίλτρων Gabor ενώ $G_{\mathfrak{I}}$ είναι το φανταστικό, τότε το φιλτραρισμένο αποτέλεσμα δίνεται από τον τύπο:

$$GIM = \sqrt{(IM * G_{\mathfrak{R}})^2 + (IM * G_{\mathfrak{I}})^2}$$

όπου το σύμβολο $*$ δηλώνει 2-D συνέλιξη.

Το τελικό αποτέλεσμα ύστερα από το φιλτράρισμα με D φίλτρα Gabor, θα είναι ένα σύνολο 2D πινάκων $GIM(i)_k$ για $k=1, 2, \mathbf{K}, D$ και $0 < i \leq \text{πλάτος} \times \text{ύψος εικόνας} = N$. Αν για κάθε i παρθούν και τοποθετηθούν οι αντίστοιχες τιμές όλων των k σε έναν πίνακα διαστάσεων $1 \times D$ τότε προκύπτουν συνολικά N διανύσματα των D διαστάσεων, τα οποία είναι γνωστά στην βιβλιογραφία ως Gabor Jets. Τα Gabor jets περιέχουν την πληροφορία που απαιτείται για την αναγνώριση των δακτυλικών αποτυπωμάτων και ουσιαστικά είναι ίσα στον αριθμό όσος και ο αριθμός των pixels της ψηφιακής εικόνας των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Ένα πλεονέκτημα που έχουν είναι πως περιέχουν πλεονάζουσα πληροφορία και επομένως, με σωστή επιλογή, μπορεί να επιλεγθεί μόνο ένας μικρός αριθμός από αυτά ο οποίος θα περιγράφει πλήρως το δακτυλικό αποτύπωμα.



Εικόνα 4.3: Στην παρούσα εικόνα παρουσιάζεται όλη η διαδικασία των φίλτρων Gabor αλλά και η κοινωνικοποίηση του Neural Gas.

Όπως εμφανίζεται και στην παραπάνω εικόνα, κάθε δακτυλικό αποτύπωμα περιγράφεται από ένα σύνολο σημείων σε έναν 30 διαστάσεων χώρο. Τα σημεία αυτά μπορεί να είναι είτε όλα τα Gabor jets είτε μόνο τα πιο αντιπροσωπευτικά τους τα οποία επιλέγονται με τεχνική κβάντισης βάση της πυκνότητας των σημείων στο χώρο.

4.2.2 Gabor Jets και Νευρωνικό Δίκτυο Neural Gas.

Ο αλγόριθμος Neural-Gas είναι μια διαδικασία νευρωνικού δικτύου η οποία διατηρεί συγκεκριμένες ιδιότητες που την κάνουν κατάλληλη ως μέσο εξαγωγής χαρακτηριστικών :

- Συγκλίνει γρήγορα σε σφάλματα χαμηλής παραμόρφωσης,
- Προσεγγίζει αρκετά χαμηλότερο σφάλμα παραμόρφωσης σε σχέση με το αντίστοιχο του k-means αλγορίθμου ή άλλων παραδοσιακών τεχνικών ομαδοποίησης, ακόμα και εκείνου που προκύπτει από τον αλγόριθμο του SOM, και
- Υπακούει σε μια διαφορική μείωση του επιπέδου ενέργειας, σε αντίθεση με το δίκτυο του Kohonen χώρου χαρακτηριστικών .

Στον αλγόριθμο του δικτύωματος Neural Gas, μια στοχαστική σειρά από διανυσματικά δεδομένα εισόδου $X(t)$, $t = 1, 2, \dots, \mathbf{K}, t_{\max}$ τα οποία διέπονται από την κατανομή $P(X)$ της πολυσχιδούς επιφάνειας V , οδηγεί το βήμα σύγκλισης για τη προσαρμογή των βαρών των k νευρώνων $\{A_j\}_{j=1:k}$ (δηλ., των διανυσμάτων αναφοράς):

$$\Delta A_j = e h_1 (f_j(X(t), \{A_i\}_{i=1:k})) (X(t) - A_j), \quad j = 1, \mathbf{K}, k, \quad \forall t = 1, \mathbf{K}, t_{\max}$$

Η συνάρτηση $h_l(y)$ ακολουθεί την εκθετική μορφή $e^{-y/l}$. Επιπλέον, η $f(X, \{A_i\})$ είναι μια ενδεικτική συνάρτηση η οποία καθορίζει τη γειτνίαση κατά σειρά ιεραρχίας των διανυσμάτων αναφοράς αναφορικά με την απόστασή τους από το διάνυσμα εισόδου X . Για τις δύο παραμέτρους e και l ακολουθείται μια εκθετικά φθίνουσα μορφή, με t_{\max} να είναι ο τελικός αριθμός των βημάτων προσαρμογής που μπορούν να ορισθούν από τα δεδομένα βάσει απλών κριτηρίων σύγκλισης.

Η μη συμπωτική πυκνότητα κατανομής $P(A)$ των κωδικοποιημένων διανυσμάτων έχει αποδειχθεί μαθηματικά ότι είναι ανάλογη με την πυκνότητα των δεδομένων $P(A) \propto P(X)^{\underline{d}/(d+2)}$, όπου $\underline{d} \leq d$ είναι η εσωτερική διάσταση των δεδομένων εισόδου. Η θεωρητική αυτή εισήγηση, μαζί με τη συνοδευτική πειραματική απόδειξη η οποία αποδεικνύει ότι το Neural-Gas δίκτυο είναι πραγματικά ικανό να αναπαραστήσει επιτυχώς δεδομένα πολυσχιδούς μορφής ακόμα και με περίπλοκη εσωτερική γεωμετρία παρακίνησε την πρόβλεψή μας ότι το προκύπτων codebook θα μπορούσε να μας εξυπηρετήσει για την πιστή αναπαράσταση των διανυσματικών κατανομών στο χρωματικό χώρο των χαρακτηριστικών. Συνεπώς, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην μετέπειτα σύγκριση των χαρακτηριστικών, αναφορικά με το περιεχόμενο των εικόνων δακτυλικών αποτυπωμάτων.

4.3 Σύγκριση Χαρακτηριστικών.

Μετά την λήψη των χαρακτηριστικών των εικόνων μέσα από τα φίλτρα Gabor και το Neural Gas των Gabor Jets, όπου παρατηρείται πως αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν διανύσματα σε ένα πολυδιάστατο χώρο. Ακολουθεί το επόμενο μεγάλο βήμα της διαδικασίας, η σύγκριση αυτών ως προς τον βαθμό ομοιότητας τους ανά ζεύγη. Για αυτό τον λόγο θα χρησιμοποιήσουμε ένα πολυδιάστατο μη-παραμετρικό μέτρο ομοιότητας των δύο δειγμάτων, το *Wald-Wolfowitz test* (*WW-test*). Το *WW-test* στηρίζεται στην δημιουργία του δέντρου ελαχίστου μήκους (*MST*) μέσα από τις δύο προς σύγκριση κατανομές σημείων στο χώρο των χαρακτηριστικών.

4.3.1 MST-γράφος (MST-graph)

Ένας *MST*-γράφος αποτελεί έναν γράφο με δύο βασικές ιδιότητες :

- Είναι α -κύκλος δηλαδή υπάρχει ένας και μοναδικός τρόπος για να μεταβεί κάποιος από το ένα σημείο του γράφου στο άλλο.
- Το άθροισμα των ακμών του γράφου αυτού είναι το ελάχιστο δυνατό.

Δεδομένης της εμπέδωσης μιας συστηματικής διαδικασίας για την εξαγωγή χαρακτηριστικών χαμηλού επιπέδου από μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων, τα οποία αντιπροσωπεύονται ως ανεξάρτητα διανύσματα σε ένα προκαθορισμένο χώρο χαρακτηριστικών, μπορούμε να βασισθούμε στη θεωρία γράφων για να πάρουμε μια συγκεντρωτική προοπτική απεικόνισης η οποία

δεσμεύει την ουσία του βασικού περιεχομένου μιας υπό-εξέτασης εικόνας. Η θεωρία γράφων, με το να δίνει έμφαση στις δομικές συσχετίσεις μεταξύ των εξαγόμενων χαρακτηριστικών, μας παρέχει εύρωστες περιγραφές στην περίπτωση υποβάθμισης των δεδομένων με θόρυβο, και απλούς μετασχηματισμούς όπως στην περίπτωση εικόνων διαφορετικής κλιμάκωσης (image scaling).

Συγκεκριμένα, ο MST-γράφος εμφανίζεται ως μια υπερβολικά χρήσιμη συμπύκνωση του όγκου της πληροφορίας η οποία μεταφέρεται μέσα στο σύνολο των χαρακτηριστικών της εικόνας. Επιπροσθέτως, το MST παρέχει μια συμπαγή περιγραφή ενός συνόλου δεδομένων. Περιέχει την πληροφορία του *πλησιέστερου γείτονα* (nearest neighbor) για κάθε σημείο, όπως επίσης και την πληροφορία της *συντομότερης διασύνδεσης* (shortest linkage) σχετικά με το σύνολο των σημείων. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του MST είναι η *περιοριστικότητα* (determinacy), εννοώντας ότι τα αποτελέσματα από την εφαρμογή μιας μεθόδου η οποία λειτουργεί πάνω στο MST δεν εξαρτάται από τυχαίες επιλογές ή από την σειρά με την οποία τα σημεία εξετάζονται, αλλά επηρεάζονται αποκλειστικά από το σύνολο των σημείων το οποίο δίνεται στην είσοδο για τη δημιουργία του γράφου. Γενικά, η δομή του MST είναι αναλλοίωτη κάτω από ορισμένους μετασχηματισμούς της εικόνας όπως περιστροφή της εικόνας και άλλους μη-γραμμικούς, διατηρώντας τη σειρά του μήκους των ακμών του γράφου. Τέλος, το MST είναι σχετικά ανεξάρτητο από μικρά ποσοστά θορύβου ευρέως και τυχαίως διασκορπισμένου στο επίπεδο των δεδομένων.

4.3.2 W.W.τεστ (Wald-Wolfowitz test)

Το Wald-Wolfowitz τεστ το οποίο πείρε την ονομασία του από τους Abraham Wald και Jacob Wolfowitz είναι ένα μη-παραμετρικό στατιστικό τεστ που ελέγχει την υπόθεση τυχαιότητας μίας ακολουθίας δύο τιμών. Ποιο συγκεκριμένα, ελέγχει την υπόθεση μίας ακολουθίας δύο τιμών στις οποίες τα στοιχεία αυτής είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Πρακτικά θεωρούμε δείγματα μεγέθους m και n αντίστοιχα από δύο κατανομές F_x και F_y , οι οποίες ορίζονται στο πολυδιάστατο χώρο \mathcal{R}^p . Η υπόθεση H_0 που πρέπει να ελεγχθεί, αφορά το κατά πόσο τα δύο δείγματα προέρχονται από την ίδια κατανομή, δηλαδή $F_x = F_y$. Στην περίπτωση μας, ενδιαφερόμαστε στην απόρριψη της αρχικής υπόθεσης H_0 , η οποία ουσιαστικά είναι η εναλλακτική υπόθεση $F_x \neq F_y$.

Στη μονοδιάστατη περίπτωση ($p=1$), το WW-test ξεκινά με το να ταξινομεί τις $N = m + n$ μονοδιάστατες παρατηρήσεις σε αύξουσα σειρά. Κάθε παρατήρηση τότε αντικαθίσταται από μια συγκεκριμένη ετικέτα, π.χ. “X” και “Y”, βάσει της ταυτότητας του αρχικού δείγματος από το οποίο προέρχεται. Το

στατιστικό αποτέλεσμα του τεστ είναι ο ολικός αριθμός από διαδοχές (runs), R , ενώ μια διαδοχή ορίζεται ως μια αλληλέπλληλη ακολουθία από πανομοιότυπα δείγματα. Η απόρριψη της υπόθεσης H_0 γίνεται για μικρές τιμές της παραμέτρου R . Η μηδενική κατανομή του στατιστικού τεστ μπορεί να προκύψει βάσει συγκεκριμένης συνδυαστικής ανάλυσης. Τέλος, υπολογίζεται η στατιστική ποσότητα W , η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{R - \frac{2mn}{N} - 1}{\sqrt{\frac{2mn(2mn - N)}{N^2(N - 1)}}}$$

και η οποία αποδεικνύεται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Στην πολυδιάστατη περίπτωση, η υπόθεση H_0 που πρέπει να ελεγχθεί είναι αν δύο πολυδιάστατα σύνολα δεδομένων $\{X_i\}_{i=1:m}$ και $\{Y_i\}_{i=1:n}$ προέρχονται από την ίδια κατανομή.

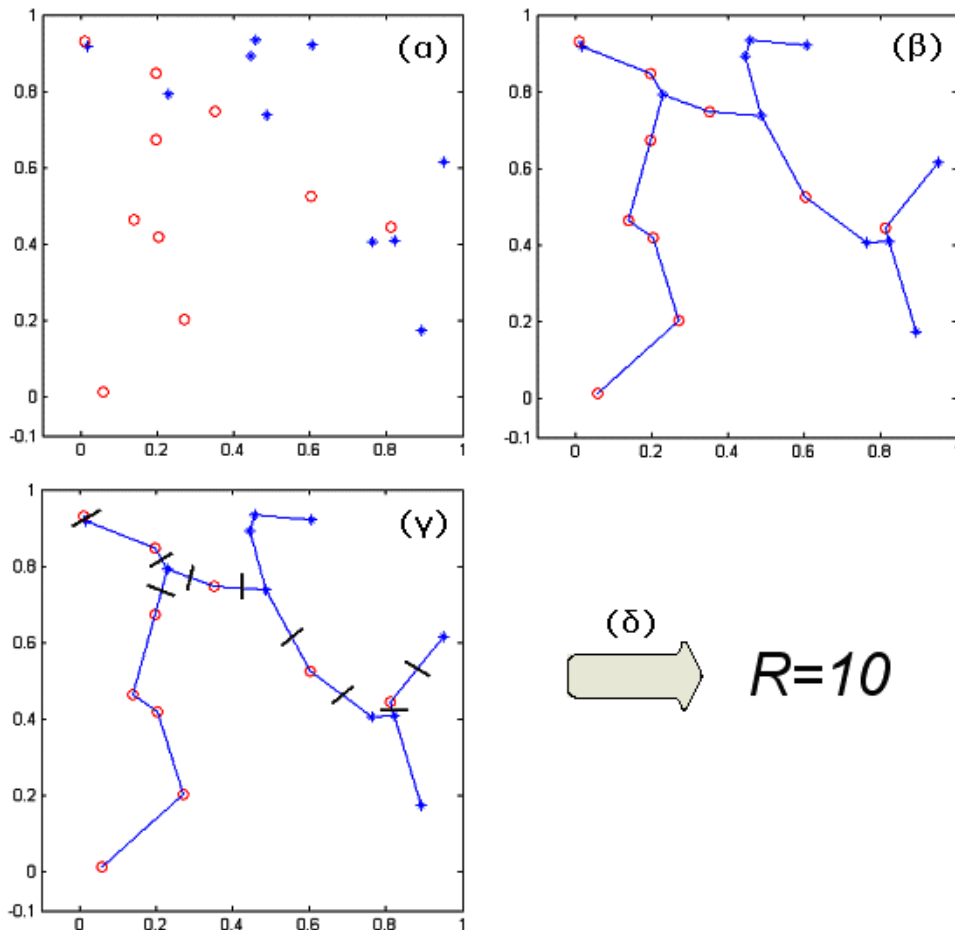
Στη γενική περίπτωση, το WW-test υλοποιείται με τα παρακάτω αλγοριθμικά βήματα:

1. Θεωρούμε δείγματα μεγέθους m και n αντίστοιχα από δύο κατανομές F_x και F_y , οι οποίες ορίζονται στο πολυδιάστατο χώρο \mathcal{R}^p .
2. Η ταυτότητα του κάθε σημείου από τα δείγματα δεν λαμβάνεται υπόψη και μ' αυτό τον τρόπο κατασκευάζεται το ολικό MST των δειγμάτων.
3. Οι ακμές του ολικού MST για τις οποίες οι αντίστοιχοι κόμβοι προέρχονται από διαφορετικά αρχικά δείγματα, διαγράφονται.
4. Βάσει της ταυτότητας των δειγμάτων του κάθε σημείου, υπολογίζεται μια στατιστική παράμετρος R , η οποία ορίζει τον ολικό αριθμό εναλλαγών. Η τιμή του R μπορεί επίσης να ορισθεί ως ο αριθμός των μη-συνδεδεμένων υπο-δέντρων που προκύπτουν έπειτα από τις διαγραφές των αναφερόμενων ακμών.

Τέλος, η απόρριψη της υπόθεσης H_0 , όπως και στη μονοδιάστατη περίπτωση, γίνεται για μικρές τιμές της παραμέτρου R .

Στο Σχήμα 4 δύο τυχαίες δειγματοληψίας δείγματα μεγέθους $m = n = 10$ χρησιμοποιούνται στις δύο διαστάσεις με σκοπό να κατανοηθούν τα αλγοριθμικά στάδια του WW-test. Αρχικά, τα δύο δείγματα παρουσιάζονται στο χώρο των χαρακτηριστικών (για απλούστευση στην κατανόηση εδώ χρησιμοποιούμε το δυ-διαστατό χώρο) έχοντας διαφορετικά διακριτικά σημάδια ως κόμβους (δηλ., κόκκινο κύκλο ('o') και μπλε αστεράκι ('*')), όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 4.4 (α). Έπειτα, κατασκευάζεται ένα ολικό MST από τα δύο σύνολα δειγμάτων στην Εικόνα 4.4 (β). Οι ακμές εκείνες οι οποίες καταλήγουν κάθε φορά σε ανόμοιους κόμβους με διαφορετικό διακριτικό σύμβολο (δηλ., έχουν ως άκρα τους σημεία

που προέρχονται από διαφορετικά δείγματα) αφαιρούνται, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.4 (γ).



Εικόνα 4.4: Στην εικόνα αυτή παρουσιάζεται ένας MST-γράφος από την στιγμή της καταχώρισης των χαρακτηριστικών στον πίνακα (α) μέχρι και την τελική του μορφή (γ).

Στην περίπτωση του συγκεκριμένου παραδείγματος, ο αριθμός αυτός των ακμών, όπως φαίνεται και από τις μικρές μαύρες γραμμές οι οποίες διαγράφουν τις αντίστοιχες ακμές, ισούται με εννέα (9). Τέλος, υπολογίζεται ο αριθμός των μη-ενωμένων υπό-δέντρων που προκύπτουν, ο οποίος βρίσκεται ίσος με $R=10$, προφανώς κατά ένα μεγαλύτερος του αριθμού των ακμών που διαγράφονται.

Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι, το MST κατέχει δύο σημαντικές ιδιότητες οι οποίες το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογή του στο πολυδιάστατο πρόβλημα των δύο δειγμάτων:

- ενώνει όλους τους N – κόμβους με $N-1$ ακμές, το οποίο προκύπτει από το γεγονός ότι το MST είναι ένα ανοιγμένο δέντρο και

- τα ζεύγη των κόμβων που ορίζουν τις ακμές αποτελούν σημεία τα οποία τείνουν να βρίσκονται κοντά μεταξύ τους. Το τελευταίο προκύπτει από την απαίτηση/ορισμό του MST ότι το άθροισμα του μήκους των ακμών είναι ελάχιστο. Διαισθητικά, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι στη μονοδιάστατη περίπτωση οι ακμές του MST ορίζονται από γειτονικά σημεία σε μια ταξινομημένη λίστα.

Στην πολυδιάστατη περίπτωση, η μηδενική κατανομή του στατιστικού τεστ μπορεί να προκύψει βάσει συγκεκριμένης συνδυαστικής ανάλυσης, ως ακολούθως. Θεωρούμε ότι $N = m + n$, C είναι ο αριθμός των ζευγών ακμών του MST τα οποία μοιράζονται ένα κοινό κόμβο και ότι d_i είναι ο βαθμός του i^{th} κόμβου. Τότε,

$$C = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N d_i (d_i - 1)$$

Αριθμούμε αυθαίρετα τις $N-1$ ακμές του MST και ορίζουμε την ποσότητα $Z_i, 1 \leq i \leq N-1$, ως:

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{αν η } i\text{-th ακμή συνδέει κόμβους από διαφορετικά δείγματα} \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

Τότε έχουμε:

$$R = \sum_{i=1}^{N-1} Z_i + 1$$

Υπό την προϋπόθεση H_0 , η μέση τιμή και η διακύμανση του R μπορούν να υπολογισθούν χρησιμοποιώντας μια συστηματική διαδικασία, ως εξής:

$$E[R] = \frac{2mn}{N} + 1$$

και
$$Var[R | C] = \frac{2mn}{N(N-1)} \times \left\{ \frac{2mn - N}{N} + \frac{C - N + 2}{(N-2)(N-3)} [N(N-1) - 4mn + 2] \right\}$$

Έχει αποδειχθεί ότι η ποσότητα:

$$W = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}}$$

πλησιάζει μη συμπτωτικά την τυπική κανονική κατανομή, ενώ τα $E[R]$ και $Var[R]$ δίνονται από της παραπάνω τύπους, βάσει του μεγέθους των δύο δειγμάτων. Τα παραπάνω καθιστούν εφικτό τον υπολογισμό του *σημαντικού επιπέδου*

(significance level) και της στατιστικής p -τιμής (statistical p -value), για την αποδοχή της υπόθεσης H_0 .

Η τιμή του C εξαρτάται από τη διαμόρφωση (τοπολογία) του MST: καθορίζεται από τους βαθμούς των κόμβων. Στη μονοδιάστατη περίπτωση, οι βαθμοί αυτοί είναι αμετάβλητοι, ανεξάρτητα από το δείγμα. Υπάρχουν δύο κόμβοι με βαθμό ένα (1) και $N-2$ κόμβοι με βαθμό δύο (2) πάνω στη μονοδιάστατη ταξινομημένη λίστα. Σε αυτή την περίπτωση, $C = N - 2$ και η εξίσωση προσδιορισμού του $\text{var}[R|C]$ καταλήγει στο αποτέλεσμα των Wald-Wolfowitz.

4.4 Επίδοση και Αποτελεσματικότητα

Υπάρχουν πολλά συστήματα για τον έλεγχο και την εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας των αποτελεσμάτων που λάβαμε από την διαδικασία της σύγκρισης. Τα πιο κοινά όμως στην χρήση είναι:

- Ρυθμός Λανθασμένης Αποδοχής (False Acceptance Rate, FAR)
- Ρυθμός Λανθασμένης Απόρριψης (False Rejection Rate, FRR)
- Ρυθμός Έγκυρης Αποδοχής (Genuine Acceptance Rate, GAR)

Ακόμα αξίζει να αναφέρουμε και τον Ρυθμός Ισάξιου Σφάλματος ή Ρυθμός Σφάλματος Διασταύρωσης (Equal Error Rate or Crossover Error Rate, EER or CER), το οποίο όμως δεν θα εμφανιστεί κάπου σαν διακριτό στοιχείο.

4.4.1 Ρυθμός Λανθασμένης Αποδοχής (False Acceptance Rate, FAR)

Ο Ρυθμός Λανθασμένης Αποδοχής είναι η πιθανότητα εκείνη όπου το σύστημα ταιριάζει λανθασμένα μία εικόνα –πρότυπο εισόδου με μία διαφορετική εικόνα από την βάση δεδομένων. Μετράει το ποσοστό των άκυρων εισόδων που είναι λανθασμένα αποδεκτές. Στην περίπτωση του μεγέθους ομοιότητας, αν ένα άτομο είναι απατεώνας στην πραγματικότητα και η τιμή ομοιότητας είναι μεγαλύτερη από το όριο, τότε αντιμετωπίζεται ως γνήσιος το οποίο αυτό με την σειρά του αυξάνει το FAR. Ως εκ τούτου η επίδοση εξαρτάται και από το όριο το οποίο εμείς έχουμε θέσει.

4.4.2 Ρυθμός Λανθασμένης Απόρριψης (False Rejection Rate, FRR)

Ο Ρυθμός Λανθασμένης Απόρριψης είναι η πιθανότητα όπου το σύστημα αποτυγχάνει να ταιριάζει μία εικόνα –πρότυπο εισόδου με μία διαφορετική εικόνα από την βάση δεδομένων. Το FRR μετράει το ποσοστό των αποδεκτών εισόδων που έχουν λανθασμένα απορριφτεί.

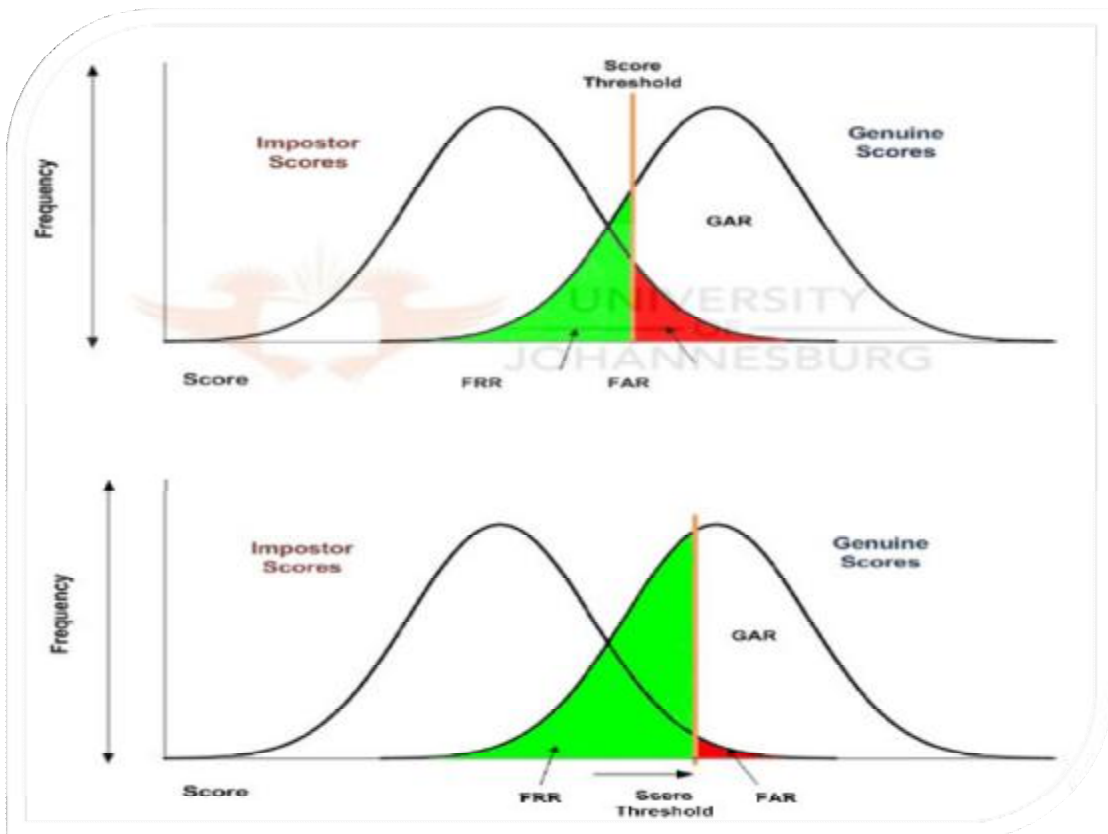
4.4.3 Ρυθμός Έγκυρης Αποδοχής (Genuine Acceptance Rate, GAR)

Ο Ρυθμός Έγκυρης Αποδοχής είναι η βασικότερη μέτρηση του βιομετρικού αυτού συστήματος γιατί μας παρουσιάζει την ολική ακρίβεια του και υπολογίζεται από την σχέση:

$$\text{GAR} = 1 - \text{FRR}$$

Μπορούμε απευθείας να συγκρίνουμε ένα διαφοροποιημένο βιομετρικό σύστημα μόνο και μόνο αν αλλάξουμε το όριο έτσι ώστε το FAR να έχει μια συγκεκριμένη τιμή. Αν συγκρίνεις δύο διαφορετικά συστήματα αυτό με το μεγαλύτερο GAR θα είναι και το πιο ακριβές.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται το πώς συνδέονται τα FAR FRR και GAR.



Εικόνα 4.5: Στα παραπάνω δύο γραφήματα παρουσιάζεται το GAR, το FRR και το FAR και η μεταβολή τους ανάλογα με την εκάστοτε τιμή του ορίου (threshold).

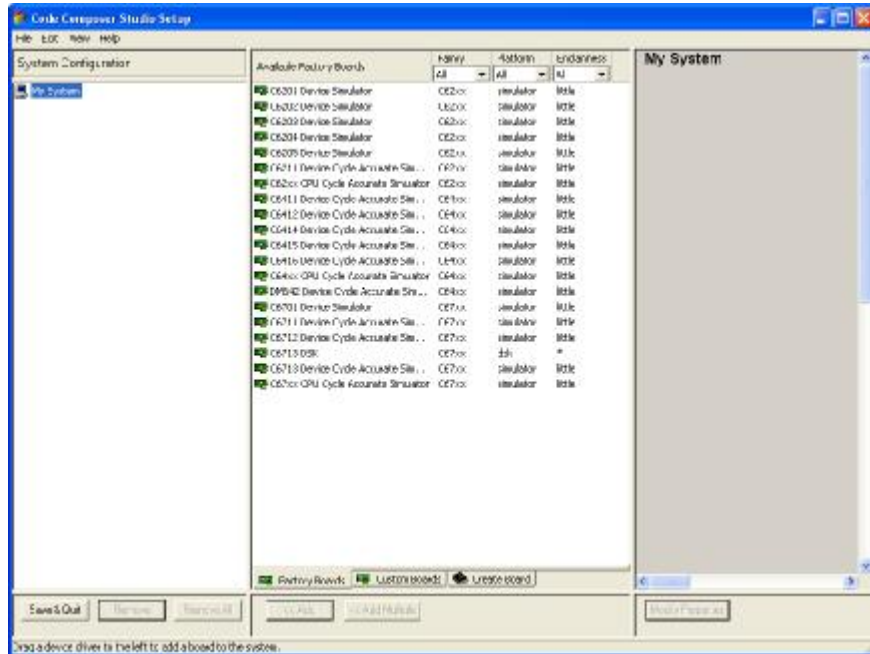
Μπορούμε να παρατηρήσουμε στις γραφικές της παραπάνω εικόνας ότι όσο το όριο αυξάνεται τόσο το FAR και το GAR γίνονται μικρότερα και το FRR μεγαλώνει. Όταν το όριο μικραίνει το FRR μικραίνει και τα FAR και GAR μεγαλώνουν.

5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

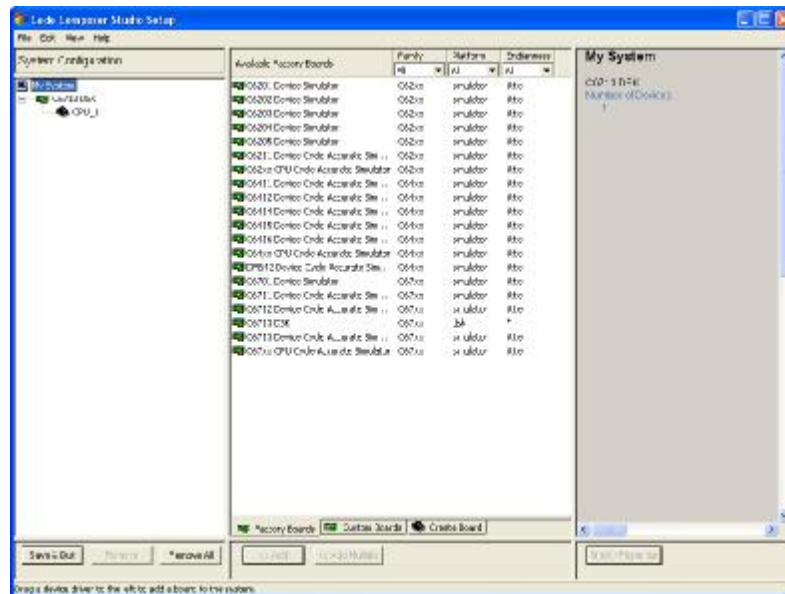
5.1 Προετοιμασία Συστήματος AFS8600 και C6713 DSK και δημιουργία βάσης δεδομένων.

Για την προετοιμασία του συστήματος συλλογής του δακτυλικού αποτυπώματος κουμπώνουμε τον αισθητήρα ASF6800 επάνω στην πλακέτα 6713 και συνδέουμε την πλακέτα με τον υπολογιστή και με την τροφοδοσία μέσω ενός μετασχηματιστή 5V. Ελέγχουμε το LED 1 της θυγατρικής να είναι σε κατάσταση ON. Στην συνέχεια, μετά την εγκατάσταση των προγραμμάτων οδήγησης της μητρικής C6713 και της θυγατρικής ASF6800, παρατηρούμε κατά την διαδικασία της τροφοδότησης τα LED D10-D4 να είναι αναμμένα σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Το LED D4 μας παρουσιάζει την κατάσταση της σύνδεσης USB (USB in USE). Το LED D5 μας εμφανίζει την κατάσταση της τροφοδοσίας +5V της πλακέτας και τέλος τα LED D10-D7 ανάγονται στην σωστή λειτουργία των λειτουργιών της πλακέτας.

Το επόμενο βήμα είναι η λήψη του δακτυλικού αποτυπώματος. Για την λήψη του δακτυλικού αποτυπώματος, μετά την σύνδεση της πλακέτας και την εγκατάσταση των αναγκαίων προγραμμάτων οδήγησης, εκκινούμε το Setup CCStudio v3,1. Το παράθυρο που θα εμφανιστεί είναι το παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε την πλακέτα με την οποία θα δουλέψουμε και την λειτουργία της. Στις εικόνες που ακολουθούν (5.1,5.2,5.3) επιλέγουμε C6713 DSK λειτουργία και πατάμε το πλήκτρο Save & Quit κάτω δεξιά. Ύστερα από αυτό θα εμφανιστεί ένα παράθυρο το οποίο θα ρωτάει αν θέλουμε να τρέξουμε το πρόγραμμα CCStudio 3,1 στο οποίο επιλέγουμε «Ναι» .



Εικόνα 5.1: Σε αυτή την εικόνα παρουσιάζεται η εφαρμογή Setup CCStudio v3.1.

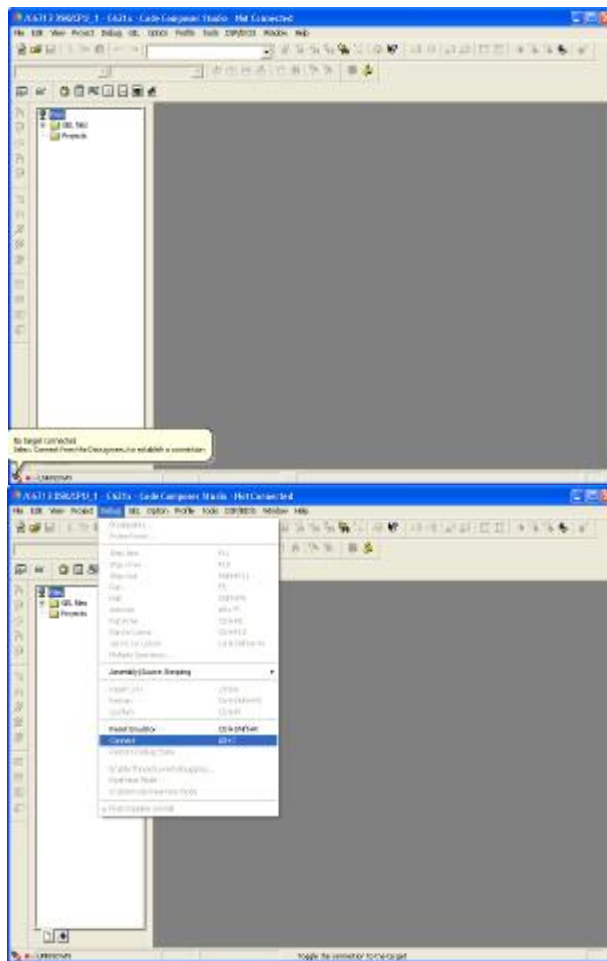


Εικόνα 5.2: Στην εικόνα αυτή εμφανίζεται η επιλογή των ρυθμίσεων της μητρικής με την επιλογή C6713DSK.

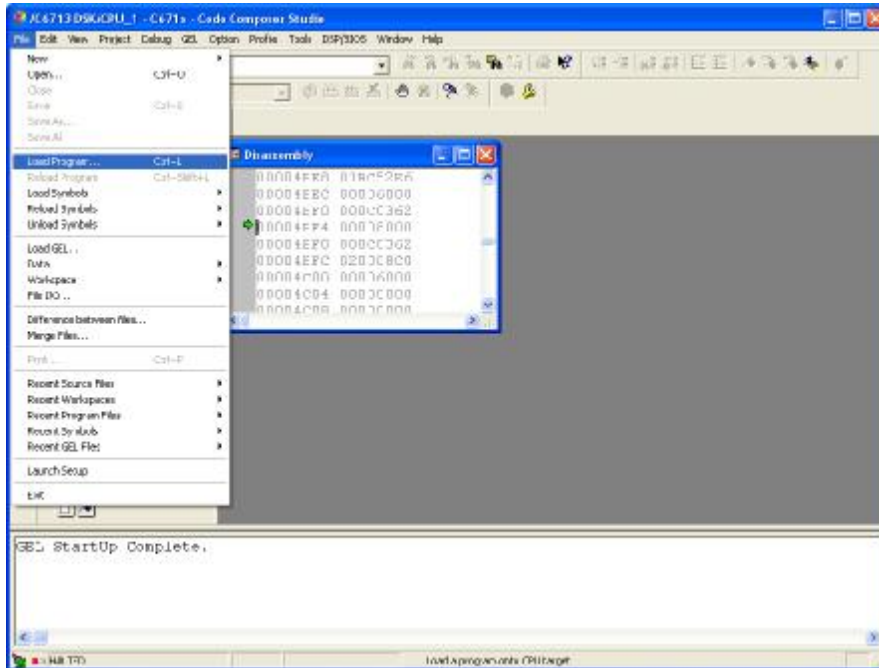


Εικόνα 5.3: Εδώ επιλέγουμε την επιλογή «Ναι».

Στο καινούριο παράθυρο που ανοίγει (CCStudio v3.1) στην εικόνα 5.4 στην γραμμή των μενού επιλέγουμε Debug/Connect και θα παρατηρήσουμε κάτω αριστερά στην οθόνη δύο κόκκινα εικονίδια. Το ένα αριστερά αναφέρετε στην σύνδεση υπολογιστή και μητρικής C6713 και το δεύτερο στην κατάσταση λειτουργίας του προγράμματος στο οποίο τρέχει το CCStudio 3.1 . Το εικονίδιο στα αριστερά θα γίνει πράσινο. Θα σημαίνει δηλαδή ότι έχει συνδεθεί.

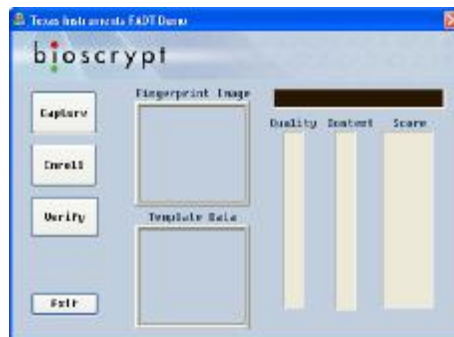


Εικόνα 5.4: Στις παραπάνω εικόνες εμφανίζεται η εκκίνηση του προγράμματος CCStudio 3.1 και η επιλογή Connect μετά την πρακτική συνδεσμολογία.

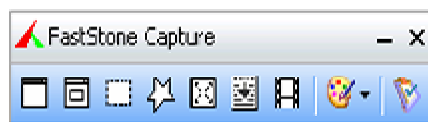


Εικόνα 5.5: Στην παρούσα εικόνα φορτώνουμε το πρόγραμμα που θα τρέξει η μητρική C6713.

Το επόμενο βήμα της διαδικασίας θα είναι η εκκίνηση των προγραμμάτων BioscryptApiD και FastStone capture από την επιφάνεια εργασίας η το μενού έναρξης.



Εικόνα 5.6: Σε αυτή την εικόνα φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος του αισθητήρα AFS8600.



Εικόνα 5.7: Εδώ εμφανίζεται το παράθυρο της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση των εικόνων των δακτυλικών αποτυπωμάτων μέσω Screen Capture

Στο παράθυρο του Texas instrument FADT demo πατάμε το κουμπί Enroll και στο παράθυρο μηνυμάτων δεξιά πάνω θα εμφανιστεί το μήνυμα «place your finger on the sensor». Μετά πατάμε το πλήκτρο Capture έτσι ώστε να παγώσουμε την εικόνα και να αποφύγουμε μία ανεπιθύμητη επανάληψη λήψης.

Το επόμενο βήμα πραγματοποιήθηκε μέσα από το πρόγραμμα Fast Stone Capture όπου δημιουργήθηκε ένα πλαίσιο εικόνας 98*98 με το οποίο αποθηκευτικέ το εμφανίσιμο στην Texas instrument FADT demo εφαρμογή δακτυλικό αποτύπωμα. Έτσι με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων μέσω της λήψης του αποτυπώματος του δείκτη είκοσι φορές από κάθε εθελοντή.

5.2 Επεξεργασία.

Για την επεξεργασία της βάσης δεδομένων θα ακολουθηθεί η θεωρητική διαδικασία που αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Θα περάσουν οι εικόνες που έχουν καταχωρηθεί στην βάση δεδομένων από φιλτράρισμα με φίλτρα Gabor, θα δημιουργηθεί για την κάθε έξοδο του φιλτραρίσματος το Gabor Jet και θα οδηγηθούν μέσα από την αντιστοίχιση τους σε ένα πολυδιάστατο διανυσματικό διάγραμμα. Αυτό με την σειρά του θα περάσει μέσα από μία διαδικασία κοινωνικοποίησης που ονομάζεται Neural Gas για να μειωθεί το πλήθος των διανυσμάτων αυτών και να μείνουν τα πιο σημαντικά από αυτά ως χαρακτηριστικά του εκάστοτε δακτυλικού αποτυπώματος και στη συνέχεια θα μεταφέρουμε αυτά τα διανύσματα σε ένα δυσδιάστατο χώρο έτσι ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν και να συγκριθούν. Πλέον αρχίζει και η βασική διαδικασία σύγκρισης.

Αφού έχουν δημιουργηθεί όλα τα Gabor Jets για κάθε δακτυλικό αποτύπωμα, το πρόγραμμα επιλέγει τυχαία πέντε από τα είκοσι που καταχωρήθηκαν στην βάση δεδομένων από τον κάθε εθελοντή και τα συγκρίνει ανά ζεύγος μεταξύ τους δημιουργώντας έναν MST-γράφο.

Ο MST-γράφος είναι ένα διάγραμμα στο οποίο όλα τα σημεία και από τα δυο δακτυλικά αποτυπώματα (συγκρίνον και συγκρινόμενο) θα ενώνονται μεταξύ τους με ένα και μόνο τρόπο με την μικρότερη δυνατή συνολική απόσταση ξεκινώντας από ένα προκαθορισμένο από τον χρήστη του κώδικα διάνυσμα.

Αυτός ο γράφος με την σειρά του θα περάσει μέσα από το WW-τεστ το οποίο διαγράφει τις συνδεδεμένες γραμμές που έφτιαξε ο MST-γράφος οι οποίες ενώνουν δυο - διαφορετικού δακτυλικού αποτυπώματος- σημεία όπως φαίνετε και στην Εικόνα 4.4 (γ). Αυτή η λειτουργία θα έχει ως αποτέλεσμα να μείνουν στο διάγραμμα σχηματισμοί χαρακτηριστικά τα οποία ο αριθμός των ζεύξεων τους ορίζεται σαν R. Όσο το R είναι

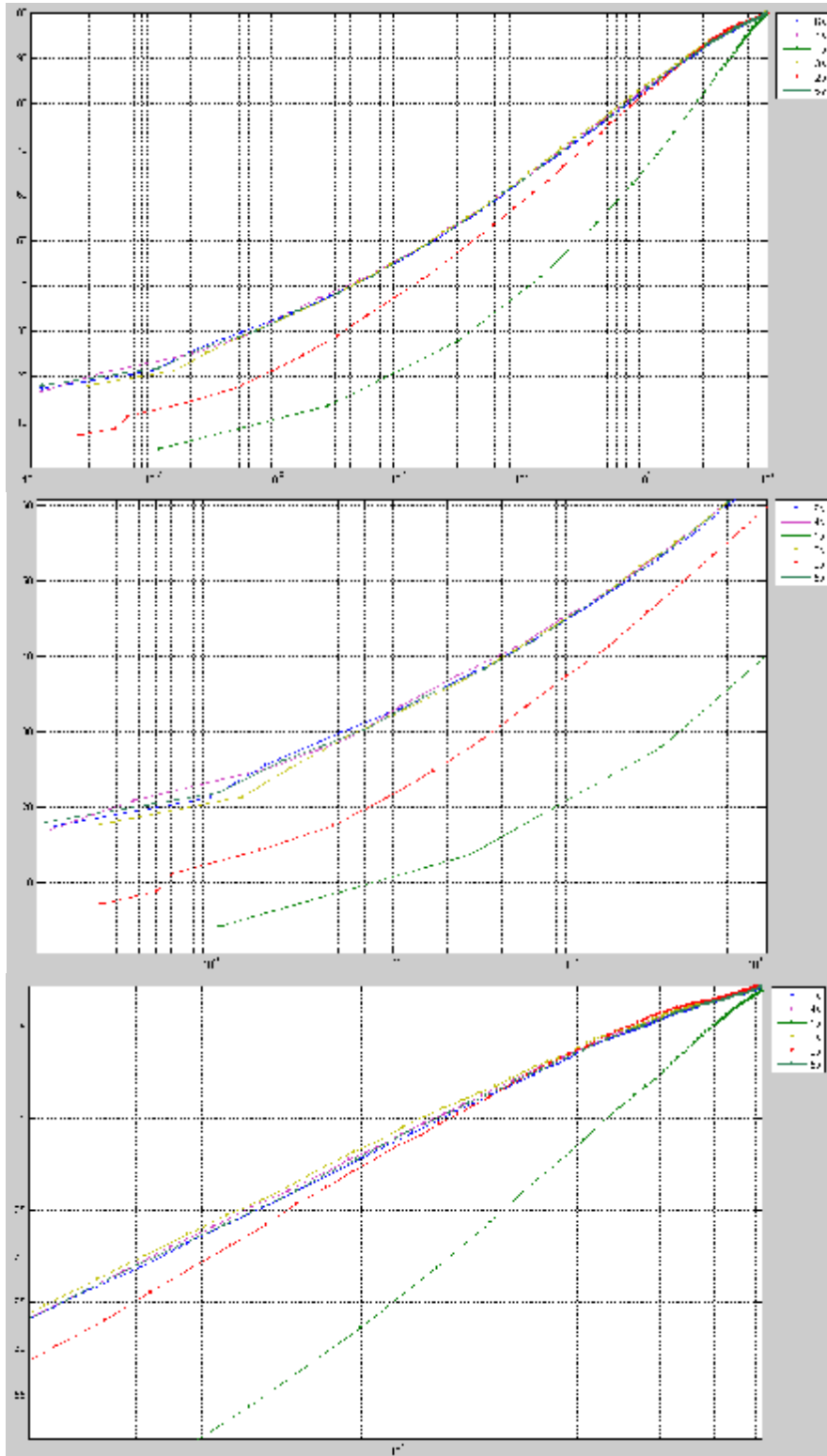
μικρό τόσο η υπόθεση του WW-test τείνει να απορριφτεί , όσο το R είναι μεγάλο τόσο η υπόθεση γίνεται αποδεκτή. Το WW-test εκτός από το R θα εξάγει και ένα ακόμα χαρακτηριστικό της σύγκρισης το W το οποίο δηλώνει ότι το σύστημα ακολουθεί μία κανονική κατανομή.

Ακολουθεί πλέον η εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας της σύγκρισης όπου εμφανίζονται τα FAR, GAR, FRR. Αυτά θα λάβουν όλες τις πιθανές συγκρίσεις και θα τις ταξινομήσουν ανάλογα σε FAR αν είναι χαρακτηρισμένες ως μη-γνήσιο (απατεώνας) και γνήσιο. Από το όριο το οποίο θα ορίσουμε εμείς θα κριθεί και η τελική ακρίβεια του συστήματος.

Τέλος η έξοδος που θα έχουμε θα είναι ένα γράφημα του GAR συναρτήσει του FAR όπου ο άξονας του GAR θα είναι 0-100 και ο άξονας του FAR θα είναι λογαριθμικός.

5.3 Δοκιμές και Αποτελέσματα (Evaluations).

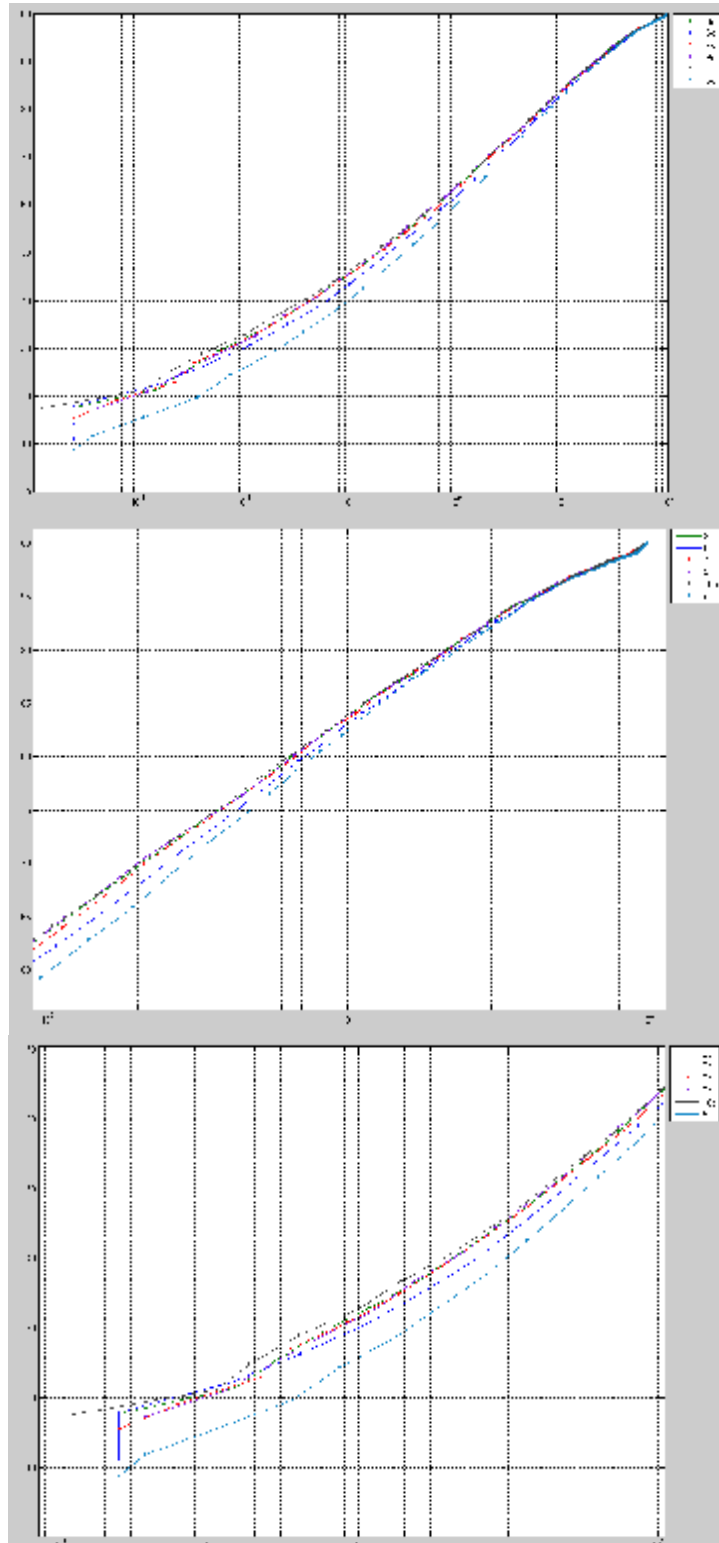
Για να μπορέσει να βρεθεί το ιδανικό σύστημα που θα συνδυάζει την αποτελεσματικότητα με την ταχύτητα της διαδικασίας πρέπει να υποβληθεί σε κάποιες δοκιμές μέσω της εναλλαγής τιμών στις μεταβλητές του.



Εικόνα 5.8: Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζονται οι γραφικές GAR συνάρτηση του FAR για μεγέθη στις τιμές 1-6.

Αρχικά θα υποβληθούν τα δακτυλικά αποτυπώματα σε διαφορετικό Μέγεθος (Scale) των Gabor φίλτρων με εμβέλεια μεταξύ 1 έως 6 όπου θα φανεί και το ιδανικό προς επιλογή αυτού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι κρατάμε σταθερά τα μεγέθη της περιστροφής (Orientation) στην τιμή 8, του Νευρωνικού Δικτύου Neural Gas στην τιμή 100 με επανάληψη (Iteration) στην τιμή 10 βάση της βιβλιογραφίας, όπου το αποτέλεσμα που παρουσιάζουν είναι ένα ικανό αποτέλεσμα για ικανοποιητική εξαγωγή χαρακτηριστικών και αποτελεσμάτων. Μετά το πέρας της διαδικασίας το αποτέλεσμα φαίνεται και στα διαγράμματα της προηγούμενης σελίδας (Εικόνα 5.8). Εκεί παρατηρείτε ότι το μικρότερο Μέγεθος με την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση εμφανίζεται στην τιμή 3 το οποίο μάλιστα στην ίδια τιμή σχεδόν με το μέγιστο Μέγεθος 6.

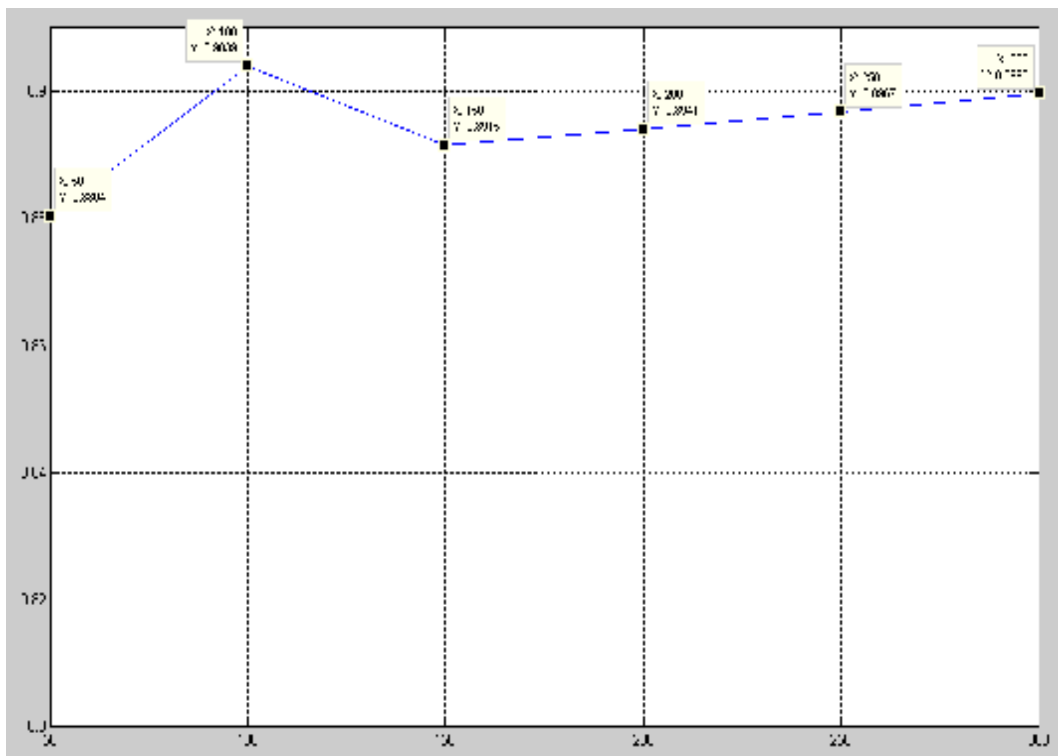
Μετά την εύρεση του καλύτερου Μεγέθους, θα κρατήσουμε σταθερή την τιμή του και θα μεταβάλουμε την Περιστροφή με εμβέλεια τιμών από 5 έως 10 κρατώντας φυσικά σταθερές τις υπόλοιπες μεταβλητές. Αυτό μας οδηγεί στα παρακάτω γραφήματα (Εικόνα 5.9) όπου η ιδανική προς επιλογή σε συνδυασμό μεγαλύτερης απόδοσης και μικρότερης τιμής Περιστροφή είναι η τιμή 6.



Εικόνα 5.9: Στα παραπάνω γραφήματα εμφανίζονται οι γραφικές για το GAR συνάρτηση του FAR για περιστροφές στις τιμές 5-10.

Τέλος η τελευταία μεταβλητή που θα ελέγξουμε κρατώντας σταθερά αυτή την φορά το Μέγεθος στην τιμή 3 και την Περιστροφή στην τιμή 6 είναι το Νευρωνικό Δίκτυο Neural Gas όπου θα ελεγχτεί στις τιμές από 50 έως 300 με βήμα 50.

Μετά το πέρας και αυτής της διαδικασίας έχουμε το αποτέλεσμα του παρακάτω γραφήματος (Εικόνα 5.10), όπου παρουσιάζεται η εξέλιξη του κάθε GAR βάση του μέσου όρου των τιμών του κάθε πίνακα σε σχέση με την τιμή του νευρωνικού δικτύου Neural Gas. Εκεί παρατηρείται πως η ιδανική επιλογή του Neural Gas είναι η τιμή 100 όπου παρουσιάζεται και το μεγαλύτερο ποσοστό GAR στην τιμή 0,9039 δηλαδή 90.39%.



Εικόνα 5.10: Σε αυτό το γράφημα παρουσιάζεται η γραφική για το GAR βάση τις τιμές του Neural Gas οι οποίες κυμαίνονται από 50 έως 300 με βήμα 50.

Τελικά ο ιδανικός συνδυασμός του Evaluation για τον οποίο θα πραγματοποιηθούν οι μελέτες στην συνέχεια, είναι το Μέγεθος στην τιμή 3, η Περιστροφή στην τιμή 6 και στην τιμή 100 το νευρωνικό δίκτυο Neural Gas.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ.

6.1 Συμπεράσματα.

Μετά το πέρας όλης της διαδικασίας βιομετρικού έλεγχου όπου λήφθηκαν 1280 δακτυλικά αποτυπώματα (20 φορές η εικόνα του δείκτη από 64 άτομα) και εφαρμόζοντας τις τελικές μεταβλητές όπως αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο καταλήξαμε στα παρακάτω αποτελέσματα.

	Ρυθμός Λανθασμένης Αποδοχής (False Acceptance Rate, FAR)	Ρυθμός Έγκυρης Αποδοχής (Genuine Acceptance Rate, GAR)	Σφάλμα
Μέσος Όρος Απόδοσης	81,59%	90.39%	9.61%

Πίνακας 6.1: Σε αυτό τον πίνακα παρουσιάζονται τα μέτρα FAR, GAR, και Σφάλμα των τελικών ρυθμίσεων.

Το σύστημα με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο αλλά και την ιδανική για αυτόν ταχύτητα επεξεργασίας και εκτέλεσης του κώδικα για τον όγκο των δεδομένων που έχει να επεξεργαστεί παρουσίασε μία ακρίβεια η οποία εκφράζεται από τον μέσο όρο του GAR της τάξης του 90.39%.

Το FAR μπορεί να είναι μεγάλο επειδή αναφέρεται στην κατανομή και ταξινόμηση των συνδυασμών που το σύστημα λανθασμένα επέλεξε ως έγκυρους για το λόγο ότι κάποια δακτυλικά αποτυπώματα διαφορετικών ατόμων μπορεί να εμπεριέχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά (μικρό ποσοστό), αλλά δεν επηρεάζει το GAR γιατί η επιλογή του Ορίου (Threshold) έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να εμφανιστεί η παραπάνω ακρίβεια στα τελικά αποτελέσματα.

Με αυτό τον τρόπο αποδεικνύεται πως το δακτυλικό αποτύπωμα είναι ένα μεγάλης ακρίβειας βιομετρικό χαρακτηριστικό το οποίο διαθέτει μία αρκετά οικονομική μέθοδος εφαρμογής με την χρήση ενός χωρητικού αισθητήρα.

6.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις.

Το βιομετρικό σύστημα ταυτοποίησης και εξακρίβωσης ατόμου μέσω δακτυλικού αποτυπώματος είναι ολοκληρωμένο καθώς εκτελεί όλα τα στάδια επεξεργασίας και έχει ένα μικρό ποσοστό σφάλματος (στην παρούσα πτυχιακή μόλις 9.61%). Επειδή όμως το αποτέλεσμα της εικόνας που λάβαμε για το κάθε δακτυλικό αποτύπωμα μέσα από το πρόγραμμα το οποίο συνόδευε τον αισθητήρα ήταν ήδη προ-επεξεργασμένο, δεν μπορούμε να κρίνουμε αν είναι το βέλτιστο σε απόδοση. Σίγουρα όμως θα μπορεί να εξελιχθεί και να βελτιστοποιηθεί παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας.

Ακόμα, σαν μελλοντικές κατευθύνσεις υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορεί κάποιος να βελτιώσει το σύστημα αυτό σε ακρίβεια αναγνώρισης αλλά και εξακρίβωσης κάποιου προσώπου. Ένας από αυτούς και εύκολος στην εφαρμογή είναι η λήψη του μοτίβου-εικόνας ενός ακόμα αλλά και περισσότερων δακτύλων του εκάστοτε προσώπου και μέσα από μεθόδους συγχώνευσης αλλά και πολύπλεξης χαρακτηριστικών να διαχωρίσει το σύστημα ποιο ορατά σε αυτό το εκάστοτε άτομο. Επίσης θα μπορούσε να εισαχθεί στην διαδικασία της επιβεβαίωσης και κάποιο άλλο βιομετρικό χαρακτηριστικό όπως είναι το πρόσωπο, η φωνή αλλά και η ίριδα των ματιών. Η χρήση του τρόπου αυτού μπορεί να γίνει σε διαφορετικές διαδικασίες (έγκριση και από τα δύο ή περισσότερα ξεχωριστά συστήματα για να κριθεί το άτομο ως αποδεκτό-αυθεντικό) αλλά και με τον προαναφερθέντα τρόπο μέσα από την εξαγωγή των χαρακτηριστικών-δεδομένων του κάθε βιομετρικού χαρακτηριστικού και στην συνέχεια με έναν αλγόριθμο να εφαρμοστεί μία μορφή συνέλιξης για να δημιουργηθούν η τελική μορφή αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΣΕΛΙΟΣ ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΑ ΔΑΚΤΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ, Δ.Π.Μ.Σ.-Η.Ε.Π., ΠΑΤΡΑ 2008.
2. VASILEIOS K. POTHOS, CHRISTOS THEOHARATOS and GEORGE ECONOMOU, FINGERPRINT VERIFICATION BASED ON STATISTICAL MATCHING OF LOCAL APPEARANCE DISTRIBUTION, ELECTRONIC LABORATORY, DEPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSITY OF PATRAS, PATRA.
3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΛ_6, ΔΙΑΣ, ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΟ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΤΡΑ ΜΑΪΟΣ 2008.
4. DAVID MALTONI, DARIO MAIO, ANIL K. JAIN and SALIL PRABHAKAR, HANDBOOK OF FINGERPRINT RECOGNITION SECOND EDITION ,SPRINGER-VERLAG,LONDON 2009

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A. ΒΑΣΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ

I. Βασικός Κώδικας Make Gabor.

```
clear all; close all; clc;
```

```
Sc=3; Or=8;
```

```
[GWr, GWi] = xvp_MakeGabor(51, Sc, Or, 5,  
9, 0.6);
```

```
[sy sx sz] = size(GWr);
```

```
MaxV_GabF = zeros(1,sz);
```

```
for i=1:sz
```

```
    fr =  
    imfilter(GWr(:,i),GWr(:,i),'symmetric','same',  
'conv');
```

```
    fi =  
    imfilter(GWi(:,i),GWi(:,i),'symmetric','same',  
'conv');
```

```
    f=sqrt((fr.^2)+(fi.^2));
```

```
    MaxV_GabF(i)=max(max(f));
```

```
end
```

```
QUANTIZE_N = 10;
```

```
DBDir = './vasilis_lista_fp/';
```

```
OutPutDir =  
'./vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_s3o8_  
u5u9s0p8_QN10';
```

```
d=dir([DBDir '* .png']);
```

```
ND=length(d);
```

```
fprintf('\n Creating Database(%d):  
0000',length(d));
```

```
for i=1:ND
```

```
    pause(0.001);
```

```
    fprintf('\b\b\b\b\b%4.d',i);
```

```
    im=imread([DBDir d(i).name]);  
    im=rgb2gray(im);
```

```
    im=im2double(im);
```

```
    im = im./255;
```

```
    GIM = xvp_GFilter(im,GWr,GWi);
```

```
    for j=1:Sc*Or;  
        GIM(:,j)=GIM(:,j)./MaxV_GabF(j); end;
```

```
    GIM = reshape(GIM,  
size(GIM,1)*size(GIM,2),size(GIM,3));
```

```
    GIM=GIM(1:QUANTIZE_N:length(GIM),:);
```

```
C=sprintf('%0.3d',str2num(strtok(d(i).name,'  
_')));
```

```
[s,t]=strtok(d(i).name,'_'); t=t(2:length(t));
```

```
t=strtok(t,'.');
```

```

S=sprintf('%0.2d',str2num(t));
str = sprintf('%s/%s_%s',OutPutDir,C,S);
save(str,'GIM');

end

II. Νευρωνικό δίκτυο Neural Gas

DBDir='./vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
s3o8_u5u9s0p8_QN10/';
d=dir([DBDir '*.mat']);

Scales=[2 3 4];

Orientations=[8];

ND=length(d);

fprintf('\n Indexing
Database(%d):...',length(d));

for i=1:ND
    QDB(i).name=d(i).name;

QDB(i).Class=str2num(strtok(d(i).name,'_'));

    [s,t]=strtok(d(i).name,'_'); t=t(2:length(t));
t=strtok(t,'. ');

    QDB(i).n =str2num(t);

    QDB(i).GIM=zeros(1);

end

fprintf('\n Quantizing Database(%d):
0000',length(d));

for i=1:ND

    pause(0.01);

    fprintf('\b\b\b\b\b%4.d',i);

    load([DBDir d(i).name]);

```

```

% GIM2 =
zeros(size(GIM,1),length(Scales)*Orientatio
ns);

% for j=1:length(Scales)

% GIM2(:,(j-1)*Orientations+1:(j-
1)*Orientations+Orientations)=...

% GIM(:,(Scales(j)-
1)*Orientations+1:(Scales(j)-
1)*Orientations+Orientations);

% end

    QDB(i).GIM=Neural_Gas(GIM,100,5);

end

clear GIM GIM2 i DBDir ND d s

save(sprintf('vasilis_lista_fp_MakerGabor_
w51__s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100'));

```

```

III. Δημιουργία Κατανομής FAR

clear all

close all

clc;

load
vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3o8_u
5u9s0p8_QN10_NGAS100

clear FAR GAR GIM GIM2

N = length(QDB);

fprintf('\n Comparing Sample(%d): 0000',N);

for i=1:N

    FRR(i).qname=QDB(i).name;

    FRR(i).Class=QDB(i).Class;

    fprintf('\b\b\b\b\b%0.4d',i);

```

```

c=1;
for j=i:N
    if (i==j); continue; end;
    if (QDB(i).Class == QDB(j).Class);
continue; end;
    FRR(i).Res(c).name = QDB(j).name;
    costmat =
hist_cost_2(QDB(i).GIM,QDB(j).GIM);
    [a1,b1]=min(costmat,[],1);
                [a2,b2]=min(costmat,[],2);

    D=max(mean(a1),mean(a2));
    FRR(i).Res(c).R = D;
    c=c+1;
end
end
save
FAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100 FRR

```

IV. Δημιουργία κατανομής GAR

```

clear all
close all
clc;
load
vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3o8_u
5u9s0p8_QN10_NGAS100
clear FAR GAR GIM GIM2 FRR

```

```

N = length(QDB);
fprintf('\n Comparing Sample(%d): 0000',N);
for i=1:N
    FRR(i).qname=QDB(i).name;
    FRR(i).Class=QDB(i).Class;
    fprintf('\b\b\b\b\b%0.4d',i);
    c=1;
    for j=1:N
        if (i==j); continue; end;
        if (QDB(i).Class ~= QDB(j).Class);
continue; end;
        FRR(i).Res(c).name = QDB(j).name;
% [W,R] = Wald_test3p(QDB(i).GIM,
QDB(j).GIM);
        costmat =
hist_cost_2(QDB(i).GIM,QDB(j).GIM);
                [a1,b1]=min(costmat,[],1);
                [a2,b2]=min(costmat,[],2);

        D=max(mean(a1),mean(a2));
% FRR(i).Res(c).W = W;
        FRR(i).Res(c).R = D;
% FRR(i).Res(c).Score = R/150;
        c=c+1;
    end
end
save
GAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100 FRR

```

**V. Επανα-τακτοποίηση τιμών
μέτρων FAR, GAR**

```
clear all; clc;

load
FAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

N = length(FRR);

maxX = -inf;

for i=1:N

    for j=1:length(FRR(i).Res);

        for k=1:length(FRR(i).Res(j))

            if (FRR(i).Res(j).R(k) > maxX); maxX =
FRR(i).Res(j).R(k); end;

        end

    end

end

save temp_maxX maxX;

clear all; clc;

load temp_maxX;

load
GAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

for i=1:length(FRR);

    for j=1:length(FRR(i).Res);

        for k=1:length(FRR(i).Res(j))

            if (FRR(i).Res(j).R(k) > maxX); maxX =
FRR(i).Res(j).R(k); end;

        end

    end

end

end
```

```
save
MaxX2_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
_s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100 maxX
```

**VI. Υπολογισμός FAR, GAR με Όριο
(threshold)**

```
clear all; clc;

load
MaxX2_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
_s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

load
FAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

Thres=[0:0.002:1];

GAR_Result = zeros(1,length(Thres));

for k=1:length(Thres);

    Thres(k)

    count=0;

    GAR_res=0;

    for i=1:length(FRR)

        for j=1:length(FRR(i).Res)

            count=count+1;

            if ((maxX-FRR(i).Res(j).R)/maxX >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end

            % if (FRR(i).Res(j).Score*200/maxr >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end

            % if (FRR(i).Res(j).W/maxw >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end

        end

    end

end
```

```

end
GAR_Result(k) = GAR_res/count;
end
['False Acceptance Rate']
FAR = GAR_Result

save
temp_FAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
1__s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100 FAR

clear all; clc;

load
MaxX2_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
_s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

load
GAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s3
o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100

Thres=[0:0.002:1];

GAR_Result = zeros(1,length(Thres));
for k=1:length(Thres);
    Thres(k)
    count=0;
    GAR_res=0;
    for i=1:length(FRR)
        for j=1:length(FRR(i).Res)
            count=count+1;
            if ((maxX-FRR(i).Res(j).R)/maxX >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end
%        if (FRR(i).Res(j).Score*200/maxr >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end

```

```

%        if (FRR(i).Res(j).W/maxw >
Thres(k)); GAR_res=GAR_res+1; end
    end
end
GAR_Result(k) = GAR_res/count;
end
['Genuine Acceptance Rate']
GAR = GAR_Result

save
temp_GAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w
51__s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100 GAR

clear all; clc;

load
temp_FAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51_
1__s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100;

load
temp_GAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w
51__s3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100;

save
FGAR_vasilis_lista_fp_MakerGabor_w51__s
3o8_u5u9s0p8_QN10_NGAS100;

plot(FAR*100,GAR*100,'r.-');

```

B. ΥΠΟ-ΡΟΥΤΙΝΕΣ

I. xvp_MakeGabor

```
function [Gr,Gi] = xvp_MakeGabor(N,Sc, Or,
minF, maxF, s)
```

```
if (rem(N,2)==0); N=N+1; end;
```

```
N2=ceil(N/2);
```

```
Gr=zeros(N,N,Sc*Or);
```

```
Gi=zeros(N,N,Sc*Or);
```

```
if (Sc > 1); SC=minF: (maxF-minF)/(Sc-1):
maxF; else; SC=minF; end;
```

```
TH=0:180/Or:180-0.0000001;
```

```
TH=(TH./360). * 2 * pi;
```

```
c=1;
```

```
for S=1:Sc
```

```
    sx=s*SC(S); sy=s*SC(S);
```

```
    for K=1:Or
```

```
        for i1=1:N
```

```
            for i2=1:N
```

```
                xp=i2-N2;
```

```
                yp=i1-N2;
```

```
                Gr(i1,i2,c) =
```

```
                1/(2*pi*sx*sy)*exp(...
```

```
                -0.5*(
```

```
                (xp.^2)/(sx.^2)+ (yp.^2)/(sy.^2))) * ...
```

```
                cos(pi/((SC(S)-1)/2) *
                (cos(TH(K))*xp+sin(TH(K))*yp))...
```

```
                ;
```

```
                Gi(i1,i2,c) =
```

```
                1/(2*pi*sx*sy)*exp(...
```

```
                -0.5*(
```

```
                (xp.^2)/(sx.^2)+ (yp.^2)/(sy.^2))) * ...
```

```
                sin(pi/((SC(S)-1)/2) *
                (cos(TH(K))*xp+sin(TH(K))*yp))...
```

```
                ;
```

```
            end
```

```
        end
```

```
        c=c+1;
```

```
    end
```

```
end
```

II. xvp_MakeGabor_NoMean

```
function [Gr,Gi] = xvp_MakeGabor(N,Sc, Or,
minF, maxF, s)
```

```
if (rem(N,2)==0); N=N+1; end;
```

```
N2=ceil(N/2);
```

```
Gr=zeros(N,N,Sc*Or);
```

```
Gi=zeros(N,N,Sc*Or);
```

```
if (Sc > 1); SC=minF: (maxF-minF)/(Sc-1):
maxF; else; SC=minF; end;
```



```

TH=0:180/Or:180-0.0000001;
TH=(TH./360).*2*pi;

c=1;
for S=1:Sc
    sx=s*SC(S); sy=s*SC(S);
    for K=1:Or
        for i1=1:N
            for i2=1:N
                xp=i2-N2;
                yp=i1-N2;
                Gr(i1,i2,c) =
                1/(2*pi*sx*sy)*exp(...
                    -0.5*(
                    (xp.^2)/(sx.^2)+ (yp.^2)/(sy.^2))) *...
                    (1+cos(pi/((SC(S)-1)/2) *
                    (cos(TH(K))*xp+sin(TH(K))*yp)))...
                ;
                Gi(i1,i2,c) =
                1/(2*pi*sx*sy)*exp(...
                    -0.5*(
                    (xp.^2)/(sx.^2)+ (yp.^2)/(sy.^2))) *...
                    (1+sin(pi/((SC(S)-1)/2) *
                    (cos(TH(K))*xp+sin(TH(K))*yp)))...
                ;
            end
        end
    end
    c=c+1;
end

```

```
end
```

III. *xvp_showGaborWavelets*

```

function res =
xvp_showGaborWavelets(gr,Nsc,Nrot)
res=[];
for j=1:Nrot
    gh=[];
    for i=1:Nsc
        g=gr(:,:(i-1)*Nrot+1+(j-1));
        g=g-min(min(g));
        g=g/max(max(g));
        gh=[gh g];
    end
    res=[res ; gh];
end
figure,imshow(res);

```

IV. xvp_GFilter

```
function res = xvp_GFilter(im,Gr,Gi)

im=double(im);

[sy sx sz]=size(Gr);

[imy imx imz]=size(im);

res = zeros(imy,imx,sz);

for i=1:sz

    fr =
    imfilter(im,Gr(:, :, i),'symmetric','same','conv'
);

    fi =
    imfilter(im,Gi(:, :, i),'symmetric','same','conv'
);

    res(:, :, i)=sqrt((fr.^2)+(fi.^2));

end
```

V. xvp_Gabor

```
%-----
%-----

% This function generate the spatial domain
of the Gabor wavelets

% which are specified by number of scales
and orientations and the

% maximun and minimun center frequency.

%

% N : the size of rectangular grid to
sample the gabor

% index : [s,n] specify which gabor filter is
selected
```

```
% freq : [Ul,Uh] specify the maximun and
minimun center frequency
```

```
% partition : [stage,orientation] specify the
total number of filters
```

```
% flag : 1 -> remove the dc value of the
real part of Gabor
```

```
% 0 -> not to remove
```

```
% Gvalue : Exponential Gaussian Value
(default: 0.5)
```

```
%-----
%-----
```

```
function [Gr,Gi] =
Gabor(N,index,freq,partition,flag,Gvalue)
```

```
if (nargin <= 5); Gvalue = 0.5; end;
```

```
% get parameters
```

```
s = index(1);
```

```
n = index(2);
```

```
Ul = freq(1);
```

```
Uh = freq(2);
```

```
stage = partition(1);
```

```
orientation = partition(2);
```

```
% computer ratio a for generating wavelets
```

```
base = Uh/Ul;
```

```

C = zeros(1,stage);

C(1) = 1;

C(stage) = -base;

P = abs(roots(C));

a = P(1);

% computer best variance of gaussian
envelope

u0 = Uh/(a^(stage-s));
Uvar = ((a-1)*u0)/((a+1)*sqrt(2*log(2)));

Vvar=Uvar;
% z = -2*log(2)*Uvar^2/u0;
% Vvar =
tan(pi/(2*orientation))*(u0+z)/sqrt(2*log(2)
-z*z/(Uvar^2));

% generate the spetial domain of gabor
wavelets

j = sqrt(-1);

if (rem(N,2) == 0)
    side = N/2-0.5;
else
    side = fix(N/2);
end;

x = -side:1:side;
l = length(x);
y = x';
X = ones(l,1)*x;
Y = y*ones(1,l);

t1 = cos(pi/orientation*(n-1));
t2 = sin(pi/orientation*(n-1));

XX = X*t1+Y*t2;
YY = -X*t2+Y*t1;

Xvar = 1/(2*pi*Uvar);
Yvar = 1/(2*pi*Vvar);

coef = 1/(2*pi*Xvar*Yvar);

Gr = a^(stage-s)*coef*exp(-
Gvalue*((XX.*XX)/(Xvar^2)+(YY.*YY)/(Yvar
^2))).*cos(2*pi*u0*XX);

Gi = a^(stage-s)*coef*exp(-
Gvalue*((XX.*XX)/(Xvar^2)+(YY.*YY)/(Yvar
^2))).*sin(2*pi*u0*XX);

% remove the real part mean if flag is 1

```

```

if (flag == 1)

    m = sum(sum(Gr))/sum(sum(abs(Gr)));

    Gr = Gr-m*abs(Gr);

end;

```

VI. xvp_CreateGaborWavelets

```

function [GWr,GWi] =
xvp_CreateGaborWavelets(win, NSc, NRot,
umin, umax, gvalue)

if (nargin <= 5); gvalue=0.5; end;

GWr=zeros(win,win,NSc*NRot);

GWi=GWr;

c=1;

for i=1:NSc
for j=1:NRot

    [GWr(:,j,c),GWi(:,j,c)] =
xvp_Gabor(win,[i j],[umin umax],[NSc
NRot],1,gvalue);

    c=c+1;

end

```

VII. Neural Gas

```

function
[prototypes,class_indicators,Average_Error,
Convergence_Index]=Neural_Gas(X,k,iterati
ons)

%
[prototypes,class_indicators,Average_Error,
Convergence_Index]=Neural_Gas(X,k,iterati
on_factor)

```

```

%
% Neural-Gas Vector Quantization
Algorithm

% X --> input set of patterns

% k --> size of the code-book (i.e. number
of prototypes/centroids)

% iterations --> the iteration_factor
controls the number of iterations :

%          == (iteration_factor) x (size of
the input sample)

%

% prototypes --> tabulates the k code-
vectors

% class_indicators --> tabulates the labels
that assign each vector Xi to the nearest
prototype

% Average_Error --> an index of
performance: it is the average Distortion
induced by the adopted coding scheme

% Convergence_Index --> indicates the
improvement, with respect to the
initial/random selection of prototypes ,

%          achieved with the iterative-
execution of the basic adaptation-step

% 05/2006

[N,p]=size(X);

%%%%% initialization %%%%%%%%%%%%%%

rindex=permut(N);

fl=floor(N/k);

if fl>=2

```

```

    for i=1:k
        rr=rindex((i-1)*fl+1:(i)*fl);
        prot(i,:)=mean(X(rr,:));
    end

    else

        prot=X(rindex(1:k),:);
    end

    %%%%%%%%%% initial coding error
    %%%%%%%%%%

    for i=1:N
        d=d_sample_to_vector(prot,X(i,:));
        [error(i)]=min(d);
    end

    initial_Average_Error=mean(error);
    %_____
    _____

    tmax=iterations*N; rr=[]; for i=1:iterations,
    rr=[rr;permut(N)']; end

    li=0.3*k; lf=0.01; ei=0.5; ef=0.005;
    lt=li; et=ei;

    for i=1:tmax;
        u=X(rr(i),:);
        du=d_sample_to_vector( prot,u);
        [sdu,ordering_list]=sort(du);

```

```

        [ignore,order]=sort(ordering_list);
        order=order-1;

        hl=exp(-order/lt);

        % for i=1:k; dprot(i,:)=et * hl(i) * (u-
        prot(i,:)); end

        dprot= et*repmat(hl,1,p).*
        (repmat(u,k,1)-prot);

        prot=prot+dprot;

        lt=li*(lf/li)^(i/tmax);
        et=ei*(ef/ei)^(i/tmax);
    end

    prototypes=prot;

    for i=1:N
        d=d_sample_to_vector(prototypes,X(i,:));
        [error(i),indicator(i)]=min(d);
    end

    class_indicators=indicator;
    Average_Error=mean(error);
    Convergence_Index = abs(Average_Error-
    initial_Average_Error)/initial_Average_Error
    ;

    return;

```

```

%
#####
#####
#####

%
#####
#####
#####

%
#####
#####
#####

function y=permut(X)
% function y=permut(x)
% random permutation of the elements of
x vector

r=randn(1,X);
[sr,isr]=sort(r);

y=isr;

%
#####

%
#####

%
#####

function y=d_sample_to_vector(X,Y)

```

```

%
distance=d_sample_to_vector(sample,vector)

% distances (squared euclidean to a
reference-vector)

```

```
[m,n]=size(X);
```

```
y=diag([X-ones(m,1)*Y]*[X-ones(m,1)*Y]');
```

VIII. Hist cost 2

```

function HC=hist_cost_2(BH1,BH2);
% HC=hist_cost_2(BH1,BH2);
%
% same as hist_cost.m but BH1 and BH2 can
be of different lengths

```

```
[nsamp1,nbins]=size(BH1);
```

```
[nsamp2,nbins]=size(BH2);
```

```
BH1n=BH1./repmat(sum(BH1,2)+eps,[1
nbins]);
```

```
BH2n=BH2./repmat(sum(BH2,2)+eps,[1
nbins]);
```

```
tmp1=repmat(permute(BH1n,[1 3 2]),[1
nsamp2 1]);
```

```
tmp2=repmat(permute(BH2n',[3 2
1]),[nsamp1 1 1]);
```

```
HC=0.5*sum(((tmp1-
tmp2).^2)./(tmp1+tmp2+eps),3);
```