



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ**

**Οδηγός εκπαίδευσης στη χρήση της Βιομετρίας ως μεθόδου ταυτοποίησης και
υποδειγματική υλοποίηση βασικών Βιομετρικών Μεθόδων**

Μαριδάκη Εμμανουέλα

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ
Κακαρόντας Αθανάσιος**

Λαμία, 2010



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ**

Οδηγός εκπαίδευσης στη χρήση της Βιομετρίας ως μεθόδου ταυτοποίησης και υποδειγματική υλοποίηση βασικών Βιομετρικών Μεθόδων

Μαριδάκη Εμμανουέλα

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ
Κακαρούντας Αθανάσιος**

Λαμία, 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βιομετρία είναι η επιστήμη αναγνώρισης της ταυτότητας ενός ατόμου και βασίζεται στις φυσικές ή συμπεριφοριστικές ιδιότητές του, όπως το πρόσωπο, τα δακτυλικά αποτυπώματα, η φωνή και η ίριδα. Με την έντονη ανάγκη για ισχυρές τεχνικές αναγνώρισης ανθρώπων σε κρίσιμες εφαρμογές, όπως ο ασφαλής έλεγχος πρόσβασης και η εγκληματολογία, η Βιομετρία έχει χρησθεί ως η τεχνολογία που μπορεί να ενσωματωθεί στα μεγάλης κλίμακας συστήματα διαχείρισης ταυτότητας. Τα βιομετρικά συστήματα λειτουργούν κάτω από την προϋπόθεση ότι πολλά από τα φυσικά ή τα συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων είναι μοναδικά για τον καθένα, ότι μπορούν να αποκτηθούν αξιόπιστα μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων αισθητήρων και να αναπαρασταθούν με αριθμητικό τρόπο, ώστε να οδηγούν στην αυτόματη λήψη αποφάσεων στα πλαίσια της διαχείρισης ταυτότητας.

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε το σύνολο των βιομετρικών μεθόδων που έχουν προταθεί μέχρι τώρα στη διεθνή βιβλιογραφία, κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής και περιγράφηκε ο τρόπος λειτουργίας τέτοιων συστημάτων. Επιπλέον, αναζητήθηκαν πληροφορίες για τη δυνατότητα προτυποποίησης βιομετρικών συστημάτων και της πιστοποίησης γνώσεων στη Βιομετρία. Όλα αυτά τα δεδομένα, που αναλύονται στα τρία πρώτα κεφάλαια της εργασίας, οργανώθηκαν σε μορφή ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης, προκειμένου να είναι δυνατή η μελλοντική χρήση του περιεχομένου του κι από άλλους μαθητές ή προπτυχιακούς φοιτητές. Πρόκειται για την κατασκευή ενός ιστοχώρου που παρέχει εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με τη Βιομετρία, για τον οποίο χρειάστηκε στο πέμπτο κεφάλαιο να ακολουθηθεί το μοντέλο της μηχανικής ευχρηστίας, ιδανικό για την ανάπτυξη μιας διεπαφής ανθρώπου-υπολογιστή, πραγματοποιώντας ανάλυση απαιτήσεων συστήματος, χρηστών, δομημένη ανάλυση, περιγραφή του σχεδιασμού ως το τελικό στάδιο της υλοποίησης. Στο τέταρτο κεφάλαιο υπάρχει αναλυτική επεξήγηση του λογισμικού που αναπτύχθηκε για αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος στο Matlab, πληροφορίες που ενσωματώθηκαν στον οδηγό εκπαίδευσης. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα, πως καταφέραμε να πετύχουμε τους αρχικούς στόχους μας κι ποιες είναι οι δυνατότητες βελτίωσης των αποτελεσμάτων μας.

Πλέον η βιομετρική τεχνολογία είναι ένας ταχύτατα εξελισσόμενος τομέας και γι' αυτό το λόγο η εκπόνηση μιας πτυχιακής εργασίας με αντικείμενο τη Βιομετρία θεωρήθηκε αναγκαία διαδικασία. Ελπίζουμε ότι οι έννοιες και οι ιδέες που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία θα υποκινήσουν την περαιτέρω έρευνα σε αυτό το κλάδο στην Ελλάδα, καθώς η βιομετρική τεχνολογία γίνεται ένα αναπόσπαστο τμήμα της κοινωνίας στον 21^ο αιώνα.

Λέξεις-Κλειδιά

Βιομετρία, Βιομετρικά Συστήματα, Βιομετρικές Μέθοδοι, Αναγνώριση, Ταυτοποίηση, Επαλήθευση, Πρωτότυπο, Αντιστοίχιση, Βιομετρικό Πρότυπο

ABSTRACT

Biometrics is the science of recognizing the identity of a person based on the physical or behavioral attributes of the individual such as face, fingerprints, voice and iris. With the pronounced need for robust human recognition techniques in critical applications such as secure access control and forensics, biometrics has positioned itself as a viable technology that can be integrated into large-scale identity management systems. Biometric systems operate under the premise that many of the physical or behavioral characteristics of humans are distinctive to an individual, and that they can be reliably acquired via appropriately designed sensors and represented in a numerical format that lends itself to automatic decision-making in the context of identity management.

In this thesis we studied all biometric modalities that have been proposed so far in the international literature, categorized according to the application field and described their system model. In addition, information was sought about the possibility of standardization of biometric systems and certification on Biometrics. All these data that are analyzed in the first three chapters are organized in the form of online driver education. The online application is aimed at future use of its content and from other students or undergraduate students. It is building a website that provides educational material on biometrics for which had the fifth chapter to follow the Usability Engineering Lifecycle Model for the human-computer interface development, by performing system requirements analysis, user requirements analysis, structured analysis, description of design and implementation as final phase. The fourth chapter presents a detailed explanation of the software developed for fingerprint recognition with references to the Annex with the Code of Matlab, included these information in the educational driver. The sixth and final chapter details our conclusions, how we have achieved our original objectives and whether there are possibilities to improve our results.

Biometric technology is a rapidly evolving field and for this reason the development of this thesis on Biometrics was considered as a necessary process. We hope that the concepts and ideas presented in this project will stimulate further research in this field in Greece, even as biometric technology becomes an integral part of society in the 21st century.

Key-words

Biometrics, Biometric Systems, Biometric Modalities, Recognition, Identification, Verification, Template, Matching, Biometric Standards

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καθώς η εργασία αυτή δηλώνει το τέλος ενός κύκλου, που λέγεται προπτυχιακές σπουδές, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς όλους εκείνους που με στήριξαν εν γνώση ή εν αγνοία τους σε αυτή την πρώτη απόπειρα να δημιουργήσω κάτι που αντικατοπτρίζει το προσωπικό μου ενδιαφέρον.

Κατ' αρχάς αισθάνομαι ειλικρινά την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Κακαρούντα Αθανάσιο, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, όσο και για την καθοδήγηση και την ευχάριστη συνεργασία μας τον τελευταίο χρόνο.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μου, το ρόλο του απόλυτου σύμβουλου και υποστηρικτή των επιλογών μου σε ζητήματα παιδείας διαδραματίζει η οικογένεια μου. Σε αυτή την καθοριστική φάση της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς και τα αδέρφια μου για το αδιάκοπο ενδιαφέρον, την αμέριστη συμπαράσταση, για την κατανόηση που επέδειξαν και πάνω από όλα για την αγάπη τους.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους, τους συμφοιτητές, αλλά και όλους τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Στερεάς Ελλάδος, που ο καθένας με τον τρόπο του με τροφοδότησε όχι μόνο με γνώσεις, αλλά και με αξέχαστες εμπειρίες ζωής αυτά τα τέσσερα χρόνια παραμονής μου στην πόλη της Λαμίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΧΗΜΑΤΑ	9
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	13
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ	15
1.1 Βιομετρία	15
1.2 Ιστορική αναδρομή	16
1.3 Βιομετρικά Χαρακτηριστικά	20
1.4 Λειτουργία ενός Τυπικού Βιομετρικού Συστήματος.....	21
1.5 Χρήση της Βιομετρίας για Επαλήθευση ή Ταυτοποίηση	24
1.6 Αξιολόγηση της Βιομετρίας	25
1.6.1 Κριτήρια μετρικής και επίδοσης	26
1.6.2 Μεθοδολογία αξιολόγησης.....	27
1.6.3 Αποτελέσματα της δοκιμής	28
1.7 Εφαρμογές της Βιομετρίας	29
1.7.1 Συστήματα Ταυτοποίησης.....	31
1.7.2 Τεχνολογίες Πληροφορικής/Ασφάλεια Δικτύου.....	31
1.7.3 Ηλεκτρονικό εμπόριο και Διαδίκτυο.....	32
1.7.4 Έλεγχος Πρόσβασης.....	32
1.8 Στόχος της πτυχιακής εργασίας	33
2 ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	35
2.1 Κύρια Συστατικά και Διαδικασίες ενός Βιομετρικού Συστήματος.....	35
2.2 Αρχιτεκτονική Βιομετρικών Συστημάτων.....	38
2.2.1 Υποσύστημα απόκτησης των βιολογικών δεδομένων (data acquisition module).....	39
2.2.2 Υποσύστημα εξαγωγής του χαρακτηριστικού (feature extraction module).....	39
2.2.3 Υποσύστημα σύγκρισης-αντιστοίχισης (matching module).....	39
2.2.4 Υποσύστημα απόφασης (decision module).....	40
2.2.5 Υποσύστημα αποθήκευσης (storage module).....	40
2.3 Τύποι αξιολόγησης	41
2.4 Φυσιολογικά Βιομετρικά Συστήματα	42
2.4.1 Αναγνώριση Δακτυλικού Αποτυπώματος (Fingerprint Recognition).....	42
2.4.2 Αναγνώριση προσώπου (Face Recognition)	47
2.4.3 Αναγνώριση ίριδας (Iris recognition).....	49
2.4.4 Γεωμετρία παλάμης (Palm Geometry)	53
2.4.5 Αναγνώριση με βάση το σχήμα των χειλιών (Lip Shape Recognition)	55
2.4.6 Αναγνώριση με βάση το σχήμα των αυτιών (Ear Biometrics).....	55
2.4.7 Εξέταση οφθαλμικού αμφιβληστροειδούς χιτώνα (Retinal Scan)	57
2.4.8 Φωνοκαρδιογράφημα και βιομετρική ταυτοποίηση (Biometric Identification Based on PhonoCardioGram)	58
2.4.9 Ανάλυση ακολουθιών DNA (Deoxyribo Nucleic Acid).....	58
2.5 Συμπεριφοριστικά Βιομετρικά Συστήματα	59
2.5.1 Αναγνώριση Φωνής (Voice Recognition).....	59
2.5.2 Αναγνώριση υπογραφής (Signature Recognition)	60
2.5.3 Βηματισμός (Gait).....	60
2.5.4 Δυναμική πληκτρολόγησης (Keystroke Dynamics).....	61
2.6 Σύγκριση Βιομετρικών Συστημάτων	61
2.7 Κινητές βιομετρικές μέθοδοι	63
2.8 Ανάπτυξη γενικών κατευθύνσεων στις βιομετρικές τεχνολογίες.....	64

3	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	67
3.1	Πρότυπα (Standards)	67
3.1.1	Τύποι Βιομετρικών Προτύπων (Biometric Standards).....	68
3.1.2	Οργανισμοί ανάπτυξης βιομετρικών προτύπων	69
3.1.3	Μέθοδος ανάπτυξης προτύπων	73
3.1.4	Σύμφωνο αξιολόγησης (conformity assessment)	74
3.2	Πιστοποίηση	75
3.2.1	IEEE Certified Biometrics Professional	75
3.2.2	CertFirst	77
4	ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	79
4.1	Εισαγωγική περιγραφή του λογισμικού.....	79
4.2	Αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας.....	81
4.2.1	Βελτίωση της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος (Fingerprint Image Enhancement)	82
4.2.2	Μετατροπή σε δυαδική μορφή (Binarization).....	85
4.2.3	Λέπτυνση (Thinning).....	85
4.2.4	Εξαγωγή Μικρολεπτομερειών (Minutiae Extraction).....	86
4.2.5	Διαδικασία αντιστοίχισης για επαλήθευση (Verification Matching)	90
5	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	97
5.1	Περιγραφή της διαδικτυακής εφαρμογής	97
5.2	Μέθοδος του κύκλου ζωής της εφαρμογής	98
5.3	Κατηγορίες χρηστών.....	99
5.4	Ανάλυση Απαιτήσεων	100
5.4.1	Απαιτήσεις Συστήματος	101
5.4.2	Απαιτήσεις Χρηστών	102
5.4.3	Δομημένη ανάλυση	104
5.5	Σχεδιασμός και Υλοποίηση	108
5.5.1	Γενικές αρχές σχεδιασμού	109
5.5.2	Ειδικές αρχές σχεδιασμού	110
5.5.3	Σχεδιασμός προτύπου (template) - Artisteer	111
5.5.4	Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου - Joomla	113
5.6	Λειτουργία και Αξιολόγηση	121
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	131
6.1	Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της υλοποίησης.....	131
6.2	Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης.....	132
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	135
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	139

ΣΧΗΜΑΤΑ

ΣΧΗΜΑ 1.1: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑΣ.....	16
ΣΧΗΜΑ 1.2: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΤΑΥΤΟΤΗΤΕΣ, ΚΩΔΙΚΟΥΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΕΙΔΙΑ	16
ΣΧΗΜΑ 1.3: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	22
ΣΧΗΜΑ 1.4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΓΓΡΑΦΗΣ, ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΣΗΣ, ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ 4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (ΠΗΓΗ: [3])	25
ΣΧΗΜΑ 1.5: ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΟ 2003 (ΠΗΓΗ: [1])	30
ΣΧΗΜΑ 2.1: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΝΟΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	38
ΣΧΗΜΑ 2.2: Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (ΠΗΓΗ [2])	40
ΣΧΗΜΑ 2.3: (Α) ΚΟΡΥΦΟΓΡΑΜΜΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ, (Β) ΞΕΧΩΡΙΣΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ (ΣΕ ΛΕΥΚΑ ΚΟΥΤΑΚΙΑ) ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΕΣ (ΚΥΚΛΟΙ) ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ	43
ΣΧΗΜΑ 2.4: ΤΕΛΕΙΩΜΑ (ΛΕΥΚΟ) ΚΑΙ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ (ΓΚΡΙ) – ΟΙ ΜΙΚΡΟΛΕΙΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΕ ΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ.....	43
ΣΧΗΜΑ 2.5: ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ	45
ΣΧΗΜΑ 2.6: ΤΡΙΑ ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (Α) ΟΠΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ, (Β) ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΥΡΙΤΙΟΥ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ, (Γ) ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΥΡΙΤΙΟΥ	46
ΣΧΗΜΑ 2.7: ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΡΟΣΩΠΟΥ	47
ΣΧΗΜΑ 2.8: Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΙΡΙΔΑΣ.....	50
ΣΧΗΜΑ 2.9: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΙRIS CODE ΜΕ ΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ ΤΟΥ DAUGMAN.....	50
ΣΧΗΜΑ 2.10: ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ ΓΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΙΡΙΔΑΣ	51
ΣΧΗΜΑ 2.11: ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΡΙΔΑΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗΣ.....	51
ΣΧΗΜΑ 2.12: ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΙΡΙΔΑΣ ΚΑΙ «ΞΕΤΥΛΙΓΜΑ» ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ	52
ΣΧΗΜΑ 2.13: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΠΑΛΑΜΗΣ....	54
ΣΧΗΜΑ 2.14: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΠΑΛΑΜΗΣ.....	54
ΣΧΗΜΑ 2.15: ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΙΟΥ	56
ΣΧΗΜΑ 2.16: ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ ΓΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗ ΧΙΤΩΝΑ.....	57
ΣΧΗΜΑ 2.17: Η ΔΙΠΛΗ ΕΛΙΚΑ ΤΟΥ DNA	58
ΣΧΗΜΑ 2.18: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	59
ΣΧΗΜΑ 2.19: ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΓΡΑΦΗΣ	60
ΣΧΗΜΑ 2.20: ΑΠΟΔΟΧΗ Vs ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ.....	62
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΓΡΑΦΗΜΑ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ (ΜΠΛΕ: ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΩΜΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ, ΓΑΛΑΖΙΟ: ΕΘΝΙΚΟ ΣΩΜΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ, ΒΕΛΑΚΙΑ: U.S TECHNICAL ADVISORY GROUP FOR ISO SUBCOMMITTEE)	70
ΣΧΗΜΑ 4.1: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ	80
ΣΧΗΜΑ 4.2: ΜΙΚΡΟΛΕΙΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΕΝΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ.....	82
ΣΧΗΜΑ 4.4: ΑΡΧΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΔΑΚΤΥΛΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (ΔΕΞΙΑ).....	83

ΣΧΗΜΑ 4.3: ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (ΔΕΞΙΑ).....	83
ΣΧΗΜΑ 4.5: ΑΡΧΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ ΕΙΚΟΝΑ ΜΕΣΩ FFT ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (ΔΕΞΙΑ).....	84
ΣΧΗΜΑ 4.6: ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ ΕΙΚΟΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΔΥΑΔΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ (ΔΕΞΙΑ).....	85
ΣΧΗΜΑ 4.7: ΔΥΑΔΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΔΥΑΔΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΛΕΙΤΥΝΣΗ (ΔΕΞΙΑ).....	86
ΣΧΗΜΑ 4.8: CROSSING NUMBER ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ	87
ΣΧΗΜΑ 4.9: ΕΙΚΟΝΑ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΙΣ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ (ΚΟΚΚΙΝΟ = ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ, ΜΠΛΕ = ΤΕΛΕΙΩΜΑ).....	88
ΣΧΗΜΑ 4.10: ΕΙΚΟΝΑ ΜΕ ΔΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΕΙΚΟΝΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΟΥΣ (ΔΕΞΙΑ).....	89
ΣΧΗΜΑ 4.11: ΕΙΚΟΝΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΔΑΝΘΑΣΜΕΝΩΝ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ	89
ΣΧΗΜΑ 4.12: ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ MATCHING	91
ΣΧΗΜΑ 4.13: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ (ΣΧΗΜΑ 4.12).....	91
ΣΧΗΜΑ 4.14: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΜΕΝΗΣ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ X.....	93
ΣΧΗΜΑ 4.15: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ (ΣΧΗΜΑ 4.14).....	94
ΣΧΗΜΑ 4.16: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΔΑΚΤΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΜΕΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΑΞΟΝΕΣ X, Y	94
ΣΧΗΜΑ 4.17: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ (ΣΧΗΜΑ 4.16).....	95
ΣΧΗΜΑ 5.1: ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ «ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ»	104
ΣΧΗΜΑ 5.2: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 0.....	106
ΣΧΗΜΑ 5.3: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1.....	106
ΣΧΗΜΑ 5.4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2 ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ 2 ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1	107
ΣΧΗΜΑ 5.5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2 ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ 3 ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1	108
ΣΧΗΜΑ 5.6: Η ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ARTISTEER	112
ΣΧΗΜΑ 5.7: ΤΕΛΙΚΟ TEMPLATE ΓΙΑ ΤΟΝ ΙΣΤΟΧΩΡΟ «ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ»	113
ΣΧΗΜΑ 5.8: ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΕ JOOMLA TEMPLATE	113
ΣΧΗΜΑ 5.9: ΕΠΙΛΟΓΗ TEMPLATE ΜΕ ΤΟ JOOMLA	115
ΣΧΗΜΑ 5.10: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ JOOMLA TEMPLATE BIOMETRICSFINAL.ZIP.....	115
ΣΧΗΜΑ 5.11: ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΙΣΤΟΧΩΡΟΥ	116
ΣΧΗΜΑ 5.12: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΡΘΡΩΝ.....	116
ΣΧΗΜΑ 5.13: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΡΘΡΟΥ	117
ΣΧΗΜΑ 5.14: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΝΟΥ.....	117
ΣΧΗΜΑ 5.15: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΝΟΥ	118
ΣΧΗΜΑ 5.16: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΜΕΝΟΥ ΩΣ ARTICLE LAYOUT	119
ΣΧΗΜΑ 5.17: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ MODULES	119
ΣΧΗΜΑ 5.18: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ MODULE ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΜΕΝΟΥ	120
ΣΧΗΜΑ 5.19: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ MODULE ΤΟΥ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	121
ΣΧΗΜΑ 5.20: ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΙΣΤΟΧΩΡΟΥ «ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ»123	

ΣΧΗΜΑ 5.21: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ «ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	123
ΣΧΗΜΑ 5.22: ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ «ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ» ΣΤΙΣ «ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ»	124
ΣΧΗΜΑ 5.23: ΕΠΙΛΟΓΗ «ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	124
ΣΧΗΜΑ 5.24: ΕΠΙΛΟΓΗ «ΠΗΓΕΣ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	125
ΣΧΗΜΑ 5.25: ΕΠΙΛΟΓΗ «ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	126
ΣΧΗΜΑ 5.26: ΕΠΙΛΟΓΗ «ΧΑΡΤΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	126
ΣΧΗΜΑ 5.27: ΕΠΙΛΟΓΗ «ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ» ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΠ ΜΕΝΟΥ	127
ΣΧΗΜΑ 5.28: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΘΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ».....	128

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΕΙΡΑ (ΠΗΓΗ: [7])	18
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΓΡΑΦΗ (ΠΗΓΗ: [1])	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: FAR VS. FRR, 3 ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ (ΠΗΓΗ: [1])	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ (Υ: ΥΨΗΛΗ, Μ: ΜΕΣΑΙΑ, Χ: ΧΑΜΗΛΗ) (ΠΗΓΗ [3])	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ (ΠΗΓΗ [18])	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΚΥΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	105

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ

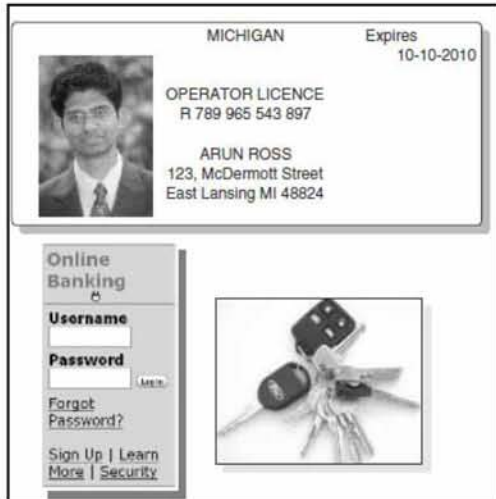
1.1 Βιομετρία

Ο όρος Βιομετρία προέρχεται ετυμολογικά από τις ελληνικές λέξεις βίος, που σημαίνει ζωή και το ρήμα μετρώ, δηλαδή υπολογίζω. Βιομετρία είναι η επιστήμη που χρησιμοποιεί τα φυσικά χαρακτηριστικά ή τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς ενός ατόμου για να καθορίσει ή να εξακριβώσει την ταυτότητά του με αυτοματοποιημένο τρόπο, όπως αναφέρει η Li Yong-Ping [4]. Οι βιομετρικές μέθοδοι φυσιολογίας βασίζονται σε δεδομένα που προέρχονται από απευθείας μετρήσεις ενός τμήματος του ανθρώπινου σώματος, ενώ από την άλλη πλευρά, οι βιομετρικές μέθοδοι βάσει συμπεριφοράς στηρίζονται σε μετρήσεις και δεδομένα που προκύπτουν από μια πράξη και μετρούν εμμέσως χαρακτηριστικά του ανθρώπινου σώματος.

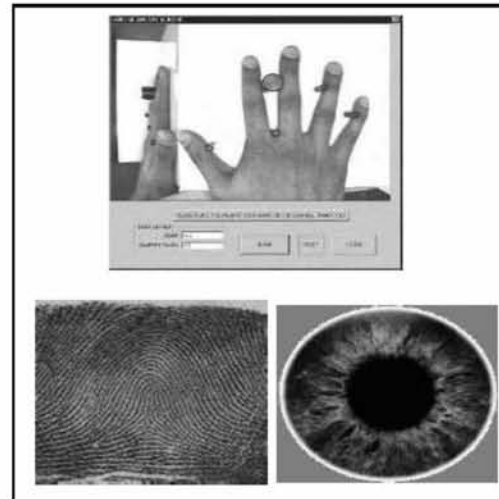
Στις κυριότερες φυσικές βιομετρικές μεθόδους περιλαμβάνονται η αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος, η αναγνώριση προσώπου, η εξέταση ίριδας του ματιού, η εξέταση οφθαλμικού αμφιβληστροειδούς χιτώνα και η γεωμετρία χεριού. Η αναγνώριση φωνής και υπογραφής είναι οι κυριότερες βιομετρικές μέθοδοι βάσει της συμπεριφοράς. Η Φυσιολογική Βιομετρία (Physiological Biometrics) χρησιμοποιεί τη στατική εικόνα ως μέτρο, ενώ αντίθετα ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά της Συμπεριφοριστικής Βιομετρίας (Behavioral Biometrics) είναι η ενσωμάτωση του χρόνου ως μέτρο, εφόσον η συμπεριφορά που καταγράφεται έχει αρχή, μέση και τέλος. Επομένως η Φυσιολογική Βιομετρία ανήκει στις στατικές τεχνολογίες, ενώ η Συμπεριφοριστική στις δυναμικές τεχνολογίες [2]. Η διάκριση μεταξύ Συμπεριφοριστικής και Φυσιολογικής Βιομετρίας είναι ελαφρώς τεχνικής φύσεως. Παρ' όλα αυτά η Συμπεριφοριστική Βιομετρία βασίζεται εν μέρει στη φυσιολογία, για παράδειγμα η φωνητική αναγνώριση επηρεάζεται έμμεσα από το σχήμα των φωνητικών χορδών, ενώ οι Φυσιολογικές Βιομετρικές Τεχνολογίες ενημερώνονται παρόμοια από τη συμπεριφορά του χρήστη, για παράδειγμα από τον τρόπο που ο χρήστης τοποθετεί το δάκτυλό του ή το πώς κοιτάει την κάμερα. Ωστόσο η διάκριση τους είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση του πώς οι βιομετρικές μέθοδοι δουλεύουν και πώς μπορούν να εφαρμοστούν στον πραγματικό κόσμο [4].

Η Βιομετρία γενικότερα στηρίζεται σε πληροφορία που είναι εγγενής στον καθένα από μας, δηλαδή η αναγνώριση γίνεται με βάση το ποιο είμαστε και όχι από κάτι που πρέπει να θυμόμαστε ή να κρατάμε μαζί μας. Αυτό είναι και το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων αναγνώρισης που χρησιμοποιούν βιομετρικές μεθόδους έναντι των παραδοσιακών τεχνικών αναγνώρισης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι πιστοποίησης ταυτότητας ενός χρήστη βασίζονται είτε σε υλικά τεκμαρτά (tokens), δηλαδή κάτι που έχουμε και το χρησιμοποιούμε για να επιβεβαιώσει την ταυτότητά μας σε ένα σύστημα, είτε σε γνώση μιας πληροφορίας, η οποία μας επιτρέπει να τη χρησιμοποιήσουμε για τον ίδιο λόγο (Σχήμα 1.1). Αυτό σημαίνει πως πρέπει να χρησιμοποιούμε κάτι το οποίο δεν ανήκει σε εμάς για να αποδεικνύουμε ποιο είμαστε. Ακόμη, οι περιπτώσεις κλοπής τεκμαρτών ή αποκρυπτογράφησης όλων των ειδών κωδικών και συνθηματικών λέξεων

αυξάνονται όλο και περισσότερο. Συνεπώς, οδηγούμαστε στην ανάγκη δημιουργίας συστημάτων που παρέχουν ασφάλεια υψηλών προδιαγραφών και οι βιομετρικές τεχνολογίες είναι οι πλέον κατάλληλες, αφού έρχονται να χρησιμοποιήσουν τα βιολογικά χαρακτηριστικά για να αναγνωρισθεί και να πιστοποιηθεί η ταυτότητα ενός υποκειμένου σε ένα σύστημα.



Σχήμα 1.2: Παραδοσιακές τεχνικές ταυτοποίησης ατόμων με ταυτότητες, κωδικούς πρόσβασης και κλειδιά



Σχήμα 1.1: Εφαρμογές της Βιομετρίας

Στο [2] αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι οι βιομετρικές τεχνικές επεκτείνουν την έννοια της πιστοποίησης ταυτότητας, που πλέον βασίζεται σε:

- Κάτι που το υποκείμενο έχει (something the subject has)
- Κάτι που το υποκείμενο γνωρίζει (something the subject knows)
- Κάτι που το υποκείμενο είναι (something the subject is)

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η χρήση της Βιομετρίας θεωρείται συχνά ως ριζοσπαστική έννοια, που έρχεται κατ' ευθείαν από τη σύγχρονη λογοτεχνία επιστημονικής φαντασίας. Εντούτοις, υπάρχουν πολυάριθμα ιστορικά γεγονότα που αποδεικνύουν ότι η ιδέα της χρησιμοποίησης των φυσικών ή συμπεριφοριστικών χαρακτηριστικών για τον προσδιορισμό ατόμων υπήρξε στους αρχαίους πολιτισμούς και στην πραγματικότητα η Βιομετρία έχει μεγάλη ιστορία, χρονολογώντας πίσω αρκετές χιλιάδες έτη.

Το πρώτο καταγεγραμμένο ιστορικό γεγονός αναφέρεται ότι έχει πραγματοποιηθεί στην αρχαία Αίγυπτο, κατά τη διάρκεια της κατασκευής της μεγάλης πυραμίδας Khufu [1]. Τότε χρησιμοποιήθηκαν βιομετρικές πληροφορίες για να επεξεργαστούν την πληρωμή (δελτία τροφίμων) για χιλιάδες εργαζόμενους που έχτιζαν τις πυραμίδες [5]. Τα ιστορικά έγγραφα αποδεικνύουν ότι διατηρούσαν σημειώσεις με λεπτομέρειες για τα ονόματα και τους τόπους γεννήσεως μαζί με φυσικά χαρακτηριστικά (ύψος,

βάρος/περίμετρος, σημάδια, παραμορφώσεις) και συμπεριφοριστικά γνωρίσματα (αγενής, οξύθυμος, αλαζόνας, εύθυμος) για να εξασφαλίσουν ότι οι εργαζόμενοι δεν θα εξαπατούσαν το σύστημα πληρωμής.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα τεχνική παρουσιάστηκε αρχικά την εποχή της Βαβυλώνας, όπου οι σφραγίδες χεριών χρησιμοποιήθηκαν για να αποδείξουν την αυθεντικότητα ορισμένων χαράξεων και εργασιών, μια έννοια που ξαναχρησιμοποιήθηκε το 1823 από τον Τσέχο Jan Evangelista Purkinje, ο οποίος παρατήρησε ότι μοναδικά πρωτότυπα διαμορφώθηκαν από τον ιδρώτα που εκκρίθηκε από τα χέρια ενός ατόμου. Αυτή η έννοια καθορίστηκε περαιτέρω το 1888, από τον Juan Vucetich, έναν Αργεντινό αστυνομικό, ο οποίος ήταν ο πρώτος που πήρε δακτυλικά αποτυπώματα με χρήση μελάνης ως μεθόδου ταυτοποίησης. Το 1893, ο Sir Francis Galton τελικά κατέδειξε ότι ποτέ δύο δακτυλικά αποτυπώματα δεν είναι όμοια, ακόμη και σε περιπτώσεις ομοζυγωτικών διδύμων [1].

Η επιστημονική βιβλιογραφία στην ποσοτική μέτρηση των ανθρώπων με σκοπό την ταυτοποίηση χρονολογείται πίσω στη δεκαετία του 1870 και το σύστημα μέτρησης του Alphonse Bertillon. Το σύστημα του Bertillon για μετρήσεις σωμάτων, συμπεριλαμβανομένου τέτοιων μετρήσεων, όπως η διάμετρος κρανίου και το μήκος βραχίονα και ποδιών, χρησιμοποιήθηκε στις ΗΠΑ για να προσδιορίζει τους φυλακισμένους μέχρι τη δεκαετία του '20 [6]. Ο Alphonse Bertillon, προϊστάμενος του τμήματος εγκληματικής ταυτοποίησης του Αστυνομικού Τμήματος στο Παρίσι, ανέπτυξε και άσκησε έπειτα την ιδέα της χρησιμοποίησης ενός αριθμού από μετρήσεις του σώματος για να προσδιορίσει τους εγκληματίες το 1883, δηλαδή επινόησε ένα ανθρωπομετρικό σύστημα (αργότερα επίσης γνωστό ως Bertillonage). Ακριβώς όταν η ιδέα του άρχιζε να κερδίζει δημοτικότητα, κρύφτηκε από μια πολύ σημαντική και πρακτική ανακάλυψη της ιδιομορφίας, δηλαδή της μοναδικότητας των ανθρώπινων δακτυλικών αποτυπωμάτων στα τέλη του 19ου αιώνα, όπως προαναφέρθηκε, από τον Galton. Σύντομα μετά από αυτήν την ανακάλυψη, πολλά σημαντικά τμήματα επιβολής νόμου αγκάλιασαν την ιδέα της «κράτησης» των δακτυλικών αποτυπωμάτων εγκληματιών και την αποθήκευση τους σε μια βάση δεδομένων (πραγματικά, ένα αρχείο καρτών). Αργότερα, τα εναπομείναντα (αποσπασματικά) δακτυλικά αποτυπώματα στον τόπο του εγκλήματος, που αναφέρονται συνήθως με τον αγγλικό όρο *latents*, θα μπορούσαν να «μεταφερθούν» και να αντιστοιχηθούν με τα δακτυλικά αποτυπώματα στη βάση δεδομένων για να καθορίσουν την ταυτότητα των εγκληματιών.

Ο Sir Francis Galton (1888) μαζί με τους προγενέστερους William Herschel (1856) και Henry Faulds (1880) πρότειναν την ποσοτική ταυτοποίηση μέσω του δακτυλικού αποτυπώματος και τις μετρήσεις του προσώπου. Το [5] συμπληρώνει ότι ταυτοποίηση με βάση πρότυπα δακτυλικών αποτυπωμάτων κρύβεται και πίσω από τη δουλειά του Edward Henry (1899).

Ακολούθησε η ανάπτυξη των τεχνικών επεξεργασίας ψηφιακού σήματος τη δεκαετία του '60, που οδήγησε αμέσως την εργασία στην αυτοματοποίηση της ταυτοποίησης του ανθρώπου. Συστήματα αναγνώρισης ομιλίας και δακτυλικών αποτυπωμάτων ήταν μεταξύ των πρώτων που ερευνήθηκαν. Η δυνατότητα για την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στον έλεγχο προσπέλασης υψηλής ασφάλειας, στις προσωπικές κλειδαριές

και στις οικονομικές συναλλαγές αναγνωρίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Η δεκαετία του '70 είδε την ανάπτυξη και την επέκταση των συστημάτων γεωμετρίας χεριού, την έναρξη ελέγχου μεγάλης κλίμακας και το αυξανόμενο ενδιαφέρον για κυβερνητική χρήση αυτών των τεχνολογιών αυτόματης ταυτοποίησης ατόμων. Τα συστήματα επαλήθευσης αμφιβληστροειδή και υπογραφής ήρθαν τη δεκαετία του '80 και ακολουθήθηκαν από τα συστήματα αναγνώρισης προσώπου. Τα συστήματα αναγνώρισης ίριδας αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '90 [6].

Αν και η Βιομετρία προέκυψε από την εκτενή χρήση της στην επιβολή του νόμου για να προσδιορίσει τους εγκληματίες (π.χ., παράνομοι μετανάστες, πιστοποίηση πατρότητας, ιατροδικαστική-εγκληματολογία, θετική ταυτοποίηση κατάδικων και φυλακισμένων), όλο και περισσότερο χρησιμοποιείται σήμερα για να καθιερώσει την αναγνώριση προσώπων σε έναν μεγάλο αριθμό πολιτικών εφαρμογών.

Τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου υποκίνησαν τις πιο πρόσφατες δραστηριότητες έρευνας και ανάπτυξης στη Βιομετρία. Στόχος αυτής της έρευνας είναι να ανακαλύψει τις τεχνικές που θα μπορούσαν μεμονωμένα να διακρίνουν έναν πιθανό τρομοκράτη από το γενικό πληθυσμό (1:N εκατομμύρια αναζητήσεις). Η έκβαση αυτής της προσπάθειας ήταν να αναπτυχθούν τα βιομετρικά συστήματα που μπορούν να επαληθεύσουν την ταυτότητα (επαλήθευση), η οποία εκτελεί 1:1 αντιστοιχίσεις, ένα ευκολότερο έργο από την ταυτοποίηση. Ο ρυθμός της έρευνας στη Βιομετρία έχει δημιουργήσει νέες μεθόδους βασισμένες σε πρότυπα πληκτρολόγησης ή μετακινήσεων του ποντικιού, πρότυπα βαδίσματος (βηματισμός), τύπους εκφώνησης λόγου (ομιλία), διαμόρφωση των φλεβών στο δάχτυλο ή το χέρι (φλεβικό), γεωμετρία του δακτύλου ή του χεριού, πρόσωπο, και σύνθετες δομές της περιοχής του ματιού που είναι πλούσια σε μελανίνη (ίριδα). Αυτές οι αναδυόμενες βιομετρικές μέθοδοι έχουν δημιουργήσει τις απέραντες εμπορικές ευκαιρίες έξω από τις πιο κοινές χρήσεις του δημόσιου τομέα [5].

Οι βιομετρικές τεχνολογίες εξελίσσονται ραγδαία τα τελευταία 150 χρόνια και αυτό είναι εμφανές και στον παρακάτω Πίνακα 1.1 που μας πληροφορεί για κάθε δείγμα προόδου που παρουσιάστηκε στην υλοποίηση και χρήση των Βιομετρικών μεθόδων μέχρι το 2005 [7].

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη των βιομετρικών συστημάτων σε χρονολογική σειρά (Πηγή: [7])

Χρονολογία	Περιγραφή
1858	Καταγράφεται η πρώτη συστηματική συλλογή εικόνων χεριού για λόγους ταυτοποίησης
1870	Ο Bertillon αναπτύσσει την ανθρωπομετρία για να ταυτοποιεί άτομα
1892	Ο Galton αναπτύσσει ένα σύστημα ταξινόμησης για δακτυλικά αποτυπώματα
1894	Δημοσιεύεται η Tragedy of Pudd'nhead του Wilson
1896	Ο Henry αναπτύσσει ένα σύστημα ταξινόμησης δακτυλικών αποτυπωμάτων
1903	Αρχίζει η χρήση δακτυλικών αποτυπωμάτων στις φυλακές της Νέας Υόρκης
1903	Καταρρέει το σύστημα του Bertillon
1936	Καταγράφεται η ιδέα για χρήση πρωτοτύπων ίριδας για ταυτοποίηση

1960s	Γίνεται ημιαυτόματη η αναγνώριση προσώπου
1960	Δημιουργείται το πρώτο μοντέλο παραγωγής ακουστικής ομιλίας
1963	Δημοσιεύεται η έρευνα του Hughes στην αυτοματοποίηση του δακτυλικού αποτυπώματος
1965	Αρχίζει έρευνα αυτοματοποιημένης αναγνώρισης υπογραφής
1969	Το FBI πιέζει για να κάνει την αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος μια αυτοματοποιημένη διαδικασία
1970s	Προχωρά άλλο ένα βήμα προς την αυτοματοποίηση η αναγνώριση προσώπου
1970	Μοντελοποιούνται για πρώτη φορά συμπεριφοριστικά στοιχεία της ομιλίας
1974	Διατίθενται τα πρώτα εμπορικά συστήματα γεωμετρίας χεριού
1975	Το FBI χρηματοδοτεί την ανάπτυξη αισθητήρων και την τεχνολογία εξαγωγής μικρολεπτομερειών
1976	Αναπτύσσεται το πρώτο πρωτότυπο σύστημα για αναγνώριση ομιλητή
1977	Κατοχυρώνεται πατέντα για απόκτηση πληροφοριών δυναμικής υπογραφής
1980s	Ιδρύεται το NIST Speech Group
1985	Προτάθηκε η ιδέα ότι ποτέ δυο ίριδες δεν είναι όμοιες
1985	Κατοχυρώνεται η πατέντα για ταυτοποίηση χεριού
1986	Δημοσιεύεται πρότυπο για την ανταλλαγή δεδομένων που αφορούν μικρολεπτομέρειες του δακτυλικού αποτυπώματος
1987	Κατοχυρώνεται πατέντα που διατυπώνει ότι η ίριδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ταυτοποίηση
1988	Αναπτύσσεται το πρώτο ημιαυτόματο σύστημα αναγνώρισης προσώπου
1988	Αναπτύσσεται η τεχνική Eigenfaces για αναγνώριση προσώπου
1991	Προπορεύεται η ανίχνευση προσώπου, κάνοντας δυνατή την αναγνώριση προσώπου σε πραγματικό χρόνο
1992	Ιδρύεται το Biometric Consortium στην Κυβέρνηση Ηνωμένων Πολιτειών
1993	Αρχίζει η ανάπτυξη μιας πρωτότυπης μονάδας ίριδας
1993	Εγκαινιάζεται το πρόγραμμα FacE REcognition Technology (FERET)
1994	Κατοχυρώνεται με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ο πρώτος αλγόριθμος αναγνώρισης ίριδας
1994	Διεξάγεται διαγωνισμός Integrated Automated Fingerprint Identification System (IAFIS)
1994	Χαρακτηρίζεται το σύστημα παλάμης
1994	Εφαρμόζεται το INSPASS
1995	Διατίθεται το πρωτότυπο ίριδας ως εμπορικό προϊόν
1996	Εφαρμόζεται η γεωμετρία χεριού στους Ολυμπιακούς Αγώνες
1996	Το NIST ξεκινά να διοργανώνει ετήσιες αξιολογήσεις αναγνώρισης ομιλίας
1997	Δημοσιεύεται το πρώτο εμπορικό, γενικό βιομετρικό πρότυπο διαλειτουργικότητας
1998	Το FBI λανσάρει το CODIS (βάση δεδομένων DNA)
1999	Πρωθείται μελέτη για την εναρμόνιση των βιομετρικών μεθόδων και μηχανή ανάγνωσης ταξιδιωτικών εγγράφων
1999	Γίνονται τα IAFIS σημαντικά συστατικά του FBI λειτουργικά
2000	Πραγματοποιείται ο πρώτος έλεγχος πωλητή αναγνώρισης προσώπου

	(First Face Recognition Vendor Test - FRVT 2000)
2000	Δημοσιεύεται η πρώτη ερευνητική αναφορά που περιγράφει τη χρήση των φλεβικών πρωτοτύπων για αναγνώριση
2000	Δημιουργείται το πρόγραμμα σπουδών Βιομετρίας στο Πανεπιστήμιο της West Virginia
2001	Χρησιμοποιείται η αναγνώριση προσώπου στο Super Bowl στην Tampa της Φλόριντα
2002	Κατοχυρώνονται πρότυπα ISO/IEC στη Βιομετρία
2002	Συγκροτείται η Εξειδικευμένη Επιτροπή M1 στη Βιομετρία
2002	Το έγγραφο Palm Print Staff υποβάλλεται στην Επιτροπή Υπηρεσιών Ταυτοποίησης (Identification Services Committee)
2003	Αρχίζει ο επίσημος συντονισμός της κυβέρνησης Ηνωμένων Πολιτειών για βιομετρικές δραστηριότητες
2003	Το ICAO υιοθετεί το σχεδιάγραμμα για να ενσωματώσει τη Βιομετρία σε μηχανές αναγνώσιμων ταξιδιωτικών εγγράφων
2003	Ιδρύεται το Ευρωπαϊκό Forum Βιομετρίας
2004	Γίνεται λειτουργικό το πρόγραμμα US-VISIT
2004	Η DOD εφαρμόζει ABIS
2004	Προεδρική οδηγία απαιτεί υποχρεωτική ευρέως κυβερνητική προσωπική κάρτα ταυτοποίησης για όλους τους ομοσπονδιακούς υπαλλήλους και τους αναδόχους
2004	Αναπτύσσεται η πρώτη ευρέως κρατική αυτοματοποιημένη βάση δεδομένων αποτυπωμάτων παλάμης στις Ηνωμένες Πολιτείες
2004	Αρχίζει η Face Recognition Grand Challenge
2005	Λήγει η πατέντα Ηνωμένων Πολιτειών στην αναγνώριση ίριδας

1.3 Βιομετρικά Χαρακτηριστικά

Η χρήση των βιομετρικών χαρακτηριστικών για την αναγνώριση και πιστοποίηση ταυτότητας, έρχεται να επιδείξει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία ενισχύουν τη δύναμη, την ευκολία χρήσης, αλλά και την αποτελεσματικότητα όλων των μεθόδων αναγνώρισης [2], [6]. Οποιοδήποτε ανθρώπινο φυσιολογικό ή/και συμπεριφοριστικό χαρακτηριστικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιομετρικό χαρακτηριστικό, εφ' όσον ικανοποιεί τις απαιτήσεις που ακολουθούν:

- **Οικουμενικότητα (Universality):** Τα βιολογικά χαρακτηριστικά, χαρακτηρίζονται κυρίως από το γεγονός ότι είναι υπαρκτά σε όλους (εκτός εξαιρετικών περιπτώσεων).
- **Μοναδικότητα (Distinctiveness/Uniqueness):** Τα βιολογικά χαρακτηριστικά χαρακτηρίζονται από μοναδικότητα, καθώς είναι εξαιρετικά σπάνιο έως αδύνατο να τύχει πλήρης ομοιότητας (ταύτιση) το ίδιο χαρακτηριστικό μεταξύ δυο ανθρώπων (π.χ. τα χαρακτηριστικά της ίριδας είναι διαφορετικά, ακόμα και μεταξύ μονοζυγωτικών διδύμων).
- **Σταθερότητα (Permanence/Stability):** Το χαρακτηριστικό πρέπει να είναι αρκετά σταθερό, όσον αφορά το κριτήριο αντιστοίχισης για μια χρονική περίοδο (π.χ. τα δακτυλικά αποτυπώματα δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου).

- **Συλλεκτικότητα (Collectability):** Η ευκολία στη συλλογή των στοιχείων είναι ένας ακόμα παράγοντας που καθιστά τη χρήση τους απλή και εύκολη. Το χαρακτηριστικό πρέπει να μπορεί να μετρηθεί ποσοτικά.

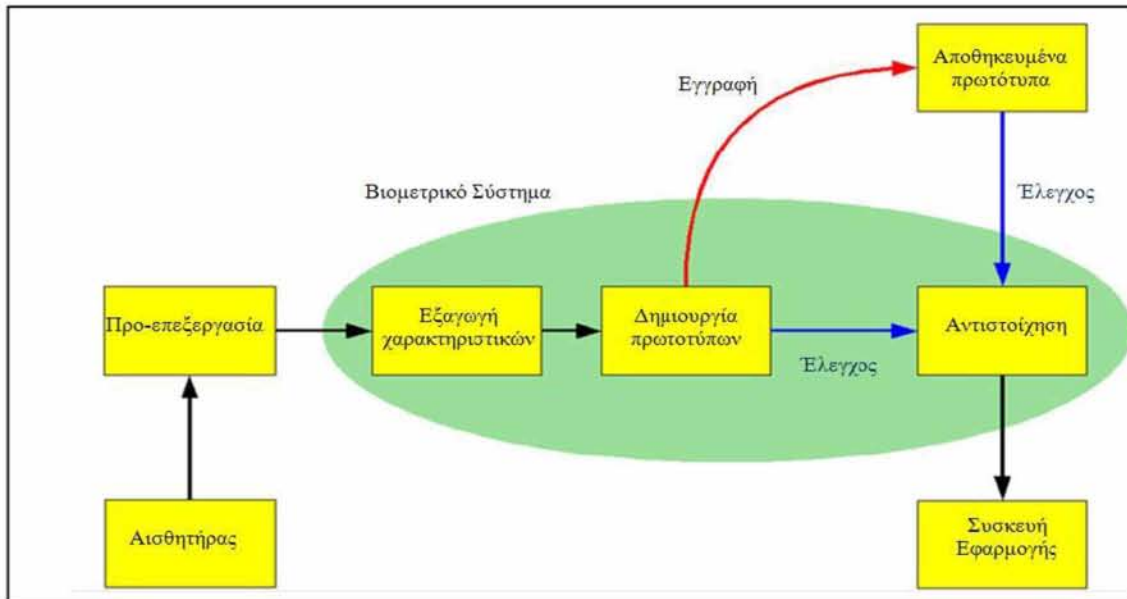
Εντούτοις, σε ένα πρακτικό βιομετρικό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα που υιοθετεί τη βιομετρία για αναγνώριση ενός ατόμου, το οποίο θα αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 2 της παρούσας πτυχιακής εργασίας, υπάρχουν διάφορα άλλα ζητήματα που πρέπει να εξεταστούν, συμπεριλαμβανομένων:

- **Επίδοση (Performance),** η οποία αναφέρεται στην επιτεύξιμη ακρίβεια αναγνώρισης και την ταχύτητα, στους πόρους που απαιτούνται για να επιτύχει την επιθυμητή ακρίβεια και ταχύτητα αναγνώρισης, καθώς επίσης και στους λειτουργικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια και την ταχύτητα. Ο μικρός όγκος πληροφορίας που παράγει η μετατροπή των βιολογικών χαρακτηριστικών σε δεδομένα, καθώς και η μικρή ανάγκη για πόρους μνήμης και επεξεργασίας στην ταυτοποίησή τους με αποθηκευμένο πρωτότυπο, καθιστούν τη χρήση τους όχι ιδιαίτερα δαπανηρή σε αγορά συστημάτων επεξεργασίας, καθώς επίσης και μη ογκώδη, μιας και τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα μικρά σε μέγεθος.
- **Αποδοχή (Acceptability),** η οποία δείχνει το βαθμό στον οποίο οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να δεχτούν τη χρήση ενός ιδιαίτερου βιομετρικού προσδιοριστικού (χαρακτηριστικού) στις καθημερινές ζωές τους.
- **Αντοχή στην πλαστογράφηση (Forge resistance/Circumvention),** που απεικονίζει πόσο εύκολα το σύστημα μπορεί να ξεγελαστεί από τη χρησιμοποίηση δόλιων μεθόδων.

Ένα πρακτικό βιομετρικό σύστημα επομένως πρέπει να συναντήσει την καθορισμένη ακρίβεια αναγνώρισης, την ταχύτητα και τις απαιτήσεις πόρων, να είναι αβλαβές στους χρήστες, να γίνεται αποδεκτό από τον προοριζόμενο πληθυσμό, και να είναι αρκετά ισχυρό απέναντι σε διάφορες δόλιες μεθόδους και επιθέσεις στο σύστημα.

1.4 Λειτουργία ενός Τοπικού Βιομετρικού Συστήματος

Ένα βιομετρικό σύστημα είναι ουσιαστικά ένα σύστημα αναγνώρισης πρωτοτύπων που αποκτά τα βιομετρικά δεδομένα από ένα υποκείμενο, εξάγει ένα εμφανές χαρακτηριστικό γνώρισμα καθορισμένο από τα δεδομένα, συγκρίνει αυτό το σύνολο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων με το σύνολο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων, και εκτελεί μια ενέργεια βασισμένη στο αποτέλεσμα της σύγκρισης [8]. Επομένως, ένα γενικό βιομετρικό σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί έχοντας τέσσερις κύριες μονάδες: μια μονάδα αισθητήρων, μια μονάδα ποιοτικής αξιολόγησης και εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, μια μονάδα αντιστοίχισης και μια μονάδα βάσεων δεδομένων, τα οποία αναπαριστώνται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 1.3: Διάγραμμα Βιομετρικού Συστήματος

Κάθε μια από αυτές τις μονάδες περιγράφεται παρακάτω:

1. **Μονάδα αισθητήρων (sensor module)**, η οποία συλλαμβάνει τα βιομετρικά στοιχεία ενός ατόμου. Είναι ένας κατάλληλος βιομετρικός αναγνώστης ή ανιχνευτής που απαιτείται για να αποκτήσει τα ακατέργαστα βιομετρικά στοιχεία ενός ατόμου. Ένα παράδειγμα είναι ο αισθητήρας δακτυλικών αποτυπωμάτων που απεικονίζει τη δομή των κορυφογραμμών και των κοιλωμάτων του δακτύλου ενός χρήστη. Η μονάδα αισθητήρων καθορίζει τη διεπαφή ανθρώπου μηχανής και είναι επομένως σημαντική για την επίδοση του βιομετρικού συστήματος. Μια κακοσχεδιασμένη διεπαφή μπορεί να οδηγήσει σε ένα υψηλό ποσοστό αποτυχίας και συνεπώς, στη μειωμένη αποδοχή από τους χρήστες. Δεδομένου ότι οι περισσότερες βιομετρικές μορφές αποκτιούνται ως εικόνες (εξάιρεση αποτελούν η φωνή που είναι που βασίζεται στον ήχο ή η μυρωδιά που βασίζεται στη χημεία), η ποιότητα των ακατέργαστων στοιχείων προσκρούει επίσης στα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας των φωτογραφικών μηχανών που χρησιμοποιούνται.
2. **Μονάδα ποιοτικής αξιολόγησης και εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (Quality assessment and feature extraction module)**, στην οποία τα επίκτητα βιομετρικά δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία για να εξάγουν ένα σύνολο εμφανών ή μεροληπτικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Η ποιότητα των βιομετρικών δεδομένων που αποκτιούνται από τον αισθητήρα αξιολογείται αρχικά προκειμένου να καθοριστεί η καταλληλότητά τους για την περαιτέρω επεξεργασία. Χαρακτηριστικά, τα επίκτητα δεδομένα υποβάλλονται σε έναν αλγόριθμο ενίσχυσης σημάτων, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητά τους. Εντούτοις, σε μερικές περιπτώσεις, η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να είναι τόσο κακή που ο χρήστης καλείται να υποβάλλει ξανά τα βιομετρικά δεδομένα. Τα βιομετρικά δεδομένα έπειτα υποβάλλονται σε επεξεργασία και ένα σύνολο εμφανών μεροληπτικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων εξάγονται για να απεικονίσουν το

υποκείμενο γνώρισμα. Παραδείγματος χάριν, η θέση και ο προσανατολισμός των σημείων μικρολεπτομέρειας (τοπικές ιδιομορφίες κορυφογραμμών και κοιλωμάτων) σε μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων εξάγονται στη μονάδα εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων ενός βιομετρικού συστήματος που βασίζεται στο δακτυλικό αποτύπωμα. Κατά τη διάρκεια της εγγραφής, αυτό το σύνολο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων και αναφέρεται συνήθως ως πρωτότυπο.

3. **Μονάδα αντιστοίχισης και λήψης αποφάσεων (*Matching and decision-making module*)**, στην οποία τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα κατά τη διάρκεια της αναγνώρισης συγκρίνονται με τα αποθηκευμένα πρωτότυπα για να οδηγήσουν σε κάποιο βαθμό αντιστοίχισης. Παραδείγματος χάριν, στη μονάδα αντιστοίχισης ενός βιομετρικού συστήματος που βασίζεται στο δακτυλικό αποτύπωμα, ο αριθμός των μικρολεπτομερειών αντιστοίχισης μεταξύ των δεδομένων εισαγωγής και του συνόλου των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του πρωτοτύπου καθορίζεται και εμφανίζει το αποτέλεσμα της αντιστοίχισης. Το αποτέλεσμα αντιστοιχίσεων μπορεί να συγκρατηθεί από την ποιότητα των παρουσιασμένων βιομετρικών δεδομένων. Το υποσύστημα αντιστοίχισης τοποθετεί επίσης ένα σύστημα λήψης αποφάσεων, στο οποίο ο βαθμός αντιστοίχισης χρησιμοποιείται, είτε για να επικυρώσει μια ισχυριζόμενη ταυτότητα, είτε για να παρέχει μια ταξινόμηση των εγγεγραμμένων ταυτοτήτων με σκοπό να προσδιορίσει ένα άτομο.
4. **Μονάδα συστήματος βάσης δεδομένων (*System database module*)**, η οποία χρησιμοποιείται από το βιομετρικό σύστημα για να αποθηκεύει τα βιομετρικά πρωτότυπα των εγγεγραμμένων χρηστών. Η μονάδα εγγραφής είναι αρμόδια για την εγγραφή ατόμων στη βάση δεδομένων βιομετρικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια της φάσης εγγραφής, το βιομετρικό χαρακτηριστικό ενός ατόμου ανιχνεύεται αρχικά από έναν βιομετρικό αναγνώστη για να παραγάγει μια ψηφιακή απεικόνιση (τιμές χαρακτηριστικών γνωρισμάτων) του χαρακτηριστικού. Η συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγγραφής μπορεί να εποπτεύεται από έναν άνθρωπο ή όχι ανάλογα με την εφαρμογή. Ένας ποιοτικός έλεγχος εκτελείται γενικά για να εξασφαλίσει ότι το επίκτητο δείγμα μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία αξιόπιστα από τα διαδοχικά στάδια. Προκειμένου να διευκολυνθεί η αντιστοίχιση, η ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων εισόδου υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία από ένα όργανο εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων για να παραγάγει μια συμπαγή, αλλά εκφραστική απεικόνιση, που καλείται πρωτότυπο. Ανάλογα με την εφαρμογή, το πρωτότυπο μπορεί να αποθηκευτεί στην κεντρική βάση δεδομένων του βιομετρικού συστήματος ή να καταγραφεί σε μια έξυπνη κάρτα που διανέμεται στο άτομο. Συνήθως, τα πολλαπλά πρωτότυπα ενός ατόμου αποθηκεύονται για να αποτελέσουν τις αποκλίσεις που παρατηρούνται στο βιομετρικό γνώρισμα και πρόσθετα τα πρωτότυπα στη βάση δεδομένων μπορούν να ενημερωθούν με την πάροδο του χρόνου.

Το πρωτότυπο ενός χρήστη μπορεί να εξαχθεί από ένα απλό βιομετρικό δείγμα ή παραγόμενο με επεξεργασία πολλαπλών δειγμάτων. Κατά συνέπεια, το πρωτότυπο μικρολεπτομερειών ενός δακτύλου μπορεί να εξαχθεί μετά από πολλά δείγματα του ίδιου δακτύλου. Μερικά συστήματα αποθηκεύουν πολλά πρωτότυπα προκειμένου να υπολογίσουν τις *intra-class* διακυμάνσεις που συνδέονται με έναν χρήστη (σύγκριση που πραγματοποιείται από διαφορετικές φωτογραφίες του ίδιου βιομετρικού γνωρίσματος). Τα συστήματα αναγνώρισης προσώπου, για παράδειγμα, μπορούν να αποθηκεύουν πολλά πρωτότυπα ενός ατόμου, με κάθε πρωτότυπο να αντιστοιχεί σε διαφορετική στάση προσώπου όσον αφορά τη φωτογραφική μηχανή. Ανάλογα με την εφαρμογή, το πρωτότυπο μπορεί να αποθηκευτεί στην κεντρική βάση δεδομένων του βιομετρικού συστήματος ή να καταγραφεί σε ένα σημείο (π.χ., έξυπνη κάρτα) που διανέμεται στο άτομο.

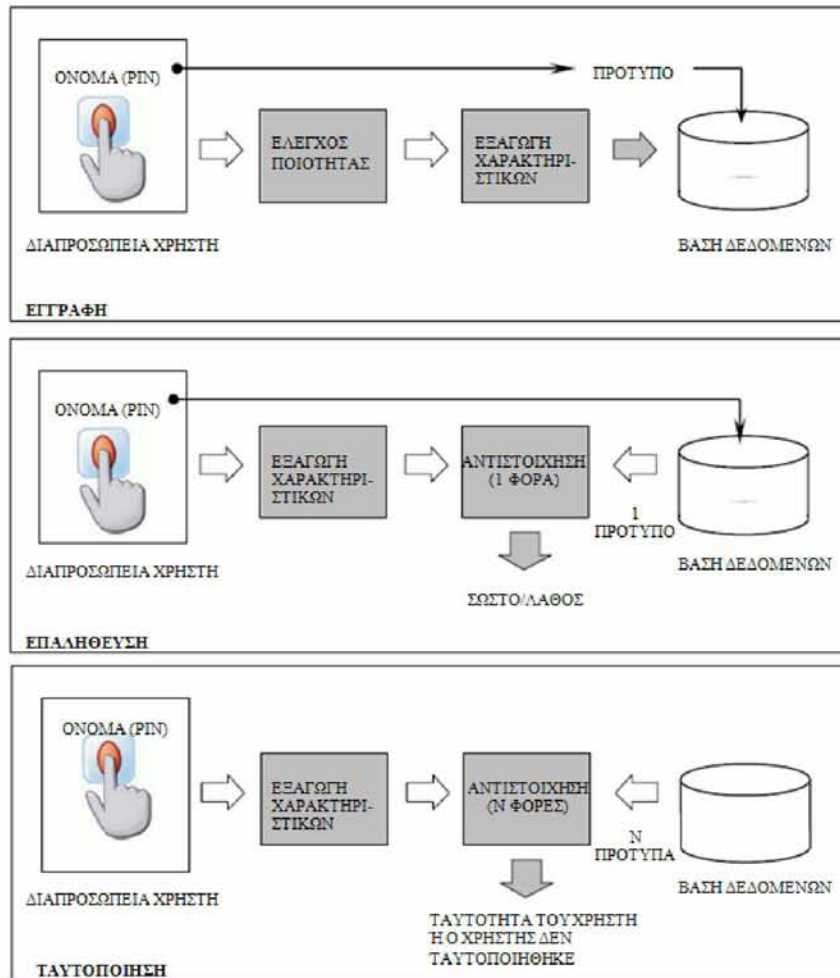
1.5 Χρήση της Βιομετρίας για Επαλήθευση ή Ταυτοποίηση

Ανάλογα με το πλαίσιο εφαρμογής ένα βιομετρικό σύστημα μπορεί να λειτουργήσει είτε σε διαδικασία επαλήθευσης είτε σε διαδικασία ταυτοποίησης [1], [8], [9] με τον τρόπο που φαίνεται παραστατικά στο Σχήμα 1.4.

Στη **διαδικασία επαλήθευσης (*verification mode*)**, το σύστημα επικυρώνει την ταυτότητα ενός υποκειμένου με τη σύγκριση των συλληφθέντων βιομετρικών στοιχείων με το βιομετρικό πρωτότυπο που είναι αποθηκευμένο στη βάση δεδομένων. Σε ένα τέτοιο σύστημα, ένα άτομο που επιθυμεί να αναγνωριστεί επικαλείται μια ταυτότητα, συνήθως μέσω ενός PIN (προσωπικός αριθμός ταυτοποίησης), ενός ονόματος χρήστη, μιας έξυπνης κάρτας, κ.λπ., και το σύστημα διευθύνει μια 1:1 σύγκριση για να καθορίσει εάν ο ισχυρισμός είναι αληθινός ή όχι (π.χ., «Αυτά τα βιομετρικά στοιχεία ανήκουν στο Γιάννη;»). Η επαλήθευση ταυτότητας χρησιμοποιείται συνήθως για τη θετική αναγνώριση (*positive recognition*), όπου ο στόχος είναι να αποτραπούν πολλοί άνθρωποι από τη χρησιμοποίηση της ίδιας ταυτότητας.

Στη **διαδικασία ταυτοποίησης (*identification mode*)**, το σύστημα αναγνωρίζει ένα άτομο με την έρευνα των πρωτοτύπων όλων των χρηστών στη βάση δεδομένων για μια σύγκριση. Επομένως, το σύστημα διευθύνει μια 1:N συγκρίσεις για να καθιερώσει την ταυτότητα ενός ατόμου (ή αποτυγχάνει εάν το υποκείμενο δεν είναι εγγραμμένο στη βάση δεδομένων) χωρίς το υποκείμενο να πρέπει να επικαλείται μια ταυτότητα (π.χ., «Σε ποιον ανήκουν αυτά τα βιομετρικά δεδομένα;»). Η ταυτοποίηση είναι ένα κρίσιμο συστατικό στις εφαρμογές αρνητικής αναγνώρισης (*negative recognition*) όπου το σύστημα καθιερώνει εάν το πρόσωπο είναι αυτό που (σιωπηρά ή ρητά) αρνείται ότι είναι. Ο σκοπός της αρνητικής αναγνώρισης είναι να αποτραπεί ένα μεμονωμένο πρόσωπο από τη χρησιμοποίηση πολλαπλών ταυτοτήτων. Η ταυτοποίηση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη θετική αναγνώριση για ευκολία (ο χρήστης δεν απαιτείται να ισχυριστεί μια ταυτότητα). Ενώ οι παραδοσιακές μέθοδοι προσωπικής αναγνώρισης όπως οι κωδικοί πρόσβασης, τα PINs, τα κλειδιά, και τα σημεία μπορούν να

λειτουργήσουν για τη θετική αναγνώριση, η αρνητική αναγνώριση μπορεί μόνο να καθιερωθεί μέσω της Βιομετρίας.



Σχήμα 1.4: Διαγράμματα εγγραφής, επαλήθευσης, ταυτοποίησης με χρήση των 4 χαρακτηριστικών του βιομετρικού συστήματος (Πηγή: [3])

1.6 Αξιολόγηση της Βιομετρίας

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πέντε ετών στη βιομηχανία της Βιομετρίας έχει παρατηρηθεί μια τεράστια εξέλιξη. Συγκεκριμένα, η ανάγκη για περισσότερη ασφάλεια μετά από τα γεγονότα της 11ης Σεπτεμβρίου 2001, έχει δημιουργήσει μια μεγάλη διαφημιστική εκστρατεία στη βιομετρική τεχνολογία. Αυτό έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ποικίλων διαφορετικών μεθόδων κι ακόμα περισσότερων προμηθευτών που αναζητούν πιθανούς πελάτες. Εκείνοι, εντούτοις, φαίνονται να είναι απρόθυμοι να επενδύσουν σε μια τεχνολογία που αναπτύσσεται, βελτιώνεται συνεχώς και αναδεικνύει μια σύγχυση λόγω ποικιλομορφίας προϊόντων και επιχειρήσεων.

Παρ' όλα αυτά μια συγκριτική εξέταση μπορεί να παρέχει πολύτιμο προσανατολισμό. Μια αξιολόγηση έρευνα διεξήχθη πρόσφατα στην ανάπτυξη της τυποποιημένης

βιομετρικής μεθοδολογίας αξιολόγησης για να απεικονίσει την πραγματική επίδοση ενός βιομετρικού συστήματος [1]. Οι πιο δραστήριες ερευνητικές οργανώσεις σε αυτήν την περιοχή είναι:

- **UK Biometrics Working Group (BWG)**, μια βρετανική κυβερνητική οργάνωση, η οποία έχει αναπτύξει τα ευρέως αναγνωρισμένα «Best Practice» πρότυπα για την εξέταση και την υποβολή έκθεσης σχετικά με τη βιομετρική απόδοση συσκευών.
- **International Biometric Group (IBG)**, μια ανεξάρτητη συμβουλευτική εταιρεία που διευθύνει τη συγκριτική βιομετρική εξέταση από το 1999.

Στη συνέχεια θα γίνει μια επισκόπηση των τεχνικών που αναπτύσσονται και θα συζητηθούν τα πραγματικά αποτελέσματα της εξέτασης για τα διάφορα βιομετρικά συστήματα που συμμετείχαν.

1.6.1 Κριτήρια μετρικής και επίδοσης

Ακριβώς όπως και σε άλλους τομείς της ασφάλειας υπολογιστών, οι προμηθευτές των βιομετρικών συστημάτων υπόσχονται συνεχώς τη σχεδόν τέλεια ασφάλεια. Οι αναφορές είναι γεμάτες από λέξεις τεχνικής ορολογίας ευρέως χρησιμοποιούμενες και από εντυπωσιακές τιμές επίδοσης. Παραδείγματος χάριν, ένας διάσημος προμηθευτής των αισθητήρων δακτυλικού αποτυπώματος ισχυρίζεται στον ιστότοπό του ότι ο αισθητήρας του πέτυχε 0.0% λανθασμένη αποδοχή και 0.0% ποσοστά λανθασμένης απόρριψης. Ηχεί υπέροχο στον απληροφόρητο πελάτη, αλλά οι ακόλουθοι ορισμοί θα επιτρέψουν σύντομα να καταλάβουμε τους ακριβείς όρους εξέτασης και θα αποκαλύψουν ότι αυτοί οι αριθμοί δεν είναι τόσο εντυπωσιακοί όσο φαίνονται με την πρώτη ματιά.

Οι ακόλουθες τρεις βασικές μετρικές χρησιμοποιούνται συνήθως για να αξιολογήσουν την επίδοση ενός βιομετρικού συστήματος πιστοποίησης (ορισμοί σύμφωνα με [1]):

1. Το **ποσοστό λανθασμένου ταιριάσματος (False Match Rate-FMR)** είναι η πιθανότητα ότι το σύστημα θα αντιστοιχήσει το πρωτότυπο επαλήθευσης ενός χρήστη με το πρωτότυπο εγγραφής ενός διαφορετικού χρήστη. Μπορεί να είναι κατανοητό ως η πιθανότητα ενός μη εξουσιοδοτημένου χρήστη να αναγνωρίζεται ως νόμιμος χρήστης. Γενικά, αυτό είναι η κρισιμότερη μετρική ακρίβειας, δεδομένου ότι είναι επιτακτική στις περισσότερες εφαρμογές για να εμποδίσει την είσοδο των μη εξουσιοδοτημένων χρηστών.
2. Το **ποσοστό λανθασμένου μη ταιριάσματος (False Nonmatch Rate-FNMR)** είναι η πιθανότητα το πρωτότυπο επαλήθευσης ενός χρήστη να μην αντιστοιχεί με το πρωτότυπο εγγραφής του. Έτσι είναι η πιθανότητα ενός νόμιμου χρήστη να μην αναγνωρίζεται υπό αυτήν τη μορφή. Αν και δεν είναι τόσο κρίσιμο όσο το FMR, τα υψηλά ποσοστά μπορούν ακόμα να οδηγήσουν σε χαμμένη παραγωγικότητα ή απογοήτευση των χρηστών.
3. Το **ποσοστό αποτυχίας εγγραφής (Failure to Enroll Rate-FTE)** δείχνει την πιθανότητα το σύστημα να μην είναι σε θέση να εξαγάγει τα χαρακτηριστικά και αμετάβλητα γνωρίσματα από το δείγμα και παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγγραφής, δηλαδή αυτή είναι η πιθανότητα το σύστημα να είναι

ανίκανο να δημιουργήσει ένα πρωτότυπο εγγραφής για έναν νέο χρήστη. Αυτό θα μπορούσε να έχει συμπεριφοριστικούς λόγους, π.χ. κίνηση χρηστών κατά τη διάρκεια της απόκτησης δεδομένων, καθώς επίσης και φυσικούς λόγους, π.χ. ασθενή πρωτότυπα λόγω της ένδυσης ή της γήρανσης.

Σε περίπτωση λανθασμένου μη ταιριάσματος ή αποτυχίας στην εγγραφή, είναι πιθανό ότι το σύστημα μπορεί να ξαναδοκιμάσει σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Ανάλογα, ένας μη εξουσιοδοτημένος χρήστης είναι πιθανό να προσπαθήσει πάλι μετά από μια αποτυχημένη προσπάθεια να αποκτήσει πρόσβαση. Είναι επομένως χρήσιμο να επεκταθούν οι μετρικές που παρουσιάζονται ανωτέρω για να απεικονίσουν τη δυνατότητα για ένα τελικό λάθος μετά από πολλαπλές προσπάθειες (μια πλήρης διεξαγωγή). Σύμφωνα με τα πρότυπα εξέτασης «Best Practice», τρεις προσπάθειες πρέπει να επιτραπούν και οι ακόλουθες συμβάσεις ονομασίας χρησιμοποιούνται: η επέκταση του FMR καλείται συνήθως **ποσοστό λανθασμένης αποδοχής (False Acceptance Rate-FAR)**, η επέκταση του FNMR είναι το **ποσοστό λανθασμένης απόρριψης (False Rejection Rate-FRR)** και η επέκταση του FTE είναι το **ποσοστό αποτυχίας του συστήματος για εγγραφή (System Failure to Enroll Rate-SFTE)**. Τα τελευταία δύο κάνουν κατανοητό σε μεγαλύτερο βαθμό ένα βιομετρικό σύστημα, ακόμα κι αν ο πρώτος θα αποκαλύψει ένα υψηλότερο ποσοστό λάθους.

Οι τροποποιήσεις στις παραμέτρους του συστήματος, ειδικά η τιμή κατωφλίου, επιτρέπουν χαμηλότερο είτε FMR είτε FNMR - δυστυχώς όχι και τα δύο συγχρόνως, όπως η έρευνα που πραγματοποιείται από το BWG έχει παρουσιάσει, δεδομένου ότι υπάρχει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ των δύο κριτηρίων. Γι' αυτό πολλά διαθέσιμα συστήματα ανέχονται τεράστια ποσοστά λανθασμένης απόρριψης, ακριβώς για να κρατούν τα ποσοστά λανθασμένου ταιριάσματος όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Για πολλές εφαρμογές της Βιομετρίας, αυτό δεν είναι πρόβλημα, καθώς είναι συχνά δυνατό να βρεθεί μια κατάλληλη ισορροπία μεταξύ της ευαισθησίας στα λανθασμένα ταιριάσματα και αυτής στα λανθασμένα μη ταιριάσματα. Εντούτοις, ειδικά μερικοί από τους δημοφιλέστερους πιθανούς τομείς εφαρμογής, όπως ο οικονομικός τομέας, είναι αρκετά ευαίσθητοι και στα δύο. Αυτό είναι οριστικό πλήγμα για πολλά πειράματα Βιομετρίας και έχει οδηγήσει την τεχνολογία στο να χάσει την αξιοπιστία της στα μάτια πιθανών πελατών.

1.6.2 Μεθοδολογία αξιολόγησης

Τα βιομετρικά χαρακτηριστικά μπορούν να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Για πολλές τεχνολογίες, αυτό είναι σημαντική πρόκληση και μπορεί να οδηγήσει σε δραματικές αυξήσεις του ποσοστού λανθασμένου μη ταιριάσματος. Οι εξετάσεις IBG [1] είναι επομένως χωρισμένες σε δύο μέρη: ένας πρώτος κύκλος (αποκαλούμενος αρχική επίσκεψη) αμέσως μετά από την εγγραφή και ένας δεύτερος κύκλος (δεύτερη επίσκεψη) υπό τους ίδιους όρους εξέτασης, αλλά μετά από ένα χρονικό διάστημα έξι εβδομάδων.

Μπορούμε τώρα να διευκρινίσουμε το αρχικό παράδειγμα ενός προμηθευτή που ισχυρίζεται 0.0% λανθασμένη αποδοχή και 0.0% ποσοστά λανθασμένης απόρριψης: ένα

διπλό κλικ του ποντικιού έξω από την περιγραφή προϊόντων αποκαλύπτει ξεχωριστή ιστοσελίδα ότι εκείνοι οι αριθμοί επιτεύχθηκαν στην εξέταση IBG αρχικής επίσκεψης. Επιπλέον, όπως ξέρουμε ήδη από το τελευταίο τμήμα, η λανθασμένη απόρριψη σημαίνει λανθασμένο μη ταίριασμα μετά από τουλάχιστον τρεις προσπάθειες. Και ξαφνικά, εκείνοι οι αριθμοί έχουν χάσουν κατά ένα μεγάλο μέρος την επιβλητικότητά τους. Η επαλήθευση ενός χρήστη αμέσως μετά από την εγγραφή δεν είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή στα βιομετρικά συστήματα. Εντούτοις, μετά από έξι εβδομάδες, οι δοκιμές δείχνουν ότι τα ποσοστά λάθους μερικών συστημάτων αυξάνονται κατά δέκα φορές.

Ανάλογα με την πραγματική τεχνολογία που χρησιμοποιείται, τα βιομετρικά συστήματα είναι περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Η συγκριτική εξέταση επομένως πρέπει να ακολουθήσει πολύ αυστηρά πρωτόκολλα για να εξασφαλίσει ότι όλα τα συστήματα αξιολογούνται υπό ίσους όρους. Επιπλέον, τα συστήματα τείνουν να είναι ευαίσθητα σε αλλαγές της παρουσίασης των χρηστών. Για την πραγματική δοκιμή επίδοσης, είναι σημαντικό να επιλεγεί τυχαία μια εθελοντική ομάδα συνεργαζόμενων προσώπων που θα απεικονίζει τον πληθυσμό χρηστών για τον προσδοκώμενο τομέα της εφαρμογής, συμπεριλαμβάνοντας χρήστες που δεν είναι οικείοι με την εγγραφή και την επαλήθευση στα βιομετρικά συστήματα, ή ακόμα και φοβισμένοι. Διαφορετικές εθνικές και ηλικιακές ομάδες πρέπει επίσης να αντιπροσωπευθούν. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, όπως η BWG αναγνωρίζει στην έκθεση δοκιμής της [1].

1.6.3 Αποτελέσματα της δοκιμής

Με βάση τα κριτήρια και τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα τμήματα, η BWG έχει διευθύνει μια μεγάλης κλίμακας συγκριτική δοκιμή [1]. Για μία περίοδο 3 μηνών, μια εθελοντική ομάδα λίγο περισσότερων από 200 συμμετεχόντων έχει χρησιμοποιήσει τα συστήματα πιστοποίησης βασισμένα σε 7 διαφορετικές βιομετρικές τεχνολογίες σε ένα κανονικό περιβάλλον κλειστού χώρου. Η δοκιμή ήταν στα τέλη του 2000, αλλά ακόμα αναφέρεται στη βιομετρική κοινότητα. Απ' ό, τι ξέρουμε, δεν έχει πραγματοποιηθεί (και δημόσια διαθέσιμη) άλλη δοκιμή που να ενσωματώνει μια συγκρίσιμη ποικιλομορφία των τεχνολογιών.

Εκτός από την ανίχνευση αμφιβληστροειδή (δύσκολη διαδικασία απόκτησης του και κι γι' αυτό είναι περιορισμένη στη στρατιωτική χρήση) και τη σύγκριση DNA (που δεν μπορεί αυτήν την περίοδο να γίνει πλήρως αυτοματοποιημένα και είναι ακόμα στα πειραματικά στάδια), όλη η Φυσιολογική Βιομετρία εξετάστηκε.

Στον Πίνακα 1.2 και 1.3 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα αποτελέσματα. Τα δεδομένα αναφέρονται στην τελική έκθεση δοκιμής. Παρατηρώντας τα δεδομένα της αναφοράς μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ανίχνευση ίριδας και τα χωρητικά συστήματα δακτυλικών αποτυπωμάτων επιτυγχάνουν καλή γενική εκτέλεση. Δυστυχώς, εκείνες οι τεχνολογίες εμφανίζονται να έχουν τα υψηλότερα ποσοστά αποτυχίας στην εγγραφή. Ένα τοις εκατό δεν φαίνεται να είναι πολύ, αλλά σε μια επιχείρηση με 500 υπαλλήλους, σημαίνει ότι πέντε από τους εργαζόμενους δεν θα είναι σε θέση να

εγγραφούν, οπότε μια εναλλακτική μέθοδος επικύρωσης θα πρέπει να παρασχεθεί, αυξάνοντας το κόστος και τα πιθανά προβλήματα ασφαλείας. Θα είναι ενδιαφέρον να δούμε, αν οι βελτιωμένες συσκευές και οι αλγόριθμοι απόκτησης θα είναι σε θέση να υπερνικήσουν αυτό το πρόβλημα στο κοντινό μέλλον.

Πίνακας 1.2: Ποσοστό αποτυχίας στην εγγραφή (Πηγή: [1])

Βιομετρικό Σύστημα	Ποσοστό αποτυχίας στην εγγραφή-FTE
Πρόσωπο	0.0%
Δακτυλικό Αποτύπωμα-Τσιπ	1.0%
Δακτυλικό Αποτύπωμα-Οπτικό	2.0%
Χέρι	0.0%
Ίριδα	0.5%
Φλέβα	0.0%
Φωνή	0.0%

Πίνακας 1.3: FAR VS. FRR, 3 προσπάθειες (Πηγή: [1])

Βιομετρικό Σύστημα	FAR 0.001%	FAR 0.01%	FAR 0.1%	FAR 1.0%
Πρόσωπο	–	FRR 40%	FRR 30%	FRR 15%
Δακτυλικό Αποτύπωμα-Τσιπ	FRR 2.7%	FRR 2.3%	FRR 2.1%	FRR 1.7%
Δακτυλικό Αποτύπωμα-Οπτικό	–	FRR 16%	FRR 12%	FRR 10%
Χέρι	FRR 13%	FRR 9.0%	FRR 1.2%	FRR 0.25%
Ίριδα	FRR 0.25%			
Φλέβα	FRR 13%	FRR 13%	FRR 12%	FRR 10%
Φωνή	FRR 12%	FRR 4.5%	FRR 0.5%	–

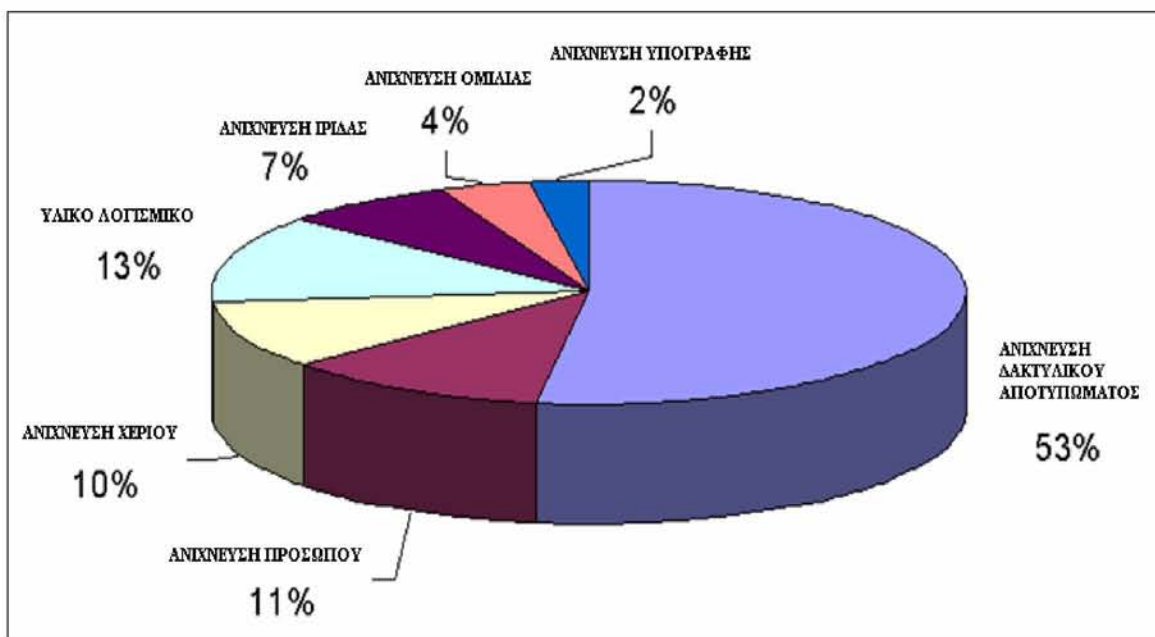
1.7 Εφαρμογές της Βιομετρίας

Η καθιέρωση της ταυτότητας ενός ατόμου με υψηλή πιστότητα γίνεται κρίσιμη σε διάφορες εφαρμογές στην αχανώς διασυνδεδεμένη κοινωνία μας. Ερωτήσεις όπως «Είναι πραγματικά αυτή που ισχυρίζεται ότι είναι;», «Είναι αυτό το εξουσιοδοτημένο άτομο για να χρησιμοποιήσει αυτή τη μονάδα» τίθενται συνήθως σε ποικίλα σενάρια που κυμαίνονται από τη διανομή μιας άδειας οδήγησης ως την εξασφάλιση εισόδου σε μια χώρα. Η ανάγκη για αξιόπιστες τεχνικές εξακρίβωσης χρηστών έχει αυξηθεί μετά την τεταμένη ανησυχία για την ασφάλεια, και τους ταχείς ρυθμούς προόδου στη δικτύωση, την επικοινωνία και την κινητικότητα. Κατά συνέπεια, η Βιομετρία όλο και περισσότερο ενσωματώνεται σε διαφορετικές εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες ομάδες [8], [3]:

- 1. Εμπορικές εφαρμογές**, όπως σύνδεση σε δίκτυο υπολογιστών, ασφάλεια ηλεκτρονικών δεδομένων, ηλεκτρονικό εμπόριο, πρόσβαση στο Διαδίκτυο, χρήση ATM ή πιστωτικών καρτών, έλεγχος φυσικής προσπέλασης, κινητό τηλέφωνο, PDA, διαχείριση ιατρικών φακέλων, εκμάθηση από απόσταση, κλπ.
- 2. Κυβερνητικές εφαρμογές**, όπως εθνική ταυτότητα, διαχείριση τροφίμων σε σωφρονιστικό ίδρυμα, άδεια οδήγησης, κοινωνική ασφάλιση, πληρωμή κρατικής επιδότησης, συνοριακός έλεγχος, έλεγχος διαβατηρίων, κλπ.

3. Ιατροδικαστικές-Εγκληματολογικές εφαρμογές, όπως ταυτοποίηση πτωμάτων, έρευνα για εγκλήματα, πιστοποίηση πατρότητας, κλπ.

Παραδοσιακά, οι εμπορικές εφαρμογές έχουν χρησιμοποιήσει συστήματα που βασίζονται στη γνώση (π.χ. PINs και κωδικοί πρόσβασης), οι κυβερνητικές εφαρμογές έχουν χρησιμοποιήσει τα συστήματα που βασίζονται σε υλικά τεκμαρτά (π.χ. κάρτες ταυτότητας και διακριτικά), και οι ιατροδικαστικές εφαρμογές έχουν στηριχθεί στους ανθρώπινους εμπειρογνώμονες για να συγκρίνουν τα βιομετρικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Τα βιομετρικά συστήματα όλο και περισσότερο επεκτείνονται σε μεγάλης κλίμακας πολιτικές εφαρμογές. Μεταξύ των τεχνολογιών, η ανίχνευση δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ο αδιαφιλονίκητος ηγέτης με μερίδιο αγοράς περισσότερο από 50% σε όλες τις εφαρμογές όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.5 [1].



Σχήμα 1.5: Μερίδιο αγοράς των διαφόρων βιομετρικών μεθόδων το 2003 (Πηγή: [1])

Το πρόγραμμα Schiphol Privium στον αερολιμένα του Άμστερνταμ, παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιεί τις κάρτες σάρωσης ίριδας για να επιταχύνει τις διαδικασίες ελέγχου διαβατηρίων και θεωρήσεων. Οι επιβάτες που εγγράφονται σε αυτό το πρόγραμμα παρεμβάλλουν την κάρτα τους στην πύλη και κοιτάζουν προς μια φωτογραφική μηχανή. Η φωτογραφική μηχανή αποκτά την εικόνα του ματιού του ταξιδιώτη και την επεξεργάζεται για να εντοπίσει την ίριδα, και να υπολογίσει το λεγόμενο Iriscode (βλ. ενότητα 2.4.3 Αναγνώριση Ίριδας). Το υπολογιζόμενο Iriscode συγκρίνεται με τα δεδομένα που κατοικούν στην κάρτα για να ολοκληρωθεί η επαλήθευση του χρήστη. Ένας παρόμοιος σχεδιασμός χρησιμοποιείται επίσης για να ελέγξει την ταυτότητα των υπαλλήλων του αερολιμένα Schiphol που εργάζονται στις περιοχές υψίστης ασφάλειας. Κατά συνέπεια, τα βιομετρικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν τη διευκόλυνση των χρηστών βελτιώνοντας την ασφάλεια.

Οι βιομετρικές μέθοδοι φαίνεται να ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στις στρατηγικές ασφαλείας ήδη υπάρχοντων εφαρμογών. Υπάρχουν ποικίλα παραδείγματα βιομετρικών εφαρμογών όπως συστήματα ταυτοποίησης (identification systems), ασφάλεια δικτύου (IT/Network security), ηλεκτρονικό εμπόριο και διαδίκτυο (e-Commerce and Internet), έλεγχος πρόσβασης (access control) που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Για διαφορετικές βιομετρικές εφαρμογές απαιτούνται ιδιαίτερες ικανότητες και εμπειρία και σε πολλές περιπτώσεις η βιομετρική λύση είναι ένα μικρό μέρος της συνολικής τεχνολογικής πρόκλησης (δηλαδή της ζήτησης πιστοποίησης στοιχείων). Οι απαιτήσεις για ακρίβεια, ευκολία χρήσης, απόκριση χρόνου, ασφάλεια και ιδιωτικότητα διαφέρουν πολύ από εφαρμογή σε εφαρμογή [4].

1.7.1 Συστήματα Ταυτοποίησης

Οι βιομετρικές μέθοδοι που έχουν ενσωματωθεί σε συστήματα ευρείας κλίμακας χρησιμοποιούνται για διπλώματα οδήγησης, επίβλεψη, ταυτότητες και κάρτες υγείας και δημοσίευση οφειλών. Η ανάγκη για αξιόλογη αναγνώριση/ταυτοποίηση και εξακρίβωση έχει ανακύψει σε ποικίλους δημόσιους και ιδιωτικούς τομείς όπως:

- Ενσωμάτωση έξυπνης κάρτας,
- Διεπαφές μεταξύ 1:1 και 1:N συστημάτων,
- Ικανότητες του ηγετικού AFIS (Automated Fingerprint Identification System), η αναγνώριση προσώπου και ο έλεγχος ίριδας δίνουν λύσεις που έχουν τοποθετηθεί σε συστήματα αναγνώρισης,
- Σχεδιασμός συστήματος,
- Πολλαπλή ενσωμάτωση συσκευών,
- Εξασφάλιση/εγγύηση για ακριβείς διαδικασίες καταγραφής,
- Ενσωμάτωση βιομετρικών συστημάτων και αποφάσεων σε συστήματα κληροδότησης,
- Επεξεργασία εικόνας και βελτιστοποίηση,
- Κωδικοποίηση βιομετρικών δεδομένων και αποφάσεις ταιριάσματος.

Τα συστήματα αναγνώρισης κατατάσσονται ανάμεσα στα πιο πολύπλοκα βιομετρικά συστήματα, με λεπτομερείς απαιτήσεις για τις συσκευές απόκτησης, τους αλγορίθμους σύγκρισης, τις διαδικασίες υποχώρησης και το σχεδιασμό με βάση την ιδιωτικότητα.

1.7.2 Τεχνολογίες Πληροφορικής/Ασφάλεια Δικτύου

Καθώς όλο και περισσότερες πληροφορίες είναι προσιτές διαμέσου των LAN (Local Area Network) και WAN (Wide Area Network), οι κίνδυνοι σχετικά με μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα αυξάνονται. Η προστασία των κυκλωμάτων με κωδικούς πρόσβασης είναι προβληματική, αφού οι κωδικοί εύκολα διακυβεύονται, χάνονται ή δεν μοιράζονται σωστά. Οι βιομετρικές μέθοδοι αποδεικνύονται ως μια αποτελεσματική λύση για την Τεχνολογία της Πληροφορικής/Ασφάλεια δικτύου λόγω της ασφάλειας, της ευκολίας και της μείωσης

του κόστους που προσφέρουν. Μεγάλες προκλήσεις στην ανάπτυξη της Βιομετρίας σε αυτό το περιβάλλον περιλαμβάνουν ακρίβεια και απόδοση, ενσωμάτωση βιομετρικής αντιστοίχισης σε ήδη υπάρχοντα συστήματα, εφαρμογή σε ιδιωτικές τεχνολογίες και ασφαλή αποθήκευση και μετάδοση βιομετρικών δεδομένων.

1.7.3 Ηλεκτρονικό εμπόριο και Διαδίκτυο

Η Βιομετρία έχει υιοθετηθεί σαν μια λύση για την ασφάλεια του ηλεκτρονικού εμπορίου και του διαδικτύου, σχεδιασμένη για να εξασφαλίζει ότι μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα ή να διεξάγουν συναλλαγές. Ωστόσο από την προοπτική των θεσμών της διακυβέρνησης και του εμπορίου, η δημιουργία αποτελεσματικών λύσεων βάσει του ηλεκτρονικού εμπορίου και του διαδικτύου είναι πιο πολύπλοκη από την αντικατάσταση ενός κωδικού πρόσβασης ή μιας ασφαλούς ερώτησης με μια βιομετρική διεπαφή. Είτε έχουν να κάνουν με την εξακρίβωση στοιχείων πελατών είτε υπαλλήλων είτε απλών πολιτών, τα ιδρύματα πρέπει να λάβουν υπόψη τους ακόλουθους παράγοντες:

- Εξυπηρέτηση/διευκόλυνση ατόμων που δεν μπορούν να εγγραφούν ή να εξακριβωθούν με επιτυχία και απαιτούν διαδικασίες υποχώρησης,
- Ενσωμάτωση αποφάσεων βιομετρικής αντιστοίχισης σε συστήματα πληρωμής και σε συστήματα εξυγίανσης,
- Καθορισμός απαιτήσεων ακρίβειας για τα βιομετρικά συστήματα,
- Χώρος για αποθήκευση βιομετρικών δεδομένων και επεξεργασία για μέγιστη διαθεσιμότητα,
- Ενσωμάτωση βιομετρικών διαδικασιών απόκτησης σε ήδη υπάρχουσες διεπαφές,
- Διοικητική και διαχειριστική ωφέλεια για τη διεύθυνση βιομετρικών ποσών και συναλλαγών,
- Ασφαλής μετάδοση βιομετρικών πληροφοριών,
- Συμβατότητα με web-servers των Windows και των Unix,
- Διαδικασίες για εξακρίβωση αρχικών στοιχείων ταυτότητας,
- Ενσωμάτωση ελέγχου ίριδας, αναγνώρισης φωνής και άλλων βιομετρικών τεχνολογιών για πρόσβαση σε διάφορα ποσά.

1.7.4 Έλεγχος Πρόσβασης

Η Βιομετρία έχει αποδειχτεί ότι είναι μια αποτελεσματική λύση για τον έλεγχο πρόσβασης υψηλής ασφάλειας, προκειμένου να εξασφαλίζεται ότι μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε προστατευόμενες ή περιοχές υψίστης ασφαλείας. Ωστόσο, η ανάπτυξη βιομετρικών μεθόδων είναι κάτι παραπάνω από την απλή αντικατάσταση ή συμπλήρωση ήδη υπαρχόντων άμεσων συστημάτων. Τα βιομετρικά συστήματα απαιτούν ελεγχόμενες και ακριβείς διαδικασίες καταγραφής, προσεκτική παρακολούθηση των ρυθμίσεων ασφαλείας, ώστε να είναι μικρός ο κίνδυνος μη εξουσιοδοτημένης εισόδου και καλά σχεδιασμένες διεπαφές για την εξασφάλιση

γρήγορης απόκτησης και αντιστοίχισης. Συστήματα που είναι φτωχά σε σχεδιασμό και εκτέλεση μπορεί να επιβραδύνουν τη διαδικασία ταυτοποίησης και να αποκαλύψουν καινούρια τρωτά σημεία.

Οι πολύπλοκες εγκαταστάσεις ελέγχου πρόσβασης απαιτούν εξειδικευμένη γνώση για να εξασφαλιστεί ότι τα επίπεδα ασφαλείας, οι διαδικασίες εισόδου και εξόδου και οι διοικητικές ικανότητες του συστήματος συναντούν τις προσδοκίες του κατασκευαστή.

1.8 Στόχος της πτυχιακής εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά στην ανάπτυξη ενός πλήρους οδηγού εκπαίδευσης φοιτητών στις Βιομετρικές μεθόδους, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή σε πλήθος περιπτώσεων, όπως η ασφάλεια συστημάτων και η εγκληματολογία. Η Βιομετρία βασίζεται στη μελέτη και καταγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς ενός υποκειμένου (άνθρωπος), το οποίο έχει πρόσβαση σε κρίσιμης σημασίας πληροφορίες. Οποιαδήποτε απόκλιση υποδηλώνει πιθανό ρήγμα ασφαλείας ή παραποίηση ταυτότητας. Εκτός Ελλάδας, η Βιομετρία αποτελεί το βασικό σύγχρονο όπλο αύξησης της ασφαλείας σε μεγάλους οργανισμούς, καθώς και το μοναδικό όπλο για την πάταξη (κατά συρροή) εγκλημάτων και γι' αυτό διδάσκεται αυτόνομα ως ολοκληρωμένο μάθημα. Τα τελευταία 2 χρόνια έχουν εμφανιστεί και διεθνή προγράμματα κατάρτισης και επαγγελματικής πιστοποίησης στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Για την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας θα μελετηθεί το σύνολο των Βιομετρικών μεθόδων που έχουν προταθεί μέχρι τώρα στη διεθνή βιβλιογραφία, θα κατηγοριοποιηθούν σε πεδίο εφαρμογής, θα καταγραφούν τα βιοσήματα (αν υπάρχουν) που πρέπει να επεξεργαστούν και θα αναπτυχθεί λογισμικό (υπόδειγμα) που θα υλοποιεί τη μέθοδο αναγνώρισης με χρήση δακτυλικού αποτυπώματος. Στη συνέχεια, όλο το υλικό θα οργανωθεί σε μορφή οδηγού εκπαίδευσης προκειμένου να είναι δυνατή η μελλοντική χρήση των αποτελεσμάτων της Πτυχιακής Εργασίας και από άλλους φοιτητές. Θα αποτελέσει σημαντικό εκπαιδευτικό υλικό για τον κλάδο της Βιομετρίας στην Ελλάδα λόγω παντελούς έλλειψης πληροφοριών στην ελληνική γλώσσα.

Στόχος της πτυχιακής είναι η εξοικείωση με τη Βιομετρία, τις αρχές που βασίζεται και τη χρήση της σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Επιπλέον, θα αναπτυχθούν υποδείγματα κώδικα που απαιτούνται για εξειδικευμένες Βιομετρικές εφαρμογές που άπτονται του αντικείμενου του Τμήματος Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική. Η ολοκλήρωση της Πτυχιακής Εργασίας θα αποφέρει στο Τμήμα τον πρώτο (Πανελλαδικώς) οδηγό εκπαίδευσης αυτού του είδους.

Το Τμήμα θα ωφεληθεί από τη δημιουργία του πρώτου οδηγού στα Ελληνικά σχετικά με τη Βιομετρία, εφόσον θα μπορεί να διατίθεται ουσιαστικά από το ίδιο το Τμήμα. Επιπλέον, έχοντας στη διάθεσή του βασικό εκπαιδευτικό υλικό για τη Βιομετρία, θα μπορεί μελλοντικά να λειτουργήσει ως κέντρο πιστοποίησης για τη Βιομετρία και τα βιομετρικά συστήματα.

2 ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Κύρια Συστατικά και Διαδικασίες ενός Βιομετρικού Συστήματος

Τα βιομετρικά συστήματα γενικά περιλαμβάνουν την απόκτηση συστατικών δεδομένων της κλασικής αναγνώρισης πρωτοτύπων [4], [9]. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ότι η λήψη αποφάσεων των βιομετρικών μεθόδων είναι πολύ γρήγορη, και στις περισσότερες περιπτώσεις, σε πραγματικό χρόνο. Τα βιομετρικά συστήματα μετατρέπουν δεδομένα, που προέρχονται από φυσικά χαρακτηριστικά ή χαρακτηριστικά συμπεριφοράς, σε πρωτότυπα, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταγενέστερη αντιστοίχιση. Τα συστατικά και οι διαδικασίες τους γενικά μπορούν να απεικονιστούν στο Σχήμα 2.1. Αυτή είναι μια διαδικασία πολλαπλών επιπέδων όπως περιγράφεται παρακάτω.

- **Καταγραφή (enrollment)**

Η διαδικασία μέσω της οποίας συλλέγονται ένα ή περισσότερα πρωταρχικά βιομετρικά δείγματα από ένα χρήστη, αξιολογούνται, αναλύονται και αποθηκεύονται για τρέχουσα χρήση σε κάποιο βιομετρικό σύστημα. Η καταγραφή λαμβάνει χώρα τόσο σε 1:1 όσο και σε 1:N συστήματα. Αν οι χρήστες αντιμετωπίζουν προβλήματα με κάποιο βιομετρικό σύστημα μπορεί να χρειαστεί να καταγράψουν ξανά και να συγκεντρώσουν δεδομένα υψηλότερης πιστότητας.

- **Υποβολή (submission)**

Η διαδικασία μέσω της οποίας ένας χρήστης παρέχει δεδομένα που αφορούν τη συμπεριφορά ή τη ψυχολογία με τη μορφή βιομετρικών δειγμάτων σε ένα βιομετρικό σύστημα. Η υποβολή μπορεί να απαιτεί το κοίταγμα προς την κατεύθυνση μιας κάμερας ή την τοποθέτηση του δακτύλου πάνω σε μια πλακέτα. Ανάλογα με το βιομετρικό σύστημα, ο χρήστης μπορεί να χρειαστεί να βγάλει τα γυαλιά ηλίου, να μείνει ακίνητος για μερικά δευτερόλεπτα ή να πει μια κωδική φράση (που έχει αποστηθίσει) έτσι ώστε να προσφέρει ένα βιομετρικό δείγμα.

- **Συσκευή απόκτησης (acquisition device)**

Το υλικό (hardware) που χρησιμοποιείται για την απόκτηση βιομετρικών δειγμάτων.

- **Βιομετρικό δείγμα (biometric sample)**

Η αναγνωρίσιμη, μη επεξεργασμένη εικόνα ή ηχογράφηση κάποιου χαρακτηριστικού που αφορά την ψυχολογία ή τη συμπεριφορά, που έχει αποκτηθεί κατά τη διάρκεια της υποβολής και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία βιομετρικών πρωτοτύπων.

- **Εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (feature extraction)**

Η αυτοματοποιημένη διαδικασία του εντοπισμού και της κωδικοποίησης διακριτών χαρακτηριστικών από ένα βιομετρικό δείγμα με σκοπό τη δημιουργία ενός πρωτοτύπου. Η διαδικασία της εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μπορεί να περιλαμβάνει ποικίλα στάδια επεξεργασίας της εικόνας ή του δείγματος προκειμένου να εντοπιστεί ένα επαρκές ποσό από ακριβή δεδομένα. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες αναγνώρισης φωνής μπορούν να φιλτράρουν συγκεκριμένες συχνότητες και πρότυπα και οι τεχνολογίες αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος μπορούν να λεπτύνουν τις πτυχές/ραβδώσεις

στην εικόνα ενός δακτυλικού αποτυπώματος όσο είναι το πλάτος ενός μόνο pixel. Επιπροσθέτως, αν το παρεχόμενο δείγμα είναι ανεπαρκές για να εκτελεστεί η εξαγωγή χαρακτηριστικών το βιομετρικό σύστημα γενικά θα καθοδηγήσει το χρήστη, ώστε να δώσει ένα άλλο δείγμα, συχνά με κάποιο είδος συμβόλων ή ανατροφοδότησης/ανάδρασης.

Ο τρόπος με τον οποίο τα βιομετρικά συστήματα εξάγουν χαρακτηριστικά είναι ένα πολύ καλά φυλασσόμενο μυστικό και ποικίλει από προμηθευτή σε προμηθευτή.

- **Πρωτότυπο (*template*)**

Ένα συγκριτικά μικρό, αλλά ιδιαίτερα χαρακτηριστικό/διακριτικό αρχείο, το οποίο αντλείται από τα χαρακτηριστικά ενός ή περισσότερων δειγμάτων κάποιου χρήστη, που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση βιομετρικών συγκρίσεων. Ένα πρωτότυπο δημιουργείται αφότου ένας βιομετρικός αλγόριθμος εντοπίσει χαρακτηριστικά σε ένα βιομετρικό δείγμα. Το πρωτότυπο αποτελεί ένα από τα προσδιοριστικά στοιχεία της βιομετρικής τεχνολογίας, αλλά δε χρησιμοποιούν πρωτότυπα όλα τα βιομετρικά συστήματα. Για να εκτελέσουν βιομετρικές συγκρίσεις, για παράδειγμα, κάποια συστήματα φωνητικής αναγνώρισης χρησιμοποιούν το αυθεντικό δείγμα για να δημιουργήσουν ένα αντίγραφο (προς σύγκριση).

Όταν τα πρωτότυπα δημιουργούνται πάνω στην αρχική αλληλεπίδραση του χρήστη με ένα βιομετρικό σύστημα, αναφέρονται σαν πρωτότυπα καταγραφής και αποθηκεύονται για χρήση σε μελλοντικές βιομετρικές συγκρίσεις. Τα πρωτότυπα σύγκρισης δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μεταγενέστερων αποπειρών εξακρίβωσης ή αναγνώρισης, συγκεκριμένα με το αποθηκευμένο πρωτότυπο και γενικά αφού έχουν παραγκωνιστεί τα περιττά μέρη μετά τη σύγκριση. Είναι πιθανό να χρειαστούν πολλά δείγματα για να δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο καταγραφής, για παράδειγμα στην αναγνώριση προσώπου πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολλές εικόνες του προσώπου για να δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο καταγραφής. Τα πρωτότυπα σύγκρισης συνήθως αντλούνται από ένα μόνο δείγμα, ένα πρωτότυπο που έχει αντληθεί από μία μόνο εικόνα προσώπου μπορεί να συγκριθεί με ένα πρωτότυπο καταγραφής για να καθοριστεί ο βαθμός της ομοιότητας.

- **Αντιστοίχιση (*matching*)**

Η σύγκριση βιομετρικών πρωτοτύπων συνήθως υπολογίζει το βαθμό ομοιότητας ή συσχέτισης τους. Μια απόπειρα αντιστοίχισης έχει ως αποτέλεσμα έναν βαθμό τον οποίο συγκρίνουμε με ένα κατώφλι. Ένα ταίριασμα (*match*) σημαίνει ότι ο βαθμός ξεπερνά το κατώφλι, ενώ ένα μη-ταίριασμα (*non-match*) υποδηλώνει ότι ο βαθμός πέφτει κάτω από το κατώφλι.

Οι βιομετρικές συγκρίσεις εξαρτώνται από αλγορίθμους. Αυτοί οι αλγόριθμοι χειρίζονται δεδομένα που περιέχονται στα βιομετρικά πρωτότυπα για να δώσουν έγκυρες αντιστοιχίσεις, υπολογίζοντας τις διακυμάνσεις σε μια τοποθέτηση, θόρυβο κλπ. Η διαδικασία της αντιστοίχισης περιλαμβάνει τη σύγκριση του πρωτοτύπου σύγκρισης που έχει δημιουργηθεί κατά την υποβολή του δείγματος, με τα σχετικά πρωτότυπα αναφοράς που ήδη υπάρχουν σε αρχείο. Στα 1:1 συστήματα επαλήθευσης γενικά υπάρχει ένα *single-matched* πρωτότυπο που συγκρίνει με ένα πρωτότυπο αναφοράς. Στα 1:N

συστήματα ταυτοποίησης, το single-matched πρωτότυπο μπορεί να συγκριθεί με δεκάδες, χιλιάδες, ακόμα και εκατομμύρια από πρωτότυπα αναφοράς.

Στα περισσότερα συστήματα τα πρωτότυπα σύγκρισης και τα πρωτότυπα αναφοράς δεν πρέπει ποτέ να είναι πανομοιότυπα. Μια πανομοιότυπη αντιστοίχιση είναι ένας δείκτης ότι κάποιο είδος απάτης λαμβάνει χώρα, όπως η υποβολή ενός κλεμμένου ή συγκεκριμένου πρωτοτύπου για δεύτερη φορά.

- **Αποτέλεσμα-Βαθμός (score)**

Ένας αριθμός που δηλώνει το βαθμό ομοιότητας ή συσχέτισης μιας βιομετρικής αντιστοίχισης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι εξακρίβωσης, π.χ. passwords, PINs, κλειδιά και σύμβολα, είναι δίτιμες, προσφέροντας έτσι μια αυστηρή απάντηση ναι ή όχι. Αυτό όμως δεν είναι κάτι που ισχύει στα περισσότερα βιομετρικά συστήματα. Σχεδόν όλα τα βιομετρικά συστήματα βασίζονται σε αλγορίθμους σύγκρισης, οι οποίοι δημιουργούν ένα βαθμό μεταγενέστερο μιας απόπειρας αντιστοίχισης. Αυτόν το βαθμό αναπαριστά ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ του πρωτοτύπου σύγκρισης και του πρωτοτύπου αναφοράς. Άσχετα με τη χρησιμοποιούμενη κλίμακα, αυτός ο βαθμός συσχέτισης συγκρίνεται με το κατώφλι του συστήματος για να καθορίσει πόσο επιτυχημένη ήταν η απόπειρα συσχέτισης.

Παρεμπιπτόντως, αρκετά συστήματα επιστρέφουν ένα βαθμό κατά τη διάρκεια της καταγραφής, ο οποίος αναφέρεται ως βαθμός καταγραφής ή βαθμός ποιότητας. Αυτός ο βαθμός αναφέρεται στο πόσο επιτυχημένη ήταν η διαδικασία εύρεσης και εξαγωγής διακριτών χαρακτηριστικών σε ένα βιομετρικό δείγμα. Αν το δείγμα ήταν πλούσιο σε πληροφορίες, πιθανότατα θα υπάρχει και ένας υψηλός βαθμός καταγραφής. Αυτός ο βαθμός δε χρησιμοποιείται στη διαδικασία αντιστοίχισης, αλλά μπορεί να χρειαστεί στον καθορισμό του, εάν ο χρήστης μπορεί να καταγραφεί με επιτυχία. Ένας βαθμός χαμηλής ποιότητας μπορεί να υποδηλώνει ότι ο χρήστης δε μπορεί να εξακριβωθεί με αξιόπιστο τρόπο.

- **Κατώφλι (threshold)**

Ένας προκαθορισμένος αριθμός, ο οποίος εδραιώνει το βαθμό συσχέτισης που είναι απαραίτητος για μια σύγκριση, ώστε να κριθεί μια αντιστοίχιση. Αν ο βαθμός που βγαίνει ως αποτέλεσμα από τη σύγκριση πρωτοτύπων ξεπερνά το κατώφλι, τα πρωτότυπα είναι «match». Όταν το βιομετρικό σύστημα έχει τεθεί χαμηλής ασφαλείας, το κατώφλι για μια επιτυχημένη αντιστοίχιση είναι πιο ελαστικό (όχι τόσο αυστηρό) απ' ό,τι όταν ένα σύστημα έχει τεθεί υψηλής ασφαλείας.

- **Απόφαση (decision)**

Το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ του βαθμού και του κατωφλίου. Οι αποφάσεις που μπορεί να δημιουργήσει ένα βιομετρικό σύστημα περιλαμβάνουν *match*, *non-match* και *inconclusive*, παρόλο που μπορεί να υπάρχουν διάφοροι βαθμοί «match» και «non-match». Ανάλογα με τον τύπο του βιομετρικού συστήματος που αναπτύσσεται, ένα match μπορεί να παρέχει πρόσβαση σε πόρους, ένα non-match μπορεί να περιορίζει την πρόσβαση σε πόρους, ενώ το inconclusive μπορεί να παρακινήσει το χρήστη να δώσει άλλο δείγμα. Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα γεγονότα που αφορούν τις περισσότερες βιομετρικές τεχνολογίες είναι το ότι μοναδικά βιομετρικά πρωτότυπα δημιουργούνται

κάθε φορά που ένας χρήστης αλληλεπιδρά με ένα βιομετρικό σύστημα. Για παράδειγμα, δύο «κοντινές» (παρόμοιες) επιτυχείς τοποθετήσεις ενός δακτύλου πάνω σε μια βιομετρική συσκευή δημιουργούν εξ' ολοκλήρου διαφορετικά πρωτότυπα. Αυτά τα πρωτότυπα, όταν τεθούν υπό επεξεργασία από τον αλγόριθμο κάποιου προμηθευτή βιομετρικού συστήματος, θα αναγνωρίζεται ότι προέρχονται από το ίδιο άτομο, αλλά δεν είναι πανομοιότυπα. Θεωρητικά, ένας χρήστης θα μπορούσε να τοποθετεί για χρόνια το ίδιο δάχτυλο σε μια βιομετρική συσκευή και ποτέ να μη δημιουργεί ένα πανομοιότυπο πρωτότυπο.

Επίσης, για τις περισσότερες τεχνολογίες, απλά δεν υπάρχει 100% αντιστοιχηση. Αυτό δεν υπονοεί ότι τα συστήματα δεν είναι ασφαλή, εφόσον τα βιομετρικά συστήματα μπορεί να είναι ικανά να εξακριβώσουν την ταυτότητα με ρυθμό λάθους μικρότερο από 1/100.000 ή 1/1.000.000. Παρ' όλα αυτά ισχυρισμοί για 100% ακρίβεια είναι παραπλανητικοί και δεν αντανακλούν τη βασική λειτουργία της τεχνολογίας.

Πιο απλά η διαδικασία που ακολουθείται τόσο κατά την καταγραφή, επεξεργασία και αποθήκευση των δειγμάτων (όπως περιγράφεται αναλυτικά παραπάνω) όσο και κατά την ταυτοποίηση των στοιχείων του ατόμου παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Διαδικασίες ενός Βιομετρικού Συστήματος

2.2 Αρχιτεκτονική Βιομετρικών Συστημάτων

Τα βιομετρικά συστήματα βασίζονται σε πέντε βασικά υποσυστήματα, καθένα από τα οποία είναι υπεύθυνο για μια συγκεκριμένη υπολειτουργία και αναπαριστάται στο Σχήμα 2.2 [2].

Πριν αναλύσουμε τη λειτουργία καθενός από τα υποσυστήματα θα πρέπει να περιγράψουμε μια προηγούμενη διαδικασία η οποία θα δώσει τη δυνατότητα στο βιομετρικό σύστημα να λειτουργήσει. Αυτή η διαδικασία έχει να κάνει με τη σύλληψη, την επεξεργασία και την αποθήκευση του βιομετρικού χαρακτηριστικού του χρήστη. Η

διαδικασία αυτή είναι καθοριστική για τις καλές επιδόσεις αλλά και για την αποδοτική περαιτέρω λειτουργία του συστήματος.

Η διαδικασία πρέπει να γίνεται πάντοτε με συνδυασμένη χρήση άλλων μέτρων ασφάλειας (π.χ. ασφαλής χώρος καταγραφής χαρακτηριστικού, προηγούμενη με άλλα μέσα πιστοποίηση και επαλήθευση της ταυτότητας του χρήστη προς καταγραφή, έλεγχος της απόδοσης του καταγεγραμμένου χαρακτηριστικού πριν τη χρήση του σε πραγματικό περιβάλλον και τέλος προσάρτηση αυτού του χαρακτηριστικού στην ταυτότητα του εγγεγραμμένου).

2.2.1 Υποσύστημα απόκτησης των βιολογικών δεδομένων (data acquisition module)

Το υποσύστημα αυτό έρχεται σε επαφή με τον χρήστη, καθώς διαβάζει τα βιολογικά του δεδομένα με τρόπο ανάλογο του βιολογικού χαρακτηριστικού που είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιεί (π.χ. μικρόφωνο, κάμερα, αναγνώστη δακτυλικού αποτυπώματος κλπ.).

Για να μπορέσει, όμως, ένα τέτοιο υποσύστημα να λειτουργήσει σε κατακευματισμένη μορφή, θα πρέπει όλοι οι αισθητήρες-συστήματα απόκτησης να είναι ίδιοι, προκειμένου να διασφαλίζουν ίδιας ποιότητας αναγνώριση σε κάθε περιοχή.

Επίσης, χρειάζεται να σημειώσουμε πως οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου υποσυστήματος (π.χ. χρήση μικροφώνου για αναγνώριση φωνής σε θορυβώδες περιβάλλον).

2.2.2 Υποσύστημα εξαγωγής του χαρακτηριστικού (feature extraction module)

Σε αυτό το υποσύστημα εξάγονται τα διακριτά χαρακτηριστικά από τα πρωτογενή βιομετρικά δεδομένα, ενώ στη συνέχεια μετατρέπονται σε μια μικρή ομάδα από bytes για τις ανάγκες των υποσυστημάτων σύγκρισης με το πρωτότυπο καθώς και της αποθήκευσης. Υπάρχουν πολλές τέτοιες μέθοδοι εξαγωγής των χαρακτηριστικών (π.χ. αλγόριθμοι αναγνώρισης, μαθηματικοί προσδιορισμοί κλπ.). Η προ-επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων είναι συνήθως απαραίτητη για την περαιτέρω επεξεργασία τους από τα επόμενα υποσυστήματα.

2.2.3 Υποσύστημα σύγκρισης-αντιστοίχισης (matching module)

Αυτό το υποσύστημα αποτελεί και τον τεχνολογικό πυρήνα ενός βιομετρικού συστήματος, μια και πάνω σ' αυτό βασίζεται η απόφαση πιστοποίησης της ταυτότητας ή όχι ενός χρήστη. Έτσι λοιπόν, αυτό το υποσύστημα μετρά το ποσοστό ομοιότητας του εξαχθέντος χαρακτηριστικού με το αποθηκευμένο χαρακτηριστικό του χρήστη ο οποίος ζητάει πιστοποίηση. Οι τυπικές μέθοδοι έχουν να κάνουν με τη χρήση μετρικών απόστασης (distance metrics), πιθανοτικών μετρήσεων (probabilistic measures), χρήσης

νευρωνικών δικτύων (neural networks) για τον καθορισμό της απόφασης κλπ. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι ένας αριθμός, γνωστός ως αποτέλεσμα.

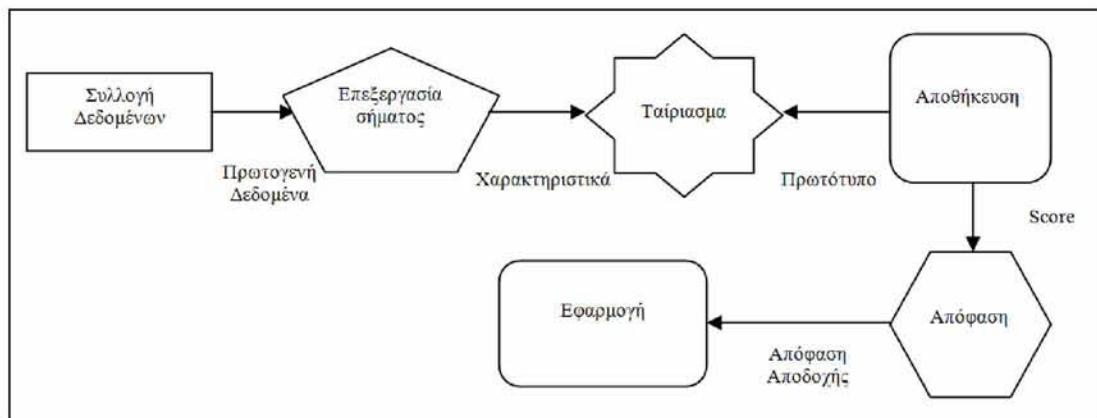
2.2.4 Υποσύστημα απόφασης (decision module)

Το υποσύστημα αυτό ερμηνεύει το αποτέλεσμα, το οποίο δέχεται από το υποσύστημα σύγκρισης και τυπικά του αποδίδει μια Boolean τιμή (ναι ή όχι, 1 ή 0), ενημερώνοντας ανάλογα το χρήστη γι' αυτήν την απόφαση.

Η συγκεκριμένη λειτουργία μπορεί να χρειάζεται περισσότερα από ένα δείγματα για να καταλήξει σε απόφαση (ειδικά σε περιπτώσεις κατανεμημένου συστήματος). Παρ' όλα αυτά, το σύστημα μπορεί ακόμη να απορρίψει έναν νόμιμο (εξουσιοδοτημένο) χρήστη.

2.2.5 Υποσύστημα αποθήκευσης (storage module)

Αυτό το υποσύστημα διατηρεί τα αποθηκευμένα χαρακτηριστικά ενός εγγεγραμμένου χρήστη. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι αποθηκευμένα, είτε μέσα σε ένα ειδικό στοιχείο της βιομετρικής συσκευής, είτε σε μια συμβατική βάση δεδομένων σε έναν υπολογιστή, είτε τέλος σε μεταφερόμενες μνήμες όπως οι έξυπνες κάρτες.



Σχήμα 2.2: Η λειτουργία ενός τυπικού βιομετρικού συστήματος (Πηγή [2])

Συνοψίζοντας ένα χαρακτηριστικό βιομετρικό σύστημα αποτελείται από πέντε ολοκληρωμένα συστατικά και η τυπική λειτουργία του φαίνεται στο παραπάνω Σχήμα 2.2. Ένας αισθητήρας χρησιμοποιείται για να συλλέξει τα δεδομένα και να μετατρέψει τις πληροφορίες σε ένα ψηφιακό σχήμα. Οι αλγόριθμοι επεξεργασίας σήματος εκτελούν τις δραστηριότητες ποιοτικού ελέγχου και αναπτύσσουν το βιομετρικό πρωτότυπο. Ένα συστατικό αποθήκευσης δεδομένων κρατά τις πληροφορίες με τις οποίες τα νέα βιομετρικά πρωτότυπα θα συγκριθούν. Ένας αλγόριθμος αντιστοίχισης συγκρίνει το νέο βιομετρικό πρωτότυπο με ένα ή περισσότερα πρωτότυπα που κρατιούνται στην αποθήκευση δεδομένων. Τέλος, μια διαδικασία απόφασης (είτε αυτοματοποιημένη ή από

άνθρωπο βοηθούμενη) χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα από το συστατικό αντιστοίχισης για να λάβει μια απόφαση επιπέδου συστήματος [10].

2.3 Τύποι αξιολόγησης

Οι Phillips et al [11] ορίζουν τρεις βασικούς τύπους αξιολόγησης των βιομετρικών συστημάτων: αξιολόγηση τεχνολογίας, αξιολόγηση σεναρίου και λειτουργική αξιολόγηση.

- 1. Αξιολόγηση τεχνολογίας (technology evaluation):** Ο στόχος μιας αξιολόγησης τεχνολογίας είναι να συγκριθούν ανταγωνιστικοί αλγόριθμοι από μια ενιαία τεχνολογία. Η εξέταση όλων των αλγορίθμων πραγματοποιείται σε μια τυποποιημένη βάση δεδομένων, τα οποία έχουν συλληφθεί από έναν «καθολικό» αισθητήρα. Εν τούτοις, η επίδοση σ' αυτήν την βάση δεδομένων θα εξαρτηθεί και από το περιβάλλον και από τον πληθυσμό μέσα από τον οποίο συλλέγεται. Συνεπώς, η προσπάθεια να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων που δεν είναι ούτε πάρα πολύ δύσκολη, ούτε πάρα πολύ εύκολη, αλλά είναι απλά ορθή για τους αλγορίθμους που εξετάζονται. Αν και τα δεδομένα δείγματος ή παραδείγματος μπορούν να διανεμηθούν για αναπτυξιακούς ή λόγους συντονισμού πριν από την εξέταση, η πραγματική δοκιμασία πρέπει να γίνεται σε δεδομένα που δεν έχουν δει προηγουμένως οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη των αλγορίθμων. Η εξέταση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας επεξεργασία δεδομένων που έχουν συλλεχθεί νωρίτερα. Επειδή η βάση δεδομένων είναι αμετάβλητη, τα αποτελέσματα των δοκιμών τεχνολογίας είναι επαναλαμβανόμενα.
- 2. Αξιολόγηση σεναρίου (scenario evaluation):** Ο στόχος της εξέτασης σεναρίου είναι να καθοριστεί η γενική επίδοση συστημάτων σε μια πρότυπη ή προσομοιωμένη εφαρμογή. Η εξέταση πραγματοποιείται σε ένα πλήρες σύστημα σε ένα περιβάλλον που διαμορφώνει μια πραγματική εφαρμογή του ενδιαφέροντος μας. Κάθε δοκιμασμένο σύστημα θα έχει τον δικό του αισθητήρα απόκτησης (acquisition sensor) και έτσι θα λάβει ελαφρώς διαφορετικά δεδομένα. Συνεπώς, προσοχή θα απαιτηθεί ώστε η συλλογή δεδομένων σε όλα τα δοκιμασμένα συστήματα να είναι στο ίδιο περιβάλλον με τον ίδιο πληθυσμό. Ανάλογα με τις ικανότητες αποθήκευσης δεδομένων κάθε συσκευής, η εξέταση θα μπορούσε να είναι ένας συνδυασμός δεδομένων που υποβάλλονται εκείνη τη στιγμή και δεδομένων που έχουν συλληφθεί νωρίτερα προς σύγκριση. Τα αποτελέσματα της εξέτασης θα είναι επαναλαμβανόμενα μόνο μέχρι εκείνο το σημείο που το διαμορφωμένο σενάριο μπορεί να ελεγχθεί προσεκτικά.
- 3. Λειτουργική αξιολόγηση (operational evaluation):** Ο στόχος του λειτουργικού ελέγχου είναι να καθοριστεί η επίδοση ενός πλήρους βιομετρικού συστήματος σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον εφαρμογής με έναν συγκεκριμένο επιδιωκόμενο πληθυσμό. Ανάλογα με τις ικανότητες αποθήκευσης δεδομένων της δοκιμασμένης συσκευής, η εξέταση δεδομένων που έχουν συλλεχθεί παλαιότερα μπορεί να μην είναι δυνατή. Γενικά, τα λειτουργικά αποτελέσματα της εξέτασης

δεν θα είναι επαναλαμβανόμενα λόγω των άγνωστων και ατεκμηρίωτων διαφορών σε διαφορετικό λειτουργικό περιβάλλον. Περαιτέρω, ποιο παρουσίασε πραγματικά ένα βιομετρικό μέτρο εμπιστοσύνης θα είναι δύσκολο να εξακριβωθεί.

2.4 Φυσιολογικά Βιομετρικά Συστήματα

Αυτή η κατηγορία Βιομετρικών Συστημάτων, όπως προαναφέραμε στο εισαγωγικό κεφάλαιο της Βιομετρίας, βασίζεται σε αποτελέσματα και δεδομένα που προέρχονται από απευθείας μετρήσεις ενός τμήματος του ανθρώπινου σώματος. Η αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος, ίριδας, γεωμετρίας χεριού και προσώπου είναι ηγετικές τεχνολογίες Φυσιολογικής Βιομετρίας [12].

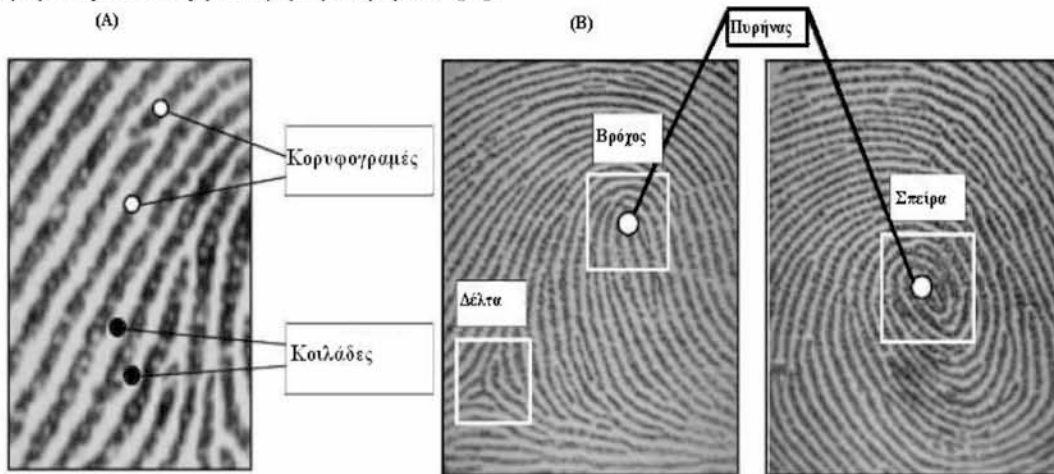
2.4.1 Αναγνώριση Δακτυλικού Αποτυπώματος (Fingerprint Recognition)

Το δέρμα στις παλάμες μας και τα πέλματά μας εκθέτουν μία ροή σαν πρότυπο κορυφογραμμών (ridges) και κοιλάδων (ή κοιλωμάτων) (valleys). Αυτές οι κορυφογραμμές στο δάκτυλο, που αποκαλούνται κορυφογραμμές τριβής, βοηθούν το χέρι να πιάσει αντικείμενα με το να αυξάνει την τριβή και να βελτιώνει την αίσθηση της αφής των επιφανειακών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων [13].

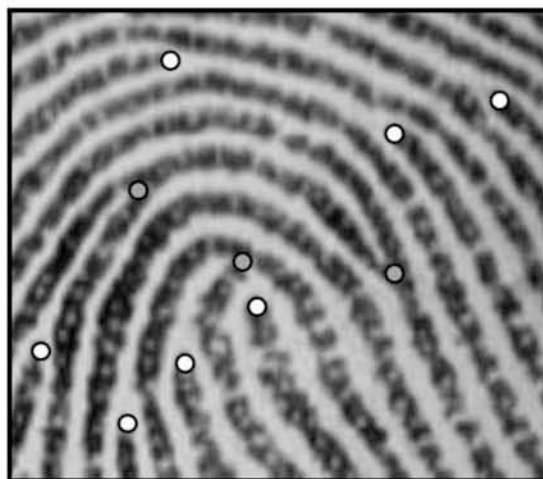
Μια άλλη σημαντική χρήση των κορυφογραμμών τριβής είναι η αναγνώριση ατόμων. Το πρότυπο των κορυφογραμμών τριβής σε κάθε δάκτυλο είναι μοναδικό και αμετάβλητο, επιτρέποντας τη χρήση του ως σημάδι ταυτότητας. Στην πραγματικότητα, ακόμη και οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι μπορούν να διαφοροποιηθούν βασισμένοι στα δακτυλικά αποτυπώματά τους. Επιδερμικοί τραυματισμοί, όπως οι τομές και οι κακώσεις στην επιφάνεια των δακτύλων, αλλάζουν το πρωτότυπο στη τραυματισμένη περιοχή μόνο προσωρινά, η δομή της κορυφογραμμής επανεμφανίζεται αφότου επουλωθεί το τραύμα [13].

Σε μια εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος, οι κορυφογραμμές είναι σκούρες, ενώ οι κοιλάδες φωτεινές. Οι κορυφογραμμές και οι κοιλάδες συνήθως κινούνται παράλληλα, αλλά μερικές φορές διακλαδώνονται και μερικές άλλες τερματίζουν. Σε γενικό επίπεδο το πρότυπο των δακτυλικών αποτυπωμάτων εκθέτει μία ή περισσότερες περιοχές που οι κορυφογραμμές δημιουργούν διακριτά σχήματα. Αυτές οι περιοχές μπορούν να διακριθούν σε 3 τύπους: βρόχος (loop), δέλτα (delta), σπείρα (whorl) [8]. Σε τοπικό επίπεδο, άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά, αποκαλούμενα μικρολεπτομέρειες (minutiae) μπορούν να βρεθούν στα πρότυπα των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Τα minutia αναφέρονται στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι κορυφογραμμές μπορούν να είναι ασυνεχείς. Για παράδειγμα, μια κορυφογραμμή μπορεί απότομα να τελειώσει (τελείωμα - termination), ή μπορεί να διαιρεθεί σε δυο κορυφογραμμές (διακλάδωση - bifurcation) (Σχήμα 2.4). Αν και διάφοροι τύποι μικρολεπτομερειών μπορούν να εξεταστούν, συνήθως μόνο μια χονδροειδής ταξινόμηση σε αυτούς τους δύο τύπους

υιοθετείται για να αντιμετωπίσει την πρακτική δυσκολία αυτόματου διαχωρισμού στους διαφόρους τύπους με υψηλή ακρίβεια [8].



Σχήμα 2.3: (Α) Κορυφογραμμές και Κουλάδες σε εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος, (Β) Ξεχωριστές περιοχές (σε λευκά κουτάκια) και πυρήνες (κύκλοι) δακτυλικού αποτυπώματος



Σχήμα 2.4: Τελείωμα (λευκό) και Διακλάδωση (γκρι) – οι μικρολεπτομέρειες σε ένα δείγμα δακτυλικού αποτυπώματος

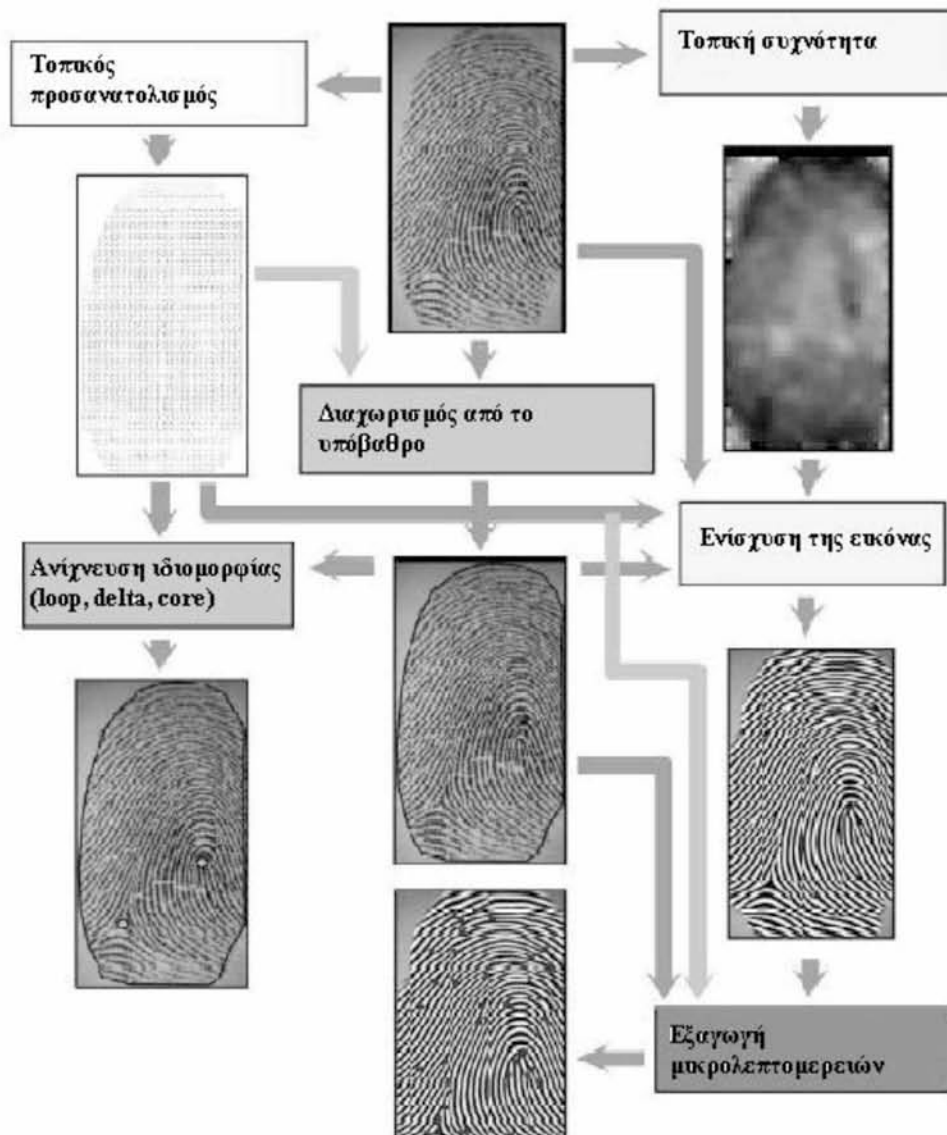
Ένα σύστημα αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για επαλήθευση (1:1 αντιστοιχία) και για ταυτοποίηση (1:N αντιστοιχία). Κατά τη διάρκεια της φάσης εγγραφής με αυτοματοποιημένη διαδικασία, ο αισθητήρας ανιχνεύει το δακτυλικό αποτύπωμα του χρήστη και το μετατρέπει σε ψηφιακή εικόνα. Η συσκευή εξαγωγής μικρολεπτομερειών επεξεργάζεται την εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος για να προσδιορίσει τις συγκεκριμένες μικρολεπτομέρειες γνωστές ως *minutiae points*, όπως προαναφέραμε, που χρησιμοποιούνται για να διακρίνουν διαφορετικούς χρήστες [13]. Τα σημεία μικρολεπτομέρειας αντιπροσωπεύουν τις θέσεις όπου οι κορυφογραμμές τριβής τελειώνουν απότομα ή όπου μια κορυφογραμμή διακλαδίζεται σε δύο ή περισσότερες κορυφογραμμές. Μία χαρακτηριστική εικόνα καλής ποιότητας δακτυλικού αποτυπώματος περιέχει περίπου 20-70 σημεία μικρολεπτομερειών, ο πραγματικός

αριθμός εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του αισθητήρα και από το πως ο χρήστης τοποθετεί το δάκτυλό του στον αισθητήρα. Το σύστημα αποθηκεύει τις πληροφορίες μικρολεπτομερειών, θέση και κατεύθυνση, μαζί με τις δημογραφικές πληροφορίες του χρήστη ως πρωτότυπο στην βάση δεδομένων των εγγραφών.

Κατά τη διάρκεια της φάσης ταυτοποίησης, ο χρήστης αγγίζει τον ίδιο αισθητήρα, που παράγει μια νέα εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος που αποκαλείται ερώτημα αποτυπώματος (query print) [13]. Τα σημεία μικρολεπτομέρειας εξάγονται από το ερώτημα αποτυπώματος και το υποσύστημα αντιστοίχισης συγκρίνει το σύνολο των ερωτημάτων μικρολεπτομέρειας με τα αποθηκευμένα πρωτότυπα μικρολεπτομέρειας στη βάση δεδομένων εγγραφής για να βρει τον αριθμό κοινών σημείων μικρολεπτομέρειας. Λόγω των παραλλαγών στην τοποθέτηση του δακτύλου και της πίεσης που εφαρμόστηκε στον αισθητήρα, τα σημεία μικρολεπτομέρειας που εξήχθησαν από τα δακτυλικά αποτυπώματα πρωτοτύπων και ερωτημάτων πρέπει να στοιχηθούν ή να καταχωρηθούν, πριν να αντιστοιχηθούν. Μετά από τη στοιχίση των δακτυλικών αποτυπωμάτων, η αντιστοίχιση καθορίζει τον αριθμό των ζευγαριών της αντιστοίχισης μικρολεπτομέρειας, δηλαδή δύο σημεία μικρολεπτομέρειας που έχουν παρόμοια θέση και κατευθύνσεις. Το σύστημα καθορίζει την ταυτότητα του χρήστη με αντιστοίχιση του αποτελέσματος αντιστοιχιών με ένα κατώτατο όριο που τίθεται από τον διαχειριστή.

Δεδομένου των παραπάνω πληροφοριών, η διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 5 βασικά βήματα (Σχήμα 2.5) [8]. Αρχικά σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία του επιστημονικού άρθρου είναι απαραίτητος ο τοπικός προσανατολισμός των κορυφογραμμών με χρήση της συχνότητας (local ridge orientation and frequency), ενώ έπειτα συντελείται διαχωρισμός της περιοχής του δακτυλικού αποτυπώματος από το υπόβαθρο (segmentation). Στη συνέχεια γίνεται ανίχνευση ιδιομορφιών των εικόνων (singularity detection) με γνωστότερη τη μέθοδο που βασίζεται στο δείκτη Poincare. Πολλές εναλλακτικές προσεγγίσεις έχουν προταθεί για την ανίχνευση ιδιομορφίας και μπορούν να ταξινομηθούν σε (1) μέθοδοι βασισμένες σε τοπικά χαρακτηριστικά της προσανατολισμένης εικόνας, (2) μέθοδοι βασισμένες στο διαχωρισμό, (3) ανίχνευση πυρήνα και προσεγγίσεις εγγραφής. Λόγω χαμηλής ποιότητας εικόνας και ύπαρξης θορύβου πραγματοποιείται ενίσχυση της εικόνας (enhancement), η οποία διαθέτει μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική γνωστή ως contextual filters και ακολούθως ψηφιοποιείται (binarization), από όπου λαμβάνουμε δυαδικές εικόνες σαν αποτέλεσμα. Στην τελευταία φάση γίνεται εξαγωγή μικρολεπτομερειών (minutiae extraction) από τις δυαδικές εικόνες (συνήθως με χρήση φίλτρων Gabor), αφού εκείνες υποβληθούν σε λέπτυνση.

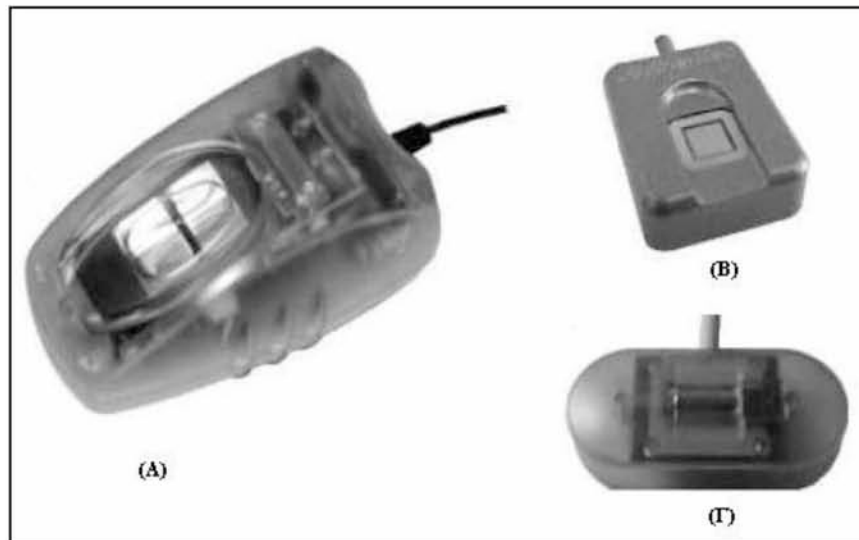
Στη διαδικασία αντιστοίχισης τρεις τεχνικές κυριαρχούν: (1) βασισμένες στη συσχέτιση (correlation-based techniques), (2) βασισμένες στις μικρολεπτομέρειες (minutiae-based techniques) και (3) βασισμένες σε χαρακτηριστικά κορυφογραμμών (ridge feature-based techniques) [8].



Σχήμα 2.5: Γραφική αναπαράσταση των φάσεων της εξαγωγής χαρακτηριστικών δακτυλικού αποτυπώματος

Οι κύριες τεχνολογίες σάρωσης αποτυπώματος σε χρήση σήμερα περιλαμβάνουν την οπτική (*optical sensors*), πυριτίου (*solid-state/silicon sensors*) και υπερήχων (*ultrasound sensors*) [13], [14]. Η οπτική τεχνολογία είναι η παλαιότερη και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη. Για να πραγματοποιηθεί μια οπτική σάρωση, ο χρήστης τοποθετεί χαρακτηριστικά το δάκτυλό του σε μια σαφή πλατφόρμα ανίχνευσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μια συσκευή μετατρέπει απλά την εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος σε ψηφιακή και ρυθμίζει την αντίθεση αυτόματα. Η τεχνολογία πυριτίου έχει κερδίσει την ιδιαίτερη αποδοχή από την εισαγωγή της προς το τέλος της δεκαετίας του '90. Στηρίζεται κυρίως στη χωρητικότητα του συνεχούς ρεύματος. Ο αισθητήρας πυριτίου ενεργεί ως μια πλευρά ενός πυκνωτή και το δάκτυλο είναι η άλλη. Το λογισμικό μετατρέπει έπειτα τη χωρητικότητα μεταξύ της πλάκας στερέωσης και του δακτύλου σε μια ψηφιακή εικόνα. Το πυρίτιο γενικά παράγει καλύτερη ποιότητα εικόνας από τον οπτικό σαρωτή. Η

τεχνολογία υπερήχου δεν χρησιμοποιείται ευρέως, ενδεχομένως επειδή είναι η πιο ακριβή μέθοδος σάρωσης. Στην ανίχνευση υπερήχου μια συσκευή στέλνει ένα χαμηλό υπερηχητικό παλμό από διαφορετικές κατευθύνσεις προς μια επιφάνεια δακτύλων και μετρά την απόκριση. Αυτή η απόκριση παλμού προκύπτει από τη διασπορά επαφών του υπερηχητικού κύματος στην επιφάνεια του δακτύλου. Βασισμένο σε ένα σύνολο τέτοιων αποκρίσεων, το σύστημα σάρωσης δημιουργεί μια εικόνα της δομής επιφάνειας του δακτύλου.



Σχήμα 2.6: Τρία είδη αισθητήρων (Α) οπτικός αισθητήρας, (Β) αισθητήρας πυριτίου με ηλεκτρικό πεδίο, (Γ) θερμικός αισθητήρας πυριτίου

Λόγω των αυξανόμενων ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια, κυβερνήσεις και εμπορικές οργανώσεις έχουν ουσιαστικά αυξήσει την δική τους ανάπτυξη βασισμένες σε συστήματα αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος σε διάφορες μη εγκληματολογικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένου του φυσικού και λογικού ελέγχου πρόσβασης, των συναλλαγών με ATM, του συνοριακού ελέγχου, και της πρόσβασης σε καταναλωτικές συσκευές. Το δακτυλικό αποτύπωμα είναι το επικρατέστερο βιομετρικό γνώρισμα σε αυτές τις εφαρμογές έναντι άλλων κοινών γνωρισμάτων όπως πρόσωπο, ίριδα, και φωνή, και νέα αναδυόμενα γνωρίσματα, συμπεριλαμβανομένου βηματισμού, αυτιού και φλεβικού συστήματος παλάμης.

Οι κύριοι λόγοι της δημοτικότητας της αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος είναι [13]:

- η επιτυχία του στις διάφορες εφαρμογές στον εγκληματολογικό, κυβερνητικό, και πολιτικό τομέα,
- το γεγονός ότι οι εγκληματίες αφήνουν συχνά τα δακτυλικά αποτυπώματά τους στις σκηνές εγκλήματος,
- η ύπαρξη μεγάλων κληρονομούμενων βάσεων δεδομένων και
- η διαθεσιμότητα ανθεκτικών και σχετικά ανέξοδων αναγνωστών δακτυλικού αποτυπώματος.

Ένα από τα μεγαλύτερα συστήματα αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος στον κόσμο είναι το Ενσωματωμένο Αυτοματοποιημένο Σύστημα Ταυτοποίησης Δακτυλικών Αποτυπωμάτων (Integrated Automated Fingerprint Identification System - IAFIS), που διατηρείται από το FBI στις ΗΠΑ από το 1999 [13]. Το IAFIS περιέχει αυτήν την περίοδο τα δακτυλικά αποτυπώματα περισσότερων από 60 εκατομμυρίων ατόμων, με αντίστοιχη δημογραφική πληροφορία, που από κοινού παρέχουν την αναζήτηση λανθάνοντος αποτυπώματος (latent-print) για την έρευνα εγκλημάτων και το ID 10 prints για ταυτοποίηση υπόπτου και για ελέγχους του γενικού πληθυσμού. Το 2008, το FBI άρχισε να εκσυγχρονίζει το IAFIS με το Σύστημα Ταυτοποίησης Επόμενης Γενιάς (Next Generation Identification - NGI), το οποίο θα υποστηρίζει κι άλλα βιομετρικά γνωρίσματα όπως αποτύπωμα παλάμης, ίριδα, και πρόσωπο.

2.4.2 Αναγνώριση προσώπου (Face Recognition)

Οι άνθρωποι αναγνωρίζουν τα γνωστά σε αυτούς πρόσωπα με ιδιαίτερη ευκολία, αλλά δεν είναι καλοί στην αναγνώριση των άγνωστων ατόμων. Από τη δεκαετία του '60, οι ερευνητές μηχανικής όρασης έχουν αναπτύξει αυτοματοποιημένες μεθόδους για αναγνώριση ατόμων μέσω των χαρακτηριστικών του προσώπου τους. Παρά το μεγάλο όγκο της έρευνας, δεν υπάρχουν συμφωνημένες μέθοδοι για την αυτοματοποιημένη αναγνώριση προσώπου δεδομένου ότι υπάρχουν για τα δακτυλικά αποτυπώματα. Πολλαπλές προσεγγίσεις υπήρξαν για αρκετά έτη χρησιμοποιώντας τις 2D εικόνες χαμηλής ευκρίνειας. Πρόσφατη εργασία σε υψηλή ευκρίνεια 2D και 3D παρουσιάζει το ενδεχόμενο να βελτιωθεί πολύ η ακρίβεια της αναγνώρισης προσώπου [10].

Όλες οι τεχνολογίες αναγνώρισης προσώπου μοιράζονται ορισμένες κοινοτυπίες, όπως η υπογράμμιση εκείνων των τμημάτων του προσώπου που είναι λιγότερο ευαίσθητα στην αλλαγή, συμπεριλαμβανομένων των ανώτερων περιγραμμάτων των κογχών των ματιών, των περιοχών που περιβάλλουν τα ζυγωματικά, και των πλευρών του στόματος. Η τεχνολογία σάρωσης προσώπου απαιτεί γενικά φωτογραφικές μηχανές που μπορούν να συλλάβουν εικόνες τουλάχιστον σε ευκρίνεια ανάλυσης 320x240 και τουλάχιστον 3 έως 5 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Περισσότερα πλαίσια ανά δευτερόλεπτο, μαζί με την υψηλότερη ευκρίνεια, θα οδηγήσουν σε καλύτερη απόδοση στην επαλήθευση ή την ταυτοποίηση, αλλά υψηλότερα ποσοστά συνήθως δεν απαιτούνται για ένα πρωτότυπο που έχει αποθηκευτεί προηγουμένως στο σύστημα επαλήθευσης [14].



Σχήμα 2.7: Υπογράμμιση τμημάτων κατά την αναγνώριση προσώπου

Επειδή τέτοιες φωτογραφικές μηχανές κοστίζουν λίγο και οι εκδόσεις επίδειξης του λογισμικού των κορυφαίων προμηθευτών είναι ελεύθερα διαθέσιμες, η αναγνώριση προσώπου είναι μια από τις λίγες βιομετρικές μεθόδους με την οποία μπορεί κάποιος να

πειραματιστεί με έναν περιορισμένο προϋπολογισμό [14]. Για αναγνώριση προσώπου σε μεγάλες αποστάσεις, ένας ισχυρός συσχετισμός υπάρχει μεταξύ της ποιότητας της φωτογραφικής και των δυνατοτήτων του συστήματος. Και για μεγάλης κλίμακας 1:N αναζητήσεις, όπου μπορεί να συγκριθεί μια σάρωση προσώπου με αρκετές χιλιάδες πρωτότυπα προσώπων για να ανακαλυφθεί η ταυτότητα κάποιου, η ταχύτητα του επεξεργαστή είναι κρίσιμη. Αλλά για να αρχίσει να κάνει την 1:1 επαλήθευση μπορεί να είναι σχεδόν τόσο οικονομικώς αποδοτική όσο ένα πρότυπο κωδικοποιημένο σύστημα.

Ωστόσο μπορεί να προκύψουν δυσλειτουργίες σε τέτοια συστήματα οι οποίες προέρχονται από παράγοντες, όπως η αλλαγή χτενίσματος του ατόμου, η αλλαγή φωτισμού, η προσθήκη ή η απομάκρυνση καπέλου ή γυαλιών ηλίου, η αλλαγή σωματικού βάρους, η αλλαγή της οπτικής γωνίας του προσώπου, μεγάλη ή μικρή μετακίνηση, η χαμηλή ποιότητα της συσκευής απόκτησης στοιχείων ή η αλλαγή μεταξύ καμερών καταγραφής και εξακρίβωσης (ποιότητα και τοποθέτηση) [14].

Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αναγνώρισης προσώπου περιλαμβάνει διάφορα σχετικά έργα επεξεργασίας προσώπου, όπως η ανίχνευση ενός προτύπου ως πρόσωπο, παρακολούθηση προσώπου σε μια ακολουθία video, επαλήθευση προσώπου, και αναγνώριση προσώπου [6]. Η ανίχνευση προσώπου (face detection) μαθαίνει γενικά τα στατιστικά μοντέλα των εικόνων προσώπου και εικόνων που δεν είναι πρόσωπο, και κατόπιν εφαρμόζει έναν κανόνα ταξινόμησης σε δύο κατηγορίες για να κάνει διακρίσεις μεταξύ του προσώπου και προτύπων που δεν είναι πρόσωπο. Η παρακολούθηση προσώπου (face tracking) προβλέπει την κίνηση των προσώπων σε μια ακολουθία εικόνων που βασίζεται σε προηγούμενες τροχιές τους και υπολογίζει τρέχουσες και μελλοντικές θέσεις εκείνων των προσώπων. Ενώ η επαλήθευση προσώπου σχετίζεται κυρίως με την επικύρωση μιας ισχυριζόμενης ταυτότητας από ένα άτομο, όπως «είναι το άτομο αυτό που ισχυρίζεται ότι είναι;», η αναγνώριση προσώπου εστιάζει στην αναγνώριση της ταυτότητας ενός ατόμου από μια βάση δεδομένων γνωστών ατόμων.

Όταν μια εικόνα εισαγωγής παρουσιάζεται στο σύστημα αναγνώρισης προσώπου, το σύστημα εκτελεί αρχικά την ανίχνευση προσώπου και την ανίχνευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων προσώπου (facial landmark detection), όπως η ανίχνευση των κέντρων των ματιών. Το σύστημα εφαρμόζει έπειτα κανονικοποίηση και απόδοση των διαδικασιών, οι οποίες εκτελούν τις ακόλουθες τρεις εργασίες: (1) χωρική κανονικοποίηση (spatial normalization), η οποία ευθυγραμμίζει τα κέντρα των ματιών στις προκαθορισμένες θέσεις και διορθώνει τον αριθμό των pixels μεταξύ των ματιών (διαοφθαλμική απόσταση - interocular distance) μέσω των μετασχηματισμών περιστροφής και κλιμάκωσης (2) εξαγωγή περιοχών του προσώπου (facial region extraction), η οποία κόβει την περιοχή του προσώπου που περιέχει μόνο πρόσωπο, έτσι ώστε η απόδοση της αναγνώρισης προσώπου να μην επηρεάζεται από τους παράγοντες που δεν σχετίζονται με το ίδιο το πρόσωπο, όπως ο τρόπος χτενίσματος των μαλλιών και (3) κανονικοποίηση έντασης (intensity normalization), η οποία μετατρέπει την περιοχή του προσώπου σε ένα διάνυσμα με τη σύνδεσή των σειρών της (ή στήλες), και κανονικοποιεί έπειτα τα pixels στο διάνυσμα με μηδέν μέση τιμή (mean) και διακύμανση (variance) μονάδων. Τέλος, το

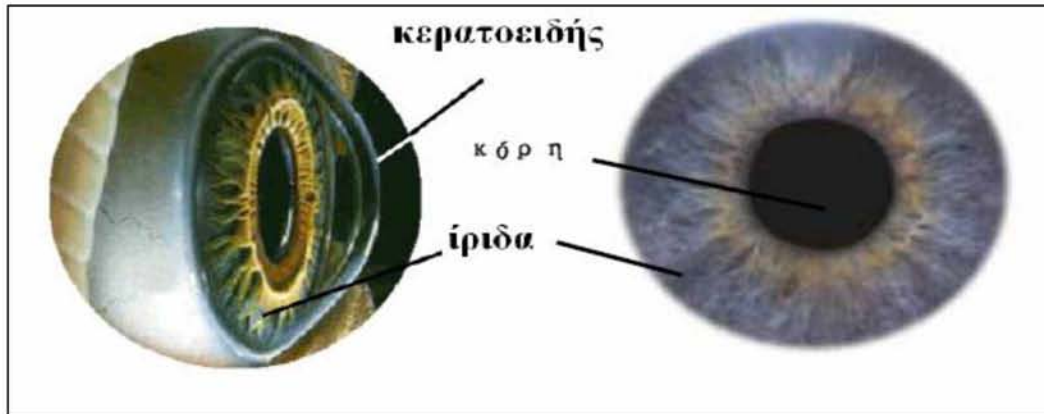
σύστημα εξάγει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα με υψηλή διακριτική δύναμη για την αναγνώριση προσώπου [6].

Οι αλγόριθμοι αναγνώρισης προσώπου μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες σύμφωνα με τα πρότυπα εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων για την αναπαράσταση του προσώπου: (1) μέθοδοι βασισμένες σε χαρακτηριστικά (feature-based methods) και (2) μέθοδοι βασισμένες στην εμφάνιση (appearance-based methods) [8]. Ιδιότητες και γεωμετρικές σχέσεις όπως περιοχές, αποστάσεις και γωνίες μεταξύ των χαρακτηριστικών σημείων γνωρισμάτων του προσώπου χρησιμοποιούνται ως περιγραφείς για την αναγνώριση προσώπου. Απ' την άλλη πλευρά, οι μέθοδοι που βασίζονται στην εμφάνιση εξετάζουν τις σφαιρικές ιδιότητες του προτύπου έντασης εικόνας του προσώπου. Δημοφιλείς αλγόριθμοι όπως ο Eigenfaces γνωστός ως Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis – PCA), ο Linear Discriminant Analysis (LDA) και Fisherfaces, ο LDA variants, ο Independent Component Analysis (ICA), ο Local Feature Analysis (LFA), τα φίλτρα συσχετισμού (correlation filters), οι μέθοδοι Kernel, ο Tensorfaces, ο Manifolds, ο Elastic Bunch Graph Matching (EBGM) και τα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks - NN) βασίζονται στην εμφάνιση του προσώπου [8].

Υπάρχουν ακόμη αρκετές δημοσίως διαθέσιμες βάσεις δεδομένων προσώπου για την ερευνητική κοινότητα ώστε να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη αλγορίθμου, οι οποίες παρέχουν μια τυποποιημένη συγκριτική μέτρηση επιδόσεων κατά την υποβολή έκθεσης αποτελεσμάτων. Οι διαφορετικές βάσεις δεδομένων συλλέγονται για να εξετάσουν έναν διαφορετικό τύπο πρόκλησης ή παραλλαγών όπως ο φωτισμός, η πόζα κ.λπ. Σε αυτές τις τυποποιημένες βάσεις δεδομένων για το πρόσωπο ανήκουν οι Pose Illumination Expression (PIE), FERET, Face Recognition Grand Challenge (FRGC), Yale και AR [8].

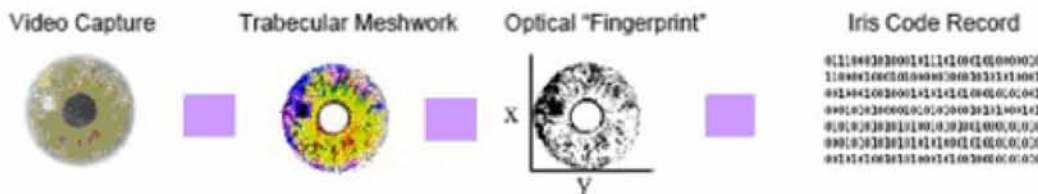
2.4.3 Αναγνώριση ίριδας (Iris recognition)

Η ίριδα είναι το χρωματισμένο μέρος του ματιού, το οποίο είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε πληροφορία και δημιουργείται μέχρι τον 8ο μήνα της κύησης. Ακριβώς πίσω από τον κερατοειδή χιτώνα και μπροστά από το φακό, η ίριδα χρησιμοποιεί τους μυς του διαστολέα και του σφιγκτήρα που ελέγχουν το μέγεθος της κόρης οφθαλμού, ώστε να ελέγχουν την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο μάτι. Εικόνες χαμηλών υπέρυθρων ακτινών (Near-infrared rays - NIR) στην προγενέστερη επιφάνεια της ίριδας εκθέτουν σύνθετα πρωτότυπα που τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να αναγνωρίσουν άτομα. Επειδή ο φωτισμός των NIR μπορεί να διαπεράσει την επιφάνεια της ίριδας, μπορεί να αποκαλύψει τις περίπλοκες λεπτομέρειες σύστασης που είναι παρούσες ακόμη και σε σκούρες χρωματικά ίριδες. Η πολυπλοκότητα της σύστασης της ίριδας και η παραλλαγή της δια μέσου των ματιών έχουν οδηγήσει τους επιστήμονες να αποφανθούν ότι η ίριδα είναι μοναδική δια μέσου των ατόμων. Περαιτέρω, η ίριδα είναι το μόνο εσωτερικό όργανο εύκολα ορατό από έξω. Κατά συνέπεια, αντίθετα από τα δακτυλικά αποτυπώματα ή τα αποτυπώματα παλάμης, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν μπορούν να μεταβάλλουν εύκολα το πρότυπό της [15].



Σχήμα 2.8: Η ανατομία της ίριδας

Η αναγνώριση ίριδας βασίζεται στις ορατές ιδιότητες της ανθρώπινης ίριδας. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι η ακτινωτή δομή, ενώ άλλα ορατά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τα αυλάκια, τα στίγματα και την κορώνα. Η τεχνολογία αναγνώρισης ίριδας μετατρέπει αυτά τα ορατά χαρακτηριστικά σε ένα IrisCode, ένα πρωτότυπο αποθηκευμένο για μελλοντικές προσπάθειες επαλήθευσης. Με διάμετρο 11 χιλιοστά της ίριδας, οι αλγόριθμοι Daugman παρέχουν 3,4 bit δεδομένων ανά τετραγωνικό χιλιοστό. Αυτή η πυκνότητα πληροφοριών σημαίνει ότι κάθε ίριδα μπορεί να έχει 266 μοναδικά σημεία, συγκρινόμενα με 10 έως 60 μοναδικά σημεία για παραδοσιακές βιομετρικές τεχνολογίες. Το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά της ίριδας μπορούν να αποθηκευτούν μόλις σε 256 bytes πληροφοριών αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για τις περιπτώσεις επεξεργασίας, αποθήκευσης και γενικά των επιδόσεων του συστήματος [2].



Σχήμα 2.9: Αναπαράσταση της δημιουργία Iris Code με τον αλγόριθμο του Daugman

Τα περισσότερα συστήματα αναγνώρισης ίριδας αποτελούνται από πέντε βασικά υποσυστήματα που οδηγούν σε μια απόφαση [15]:

1. Το **υποσύστημα απόκτησης** λαμβάνει ένα 2D οπτικό είδωλο του ματιού χρησιμοποιώντας μια μονοχρωματική φωτογραφική μηχανή CCD ευαίσθητη στο φως του φάσματος του χαμηλού υπέρυθρου φωτός NIR.
2. Το **υποσύστημα κατάτμησης** εντοπίζει την χωρική έκταση της ίριδας στην εικόνα του ματιού με την απομόνωση της από άλλες δομές στην κλίμακά του, όπως ο σκληρός χιτώνας του οφθαλμού, η κόρη οφθαλμού, τα βλέφαρα, και οι βλεφαρίδες.
3. Το **υποσύστημα κανονικοποίησης** επικαλείται μία γεωμετρική απεικόνιση με σύμβολα εξομάλυνσης για να μετασχηματίσει την τμηματοποιημένη εικόνα της ίριδας από τις καρτεσιανές συντεταγμένες σε πολικές συντεταγμένες.

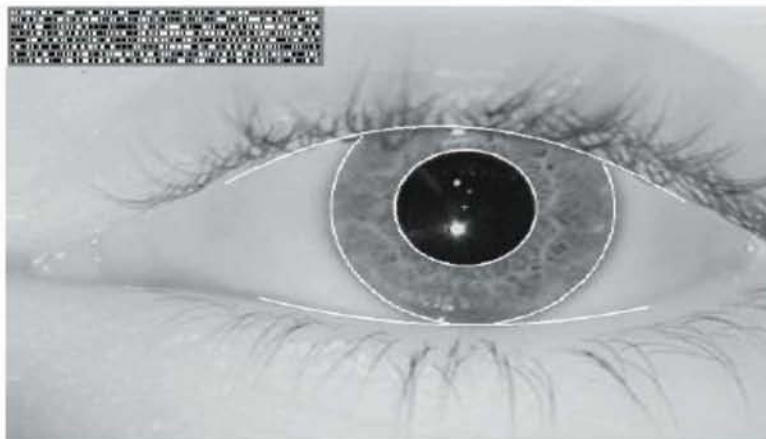
4. Το **υποσύστημα κωδικοποίησης** χρησιμοποιεί μια ρουτίνα εξαγωγής χαρακτηριστικών για να παραγάγει έναν δυαδικό κώδικα.
5. Το **υποσύστημα αντιστοίχισης** καθορίζει πόσο στενά ταιριάζει ο παραχθέν κώδικας με τα κωδικοποιημένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων.

Τα περισσότερα συστήματα αναγνώρισης ίριδας προϋποθέτουν τη συμμετοχή του ατόμου για να τοποθετήσει το μάτι του σε απόσταση περίπου έξι ίντσες από μία φωτογραφική μηχανή. Μια εξωτερική πηγή φωτός NIR, που συχνά συνδυάζεται με το σύστημα απόκτησης, φωτίζει την ίριδα. Το υποσύστημα απόκτησης συλλαμβάνει μια σειρά οφθαλμικών εικόνων, χρησιμοποιεί ένα πρότυπο για να αξιολογήσει την ποιότητα της εικόνας και επιλέγει μία εικόνα με τις ικανοποιητικές πληροφορίες ίριδας, οι οποίες έπειτα υποβάλλονται σε πρόσθετη επεξεργασία.



Σχήμα 2.10: Συσκευή απόκτησης φωτογραφιών του οφθαλμού για αναγνώριση ίριδας

Το υποσύστημα κατάτμησης ανιχνεύει την κόρη οφθαλμού και τα όρια των μελών και προσδιορίζει τις περιοχές όπου τα βλέφαρα και οι βλεφαρίδες διακόπτουν τα όρια του περιγράμματος των μελών (Σχήμα 2.11). Η κατάτμηση της ίριδας είναι ένα κρίσιμο συστατικό οποιουδήποτε συστήματος ανίχνευσης ίριδας επειδή ανακρίβειες στον εντοπισμό της ίριδας μπορεί σοβαρά να υποβιβάσουν την ακρίβεια ταιριάσματος του συστήματος και να υπονομεύσουν τη χρησιμότητα του συστήματος.

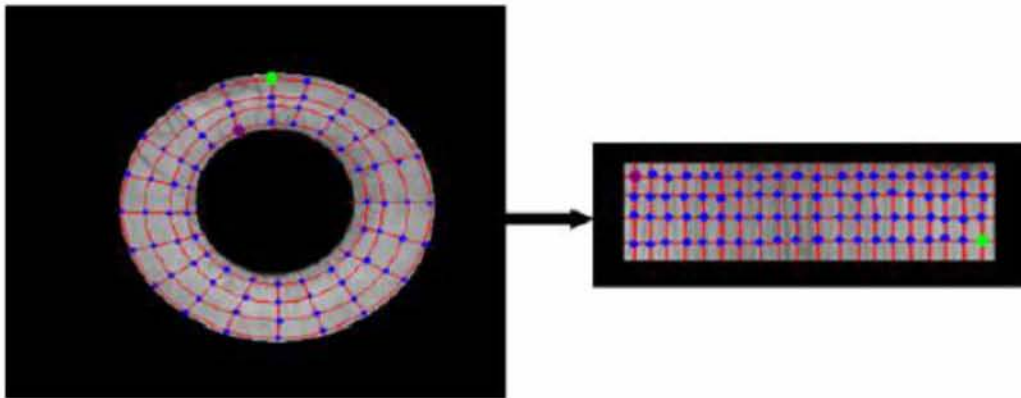


Σχήμα 2.11: Εντοπισμός της ίριδας με τη διαδικασία κατάτμησης

Μόλις υπολογίσει το υποσύστημα κατάτμησης το όριο της ίριδας, το υποσύστημα κανονικοποίησης χρησιμοποιεί ένα μοντέλο *rubber-sheet* για να μετασχηματίσει τη σύσταση ιρίδων από καρτεσιανές σε πολικές συντεταγμένες. Η διαδικασία, που

ονομάζεται συχνά ως το ξετύλιγμα της ίριδας (iris unwrapping), παράγει μια ορθογώνια οντότητα που χρησιμοποιείται για μεταγενέστερη επεξεργασία. Η κανονικοποίηση έχει τρία πλεονεκτήματα:

- Λογαριάζει τις αλλαγές στο μέγεθος της κόρης του οφθαλμού εξαιτίας των αλλαγών στον εξωτερικό φωτισμό που ίσως να επηρεάσει το μέγεθος της ίριδας.
- Εξασφαλίζει ότι οι ίριδες διαφορετικών ατόμων είναι ταξινομημένες επάνω σε μια κοινή περιοχή της εικόνας παρά τις αλλαγές στο μέγεθος της κόρης οφθαλμού δια μέσου των αντικειμένων εξέτασης.
- Επιτρέπει την αναγνώριση της ίριδας κατά τη διάρκεια του σταδίου αντιστοίχισης μέσω μιας απλής λειτουργίας μετάφρασης που μπορεί να λογαριάσει εσωτερικά το επίπεδο του ματιού και τις περιστροφές του κεφαλιού.



Σχήμα 2.12: Κανονικοποίηση της ίριδας και «ξετύλιγμα» σε ορθογώνιο παράθυρο

Το να συνδεθεί ότι κάθε unwrapped ίριδα είναι μια δυαδική μάσκα η οποία χωρίζει τα pixels της ίριδας (χαρακτηρισμένα με «1») από τα pixels που αντιστοιχούν στα βλέφαρα και στις βλεφαρίδες (χαρακτηρισμένα με «0») που προσδιορίζονται κατά τη διάρκεια της κατάτμησης. Μετά την ομαλοποίηση, οι φωτομετρικοί μετασχηματισμοί ενισχύουν το ξετύλιγμα της δομημένης υφής της ίριδας.

Αν και ένα σύστημα αναγνώρισης μπορεί να χρησιμοποιήσει την unwrapped ίριδα για να συγκρίνει άμεσα δύο ίριδες (για παράδειγμα χρησιμοποιώντας φίλτρα συσχετισμού), τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν πρώτα μια δραστηριότητα εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων για να κωδικοποιήσουν το περιεχόμενο της υφής της ίριδας. Η κωδικοποίηση των αλγορίθμων εκτελεί γενικά μια ανάλυση πολυλύσεων της ίριδας με την εφαρμογή wavelets φίλτρων και εξετάζει το αποτέλεσμα που έπεται. Συνήθως σε ένα μηχανισμό χρησιμοποιείται κωδικοποίηση, τα 2D wavelets του Gabor χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για να εξαγάγουν τις πληροφορίες του τοπικού σταδίου της σύστασης της ίριδας. Ο μηχανισμός κωδικοποιεί έπειτα κάθε απάντηση του σταδίου χρησιμοποιώντας δύο bits πληροφορίας, καταλήγοντας σε έναν κώδικα ίριδας (IrisCode).

Το υποσύστημα αντιστοίχισης παράγει ένα αποτέλεσμα αντιστοίχισης συγκρίνοντας τα σύνολα των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων δύο εικόνων ίριδας. Μια τεχνική για τη σύγκριση δύο κωδικών ίριδας πρόκειται να χρησιμοποιήσει την απόσταση Hamming, η

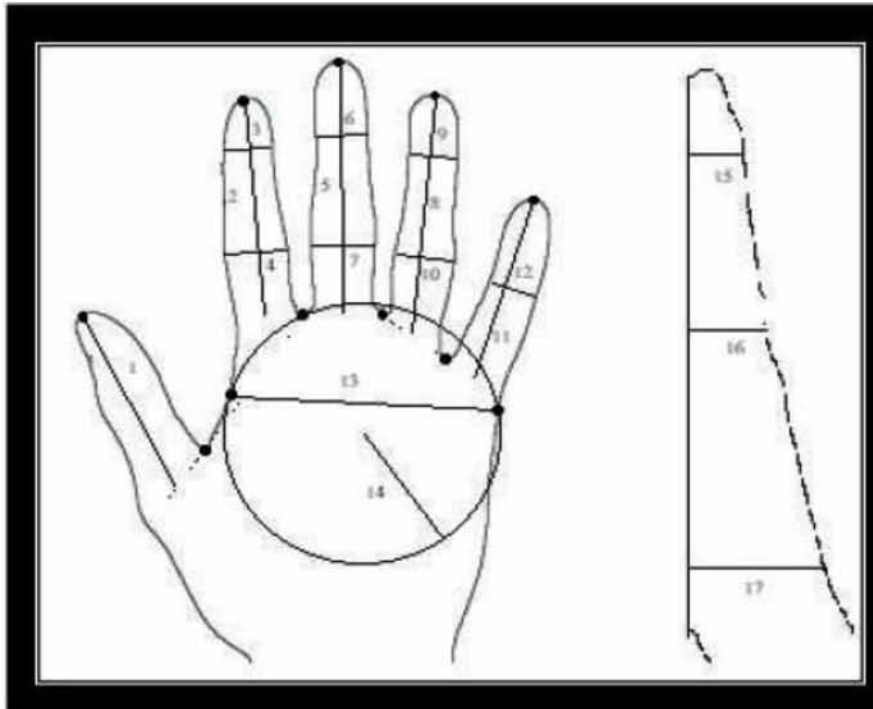
οποία αποτελείται από τον αριθμό των αντίστοιχων κομματιών που διαφέρουν μεταξύ των δύο κωδικών ίριδας. Η δυαδική μάσκα που υπολογίζεται στο υποσύστημα κανονικοποίησης εξασφαλίζει ότι η τεχνική συγκρίνει μόνο τα κομμάτια που αντιστοιχούν στα έγκυρα pixels ίριδας. Οι δύο κώδικες ίριδας πρέπει να ευθυγραμμιστούν πριν υπολογίσουν την απόσταση Hamming μέσω μιας διαδικασίας εγγραφής. Ενώ μία απλή λειτουργία μετάφρασης θα μπορούσε να αρκестεί στις περισσότερες περιπτώσεις, τα πολυπλοκότερα σχέδια μπορούν να λογαριάσουν τις ελαστικές αλλαγές στη σύσταση της ίριδας. Ερευνητές έχουν σχεδιάσει επίσης άλλους τύπους κωδικοποίησης και αντιστοίχισης σχεδίων, βασισμένοι (1) στις διακριτές μετατροπές συνημίτονου (discrete cosine transforms), (2) στα τακτικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα (ordinal features), και (3) στις μετατροπές αμετάβλητης κλίμακας των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (scale-invariant feature transforms).

Η αναγνώριση ίριδας βρίσκει εφαρμογές στο στρατό, τις φυλακές και σε τράπεζες. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι η ίριδα είναι μοναδική για τον καθένα, παραμένει αμετάβλητη στο πέρασμα του χρόνου, προσδίδει υψηλή ακρίβεια και είναι εύκολη η εγγραφή της από απόσταση. Ωστόσο, το κόστος των μηχανημάτων για αναγνώριση της ίριδας είναι ακόμη αρκετά υψηλό και είναι αδιάκριτο προς το χρήστη. Η τεχνική καθώς παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό λαθών, πολύ γρήγορη επεξεργασία και αντίσταση στην αντιγραφή, μια και το σύστημα καταλαβαίνει ότι πρόκειται για «ζωντανό μάτι» από τις μικρο-κινήσεις του οφθαλμικού βολβού κατά την ανάγνωση, ενώ παράλληλα ανιχνεύει την υγρή επιφάνεια και τη «γυαλάδα» του κερατοειδούς χιτώνα, για τον ίδιο λόγο [2].

2.4.4 Γεωμετρία παλάμης (Palm Geometry)

Αν και ακόμα αποτελεί μια αναπτυσσόμενη μέθοδο, η αναγνώριση του αποτυπώματος της παλάμης αποτελεί έναν από τους πιο ισχυρούς τρόπους της προσωπικής ταυτοποίησης και εξακρίβωσης στοιχείων [16]. Ο τρόπος λειτουργίας της ανάλυσης της γεωμετρίας της παλάμης έχει να κάνει με τις διαστάσεις και το γενικότερο σχήμα της, καθώς και με την τοποθεσία των δαχτύλων και των αρθρώσεων πάνω σ' αυτή. Σε κάθε δείγμα αντιστοιχούν δύο εικόνες της παλάμης, μια «κάτοψη» και μια από την «πλαϊνή άποψη» (Σχήμα 2.13) [2].

Το σύστημα πιστοποίησης μέσω της παλάμης είναι μια από τις πιο ενδιαφέρουσες βιομετρικές προσεγγίσεις, το οποίο προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα: είναι διακριτικό, φιλικό προς το χρήστη, έχει σταθερά και μοναδικά χαρακτηριστικά, δεν απαιτεί υψηλή ανάλυση εικόνας και γίνεται γρήγορη επιβεβαίωση. Συνεπώς είναι μια μέθοδος μη διεισδυτική και τυγχάνει ευρείας αποδοχής. Ακόμη έχει μικρές απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο για τις εξαχθείσες πληροφορίες, αλλά μερικές φορές η χρήση επιφέρει δυσκολίες σε χρήστες με αρθρίτιδα, κομμένα δάχτυλα ή πολύ μικρές/μεγάλες παλάμες.



Σχήμα 2.13: Μετρήσεις ενός τυπικού Συστήματος Γεωμετρίας Παλάμης

Τα αποτυπώματα παλάμης είναι σταθερά και δείχνουν υψηλή ακρίβεια στην εξακρίβωση της ταυτότητας κάθε ατόμου. Έτσι, χρησιμοποιούνται συχνά στο νομικό εξαναγκασμό και σε δικαστικά περιβάλλοντα. Οι μέθοδοι εξαγωγής χαρακτηριστικών από τα αποτυπώματα παλάμης βασίζονται κυρίως σε γεωμετρικές παραμέτρους, τοπολογία γραμμών, χαρακτηριστικά υφής, μετασχηματισμούς Wavelets και Fourier κλπ.

Τα χαρακτηριστικά των αποτυπωμάτων παλάμης μπορούν να χωριστούν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

1. χαρακτηριστικά σημείων, που περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά με ακριβείς λεπτομέρειες από τις πτυχές/ζάρες που υπάρχουν στην παλάμη και τα χαρακτηριστικά των σημείων δέλτα, από τις περιοχές δέλτα που έχουν βρεθεί στις περιοχές που κατευθύνονται προς τα δάκτυλα,
2. χαρακτηριστικά γραμμών, που περιλαμβάνουν τις τρεις χαρακτηριστικές κύριες γραμμές του αποτυπώματος της παλάμης, λόγω της κάμψης του χεριού και του καρπού της παλάμης και άλλες πτυχές και καμπύλες (λεπτές και ακανόνιστες),
3. χαρακτηριστικά της υφής του χεριού.



Σχήμα 2.14: Λειτουργία του Συστήματος Γεωμετρίας Παλάμης

Στα πειράματα για την αναγνώριση του αποτυπώματος παλάμης γίνεται χρήση, τόσο αρχείων από σαρωμένα χέρια, όσο και αρχείων από φωτογραφίες χεριών. Μέχρι στιγμής έχει επιτευχθεί 86% ποσοστό αναγνώρισης για εικόνες αποτυπώματος παλάμης και 91,33% για πολύ-τροποποιητικά χαρακτηριστικά χεριού και παλάμης. Ωστόσο, υπάρχουν και μειονεκτήματα από τη χρήση της μεθόδου αυτής, όπως οι ογκώδεις και ακριβοί αναγνώστες παλάμης και η χρήση τους μόνο για επιβεβαίωση ταυτότητας.

Εφαρμογές της μεθόδου αυτής βρίσκουμε στην εγκληματολογία για εντοπισμό δραστών, στην καταγραφή του χρόνου εργασίας του προσωπικού εταιρειών, για τον έλεγχο πρόσβασης σε φυσικούς χώρους, για την ασφάλεια χρήσης λογισμικών-ταυτοποίηση χρηστών, καθώς επίσης και σε εφαρμογές διαδικτύου (ηλεκτρονικό εμπόριο, ηλεκτρονική τραπεζική, κ.ά.).

2.4.5 Αναγνώριση με βάση το σχήμα των χειλιών (Lip Shape Recognition)

Η αναγνώριση βάση του σχήματος των χειλιών είναι μια από τις πιο ενδιαφέρουσες αναπτυσσόμενες μεθόδους ταυτοποίησης ανθρώπων, η οποία προέρχεται από την εξάσκηση πάνω στο έγκλημα και σε ότι έχει σχέση με τα δικαστήρια (χειλοσκοπία) [16]. Η αναγνώριση χειλιών δεν έχει ερευνηθεί εκτεταμένα μέχρι σήμερα, αλλά έχουν επιτευχθεί ιδιαίτερα υποσχόμενα αποτελέσματα από τις μεθόδους HMM (Hidden Markov Model) και PCA (Principal Components Analysis).

Σε πρώτη φάση τα χείλη παρακολουθούνται σε εικόνες προσώπων, επιμερίζονται και κωδικοποιούνται. Έπειτα υπολογίζονται τα χαρακτηριστικά των χρωμάτων των αποκαλυπτόμενων χειλιών και ταξινομούνται μαζί με τα χαρακτηριστικά του σχήματος των κωδικοποιημένων χειλιών. Υπολογίζονται τα στατιστικά στοιχεία και ο μέσος όρος των αποκλίσεων των χρωμάτων, όπως επίσης, και ένα σύνολο επίσημων γεωμετρικών παραμέτρων και ο μέσος όρος των αποκλίσεων HU και Zernike.

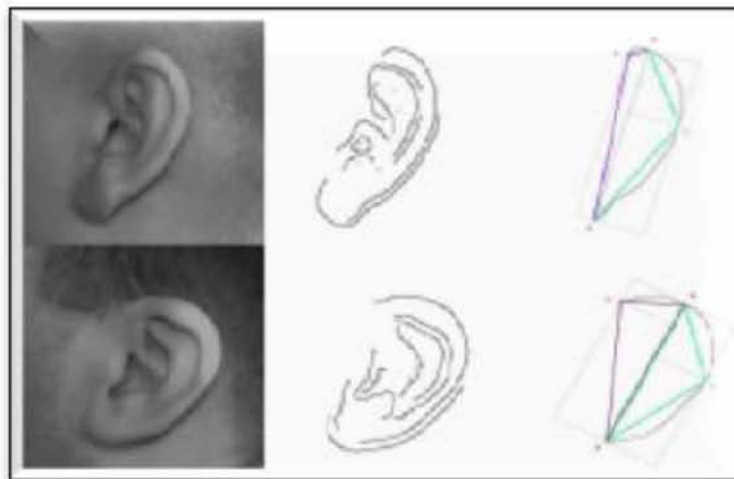
Μέχρι τώρα το κυριότερο πρόβλημα στο σύστημα αυτό είναι το βήμα της ανίχνευσης χειλιών. Ανιχνεύονται εύκολα χείλη από εικόνες του προσώπου που έχουν τραβηχτεί (δηλαδή από φωτογραφίες - ιδιαίτερα αν είναι επικεντρωμένες στο κάτω μέρος του προσώπου). Δυστυχώς όμως, ακόμη γίνεται μεγάλη προσπάθεια για παρακολούθηση χειλιών σε άλλα αρχεία, ιδιαίτερα σε εικόνες προσώπων από κάμερες παρακολούθησης. Ωστόσο, έχουν επιτευχθεί πολύ καλά αποτελέσματα αναγνώρισης για καλά-ανιχνευμένες εικόνες χειλιών, τα οποία είναι ενθαρρυντικά και παρακινούν την περαιτέρω έρευνα σε αυτό τον τομέα.

2.4.6 Αναγνώριση με βάση το σχήμα των αυτιών (Ear Biometrics)

Η μέθοδος για ταυτοποίηση ανθρώπων στηριγμένη στην ανάλυση εικόνων των αυτιών αποτελείται από τα παρακάτω βήματα [16]:

- **Επεξεργασία της εικόνας του αυτιού** - εκτελούνται λειτουργίες όπως: ενίσχυση της αντίθεσης, φιλτράρισμα και εξίσωση ιστογράμματος.

- **Εντοπισμός περιγράμματος** - χρησιμοποιείται τοπική μέθοδος βασισμένη στο φωτισμό των pixels, τις αλλαγές της μέσης τιμής και της διακύμανσης σε παράθυρα 3x3.
- **Επεξεργασία περιγράμματος** - ο στόχος της επεξεργασίας της εικόνας περιγράμματος είναι η επιλογή των περιγραμμάτων που περιέχουν τις πιο διακριτές πληροφορίες που χαρακτηρίζουν τις εικόνες των ανθρώπινων αυτιών. Για κάθε εξαγόμενο περίγραμμα υπολογίζεται το μήκος του και έπειτα βάση του αλγορίθμου επιλογής απομακρύνονται τα περιγράμματα που έχουν καταταχθεί ως «κοντινά». Συνήθως παίρνουμε δίτιμες εικόνες περιγραμμάτων αυτιών με τα 7 έως 10 μακρύτερα περιγράμματα.
- **Ομαλοποίηση εικόνας** - το μέγεθος της εικόνας κανονικοποιείται, η διάταξη του συστήματος αλλάζει και επιτυγχάνεται σταθερότητα στην περιστροφή, στη μετάφραση και στη διαβάθμιση.
- **Γεωμετρικοί αλγόριθμοι εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων** - αναπτύσσονται 5 πρωτότυποι αλγόριθμοι. Βάση των εξαγόμενων και επιλεγμένων περιγραμμάτων προτείνονται οι ακόλουθες μέθοδοι εξαγωγής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων: (1) Μέθοδος βασισμένη σε ομόκεντρους κύκλους (Concentric circles based method - CCM), (2) Μέθοδος ανεύρεσης περιγραμμάτων (Contour tracing method - CTM), (3) Μέθοδος αναπαράστασης περιγραμμάτων/σχημάτων βάση γωνιών (angle-based contour representation method - ABM), (4) Μέθοδος γεωμετρικών παραμέτρων/μέθοδος λόγου τριγώνων (geometrical parameters method/triangle ratio - GPM/TRM), (5) Μέθοδος γεωμετρικών παραμέτρων/μέθοδος αναλογίας σχημάτων (geometrical parameters method/shape ratio method - GPM/SRM).



Σχήμα 2.15: Αναγνώριση από το σχήμα του αυτιού

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση του αυτιού σαν πηγή δεδομένων για την ταυτοποίηση στοιχείων των ανθρώπων. Αρχικά το αυτί είναι ένα από τα πιο σταθερά ανθρώπινα ανατομικά χαρακτηριστικά. Δεν αλλάζει αισθητά κατά τη διάρκεια της

ανθρώπινης ζωής. Επιπλέον το αυτί είναι ένα από τα αισθητήρια όργανά μας και συνήθως είναι ορατό (δεν κρύβεται κάτω από κάτι) ώστε να επιτρέπει την καλή ακοή. Σύμφωνα με χρήστες, η βιομετρία του αυτιού είναι λιγότερο αγγωτική από τη λήψη δακτυλικών αποτυπωμάτων. Οι δοκιμαστικοί χρήστες παραδέχονται ότι αισθάνονται λιγότερο βολικά όταν παίρνουν μέρος σε καταγραφή εικόνων του προσώπου (οι άνθρωποι τείνουν να νοιάζονται για το πώς φαίνονται στις φωτογραφίες). Ακόμη στα βιομετρικά συστήματα που χρησιμοποιούν το αυτί δε χρειάζεται να αγγίζεις κάποια συσκευή και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν προβλήματα υγιεινής. Τέλος, τα αποτελέσματα από την παρατήρηση του αυτιού, την αντιστοίχιση και την αναγνώριση είναι κοντά στο 100% (ποσοστό αναγνώρισης).

Η βιομετρία του αυτιού εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιείται σαν κύριο χαρακτηριστικό στη νομική επιστήμη. Τα αποτυπώματα των αυτιών που έχουν βρεθεί στην εγκληματολογία, έχουν χρησιμοποιηθεί σαν απόδειξη σε εκατοντάδες υποθέσεις στις Κάτω Χώρες και στις ΗΠΑ. Στις μέρες μας οι ειδικοί της αστυνομίας και των δικαστηρίων χρησιμοποιούν αποτυπώματα των αυτιών σαν την κύρια απόδειξη της ταυτότητας κάποιου. Είναι επίσης σημαντικό ότι η βιομετρία του αυτιού είναι μια ιδιαίτερα αποδεκτή βιομετρική μέθοδος από χρήστες σε σχεδιασμένες εφαρμογές ελέγχου πρόσβασης.

2.4.7 Εξέταση οφθαλμικού αμφιβληστροειδούς χιτώνα (Retinal Scan)

Η εξέταση αυτή έχει να κάνει με την κατανομή των φλεβικών ριζιδίων πάνω στο ανθρώπινο μάτι, η οποία και αποτελεί εξαιρετικά μοναδικό χαρακτηριστικό για τον καθένα μας [2]. Ο χρήστης κοιτάζει σε ένα μικροσκοπικό φακό και εστιάζει σε ένα φωτεινό σημείο, οπότε το μηχάνημα «σαρώνει» (scan) το μάτι του με υπέρυθρες ακτίνες χαμηλής έντασης.

Τα θετικά χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι η ταχύτητα, ενώ μπορεί να αποδώσει πολύ καλά από πλευράς ακρίβειας και αποτελέσματος. Στα αρνητικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνεται το γεγονός ότι οι χρήστες νιώθουν πάλι το αίσθημα της διείσδυσης στα προσωπικά τους χαρακτηριστικά, μια και η σάρωση γίνεται πολύ κοντά στο μάτι (περίπου 20 εκατοστά). Επίσης η χρήση υπέρυθρων ακτινών από τόσο κοντινή απόσταση δημιουργεί ανησυχία στο χρήστη για την υγεία του ματιού.



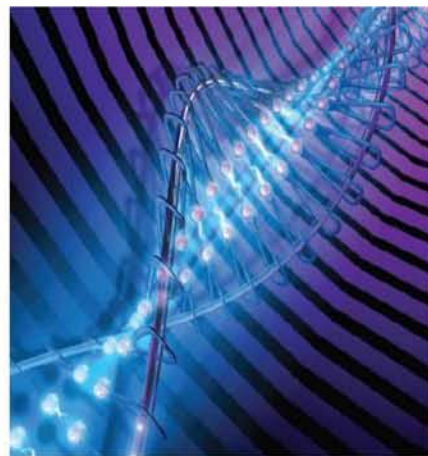
Σχήμα 2.16: Συσκευή απόκτησης εικόνων του οφθαλμού για αναγνώριση του αμφιβληστροειδή χιτώνα

2.4.8 Φωνοκαρδιογράφημα και βιομετρική ταυτοποίηση (Biometric Identification Based on PhonoCardioGram)

Η απόδοση των παραδοσιακών βιομετρικών συστημάτων ταυτοποίησης δεν είναι, μέχρι τώρα, ικανοποιητική σε ορισμένες εφαρμογές. Για το λόγο αυτό, άλλα φυσιολογικά ή χαρακτηριστικά συμπεριφοράς έχουν πρόσφατα εξετασθεί, κάνοντας χρήση νέων ηλεκτρικών ή φυσικών σημάτων που συνδέθηκαν με τα ζωτικά σημεία ενός ατόμου. Το [17] αναφέρεται σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε και εξέτασε τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των σημάτων του φωνοκαρδιογραφήματος (PCG) από στηθοσκοπηση της καρδιάς. Η ιδέα είναι ότι τα σήματα PCG έχουν ορισμένα ατομικά χαρακτηριστικά που μπορούν να ληφθούν υπόψη ως φυσιολογικό σήμαδι που χρησιμοποιείται σε ένα βιομετρικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται μια προκαταρκτική μελέτη σχετικά με την ταυτοποίηση των ανθρώπων μέσω της ανάλυσης συχνότητας των καρδιακών ήχων. Για την πραγματοποίηση αυτής της έρευνας χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων που περιείχε μερικές καταγραφές καρδιακών ήχων από 20 διαφορετικούς ανθρώπους και τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τις βιομετρικές ιδιότητες των PCG σημάτων, τα οποία μπορούν έτσι να περιληφθούν μεταξύ των φυσιολογικών χαρακτηριστικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα αυτόματο σύστημα ταυτοποίησης.

2.4.9 Ανάλυση ακολουθιών DNA (Deoxyribo Nucleic Acid)

Το DNA ή στα ελληνικά δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ είναι ο μονοδιάστατος θεμελιώδης μοναδικός κώδικας για τον καθένα - εκτός από το γεγονός ότι οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι έχουν τα ίδια πρότυπα DNA [3]. Αυτό, εντούτοις, χρησιμοποιείται αυτήν την περίοδο συνήθως στα πλαίσια ιατροδικαστικών εφαρμογών για αναγνώριση ατόμων. Τρία ζητήματα περιορίζουν τη χρησιμότητα αυτής της βιομετρικής για άλλες εφαρμογές: (1) μόλυνση και ευαισθησία: είναι εύκολο να κλαπεί ένα κομμάτι του DNA από ένα ανυποψίαστο υποκείμενο και εύκολο να κλαπεί τμήμα του DNA από ένα ανυποψίαστο υποκείμενο



Σχήμα 2.17: Η διπλή έλικα του DNA

και μπορεί να μην χρησιμοποιηθεί σωστά στη συνέχεια για έναν μεταγενέστερο σκοπό (2) ζητήματα αυτόματης αναγνώρισης σε πραγματικό χρόνο: η παρούσα τεχνολογία για το ταίριασμα DNA απαιτεί βραδείς χημικές μεθόδους (υγρές διαδικασίες) που περιλαμβάνουν τις δεξιότητες εμπειρογνομόνων και δεν συνδέονται με απευθείας αναγνώριση (3) ζητήματα μυστικότητας: πληροφορίες για ευαισθησίες ενός ατόμου σε ορισμένες ασθένειες θα μπορούσε να βρεθεί από το πρότυπο DNA και υπάρχει μια ανησυχία ότι η απρομελέτητη κατάχρηση των πληροφοριών του γενετικού κώδικα μπορεί να οδηγήσει στη διάκριση, π.χ., στο σύστημα μίσθωσης.

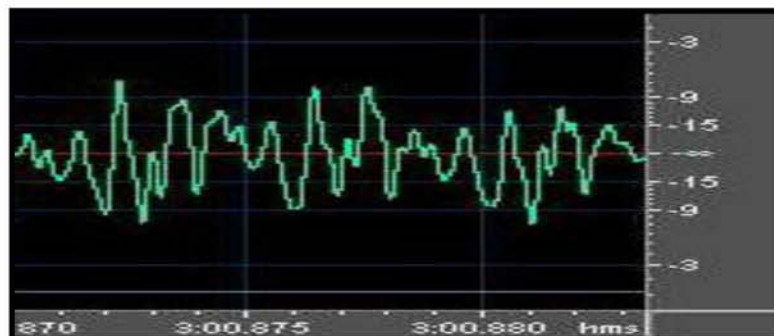
2.5 Συμπεριφοριστικά Βιομετρικά Συστήματα

Τα συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά βασίζονται σε μια ενέργεια που λήφθηκε από ένα πρόσωπο. Η Συμπεριφοριστική Βιομετρία συνεπώς βασίζεται σε μετρήσεις και δεδομένα που προκύπτουν από μια δράση, και έμμεσα μετρούν χαρακτηριστικά του ανθρώπινου σώματος. Η αναγνώριση υπογραφής, η ανίχνευση πληκτρολόγησης, και η ανίχνευση βηματισμού υπερέχουν στις συμπεριφοριστικές βιομετρικές τεχνολογίες. Ένα από τα χαρακτηριστικά καθορισμού της Συμπεριφοριστικής Βιομετρίας είναι η ενσωμάτωση του χρόνου σαν μετρική, δηλαδή η συμπεριφορά που μετράται έχει μια αρχή, μια μέση και ένα τέλος [12].

2.5.1 Αναγνώριση Φωνής (Voice Recognition)

Η χροιά της φωνής χρησιμοποιείται σαν βάση για την αξιόπιστη και ολοκληρωμένη αναγνώριση φωνής. Η αυτόματη αναγνώριση φωνής απαιτεί έλεγχο πάνω στις συνθήκες με τις οποίες οι χρήστες μιλούν, καθώς και στο τι λένε [2]. Τα θετικά χαρακτηριστικά, όπως τα αντιλαμβάνονται οι χρήστες της τεχνικής αναγνώρισης φωνής, είναι η απλότητα στη χρήση και η αποφυγή της πρόκλησης του αισθήματος διείσδυσης στη φυσική τους προσωπικότητα.

Τα αρνητικά χαρακτηριστικά έχουν να κάνουν κυρίως με την απόδοση του συστήματος, καθώς χρειάζεται πολύς χρόνος από τη στιγμή που μιλά ο χρήστης μέχρι να γίνει η ανάλυση του ήχου, καθώς οι περιβάλλοντες ήχοι μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα και το ίδιο το αποτέλεσμα.



Σχήμα 2.18: Καταγραφή της φωνής για επεξεργασία

Τέλος, η διαδικασία μπορεί να πλαστογραφηθεί αρκετά εύκολα, όπως π.χ. με τη χρήση ενός μαγνητοφώνου. Αν βέβαια το σύστημα δε βασίζεται στην ανάγνωση μιας προκαθορισμένης έκφρασης, αλλά προτείνει εκείνο στον χρήστη το τι πρέπει να πει (χρησιμοποιώντας πολύ πιο πολύπλοκους αλγόριθμους για την ανάλυση και πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη), τότε η αντιγραφή γίνεται σχεδόν αδύνατη. Η τελευταία περίπτωση, αξίζει να σημειώσουμε, δεν χρησιμοποιείται εκτενώς σήμερα, κυρίως λόγω του υπέρογκου κόστους.

2.5.2 Αναγνώριση υπογραφής (Signature Recognition)

Η υπογραφή, ως τρόπος πιστοποίησης της ταυτότητας ενός χρήστη, χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια. Τα βιομετρικά συστήματα έρχονται να εξετάσουν τη διαδικασία δημιουργίας μιας υπογραφής (ή την υπογραφή αυτή καθεαυτή) από ένα χρήστη, μια και αποτελεί ένα εκπαιδευμένο και ασυνείδητο αντανακλαστικό που η μίμησή του, ειδικά σε «πραγματικό χρόνο» είναι πολύ δύσκολη.

Η αναγνώριση γίνεται είτε στατικά, οπότε το σύστημα ελέγχει χαρακτηριστικά μιας ήδη δημιουργημένης υπογραφής, είτε δυναμικά, οπότε το σύστημα ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται μια υπογραφή [2].

Στην περίπτωση της στατικής αναγνώρισης, το σύστημα ελέγχει την υπογραφή για χαρακτηριστικά όπως: καμπύλες, κλίση των γραμμών, ασυνήθιστες κορυφές, διακοπές της γραφής, τρέμουλο κλπ.

Η δυναμική αναγνώριση κάνει την πλαστογραφία ακόμα πιο δύσκολη αφού μια πληθώρα χαρακτηριστικών, όπως ο ρυθμός γραφής, η δύναμη επαφής με την επιφάνεια, ο ολικός χρόνος γραφής, οι καμπύλες και η κλίση των γραμμών, η επιτάχυνση και ο μέσος όρος ταχύτητας γραφής κλπ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα από το σύστημα.

Οι τεχνικές μέτρησης περιλαμβάνουν εξοπλισμό, όπως μετρητές επιτάχυνσης και άγχους πάνω σε ένα ειδικά κατασκευασμένο στυλό, καθώς και μια ειδική επιφάνεια γραφής για τη διεξαγωγή των άλλων μετρήσεων.

Για τη σωστή όμως λειτουργία του συστήματος θα πρέπει την ώρα του ελέγχου να ελαχιστοποιείται η παρεμβολή στη διαδικασία της υπογραφής π.χ. απόσπαση της προσοχής του υπογράφοντος με ομιλία ή άλλον τρόπο. Οι χρήστες θα πρέπει να έχουν έναν καθορισμένο αριθμό προσπαθειών, ανάλογα πάντα με την προκαθορισμένη ανοχή του συστήματος. Πάντως, έχει παρατηρηθεί, ότι μερικοί χρήστες μπορεί να είναι πολύ αντιφατικοί στον τρόπο υπογραφής τους.



Σχήμα 2.19: Μέθοδος καταγραφής της υπογραφής

2.5.3 Βηματισμός (Gait)

Ο βηματισμός είναι ο ιδιαίτερος τρόπος που κάποιος περπατά και είναι μία σύνθετη χωρο-χρονική βιομετρική μέθοδος. Όπως και η αναγνώριση προσώπου, έτσι και αυτή είναι μια τεχνική που χρησιμοποιούν διαισθητικά οι άνθρωποι για να αναγνωρίσουν κάποιον. Ο βηματισμός δεν θεωρείται ότι είναι πολύ διακριτικός, αλλά αρκετά μεροληπτικός για να επιτρέψει την επαλήθευση σε μερικές εφαρμογές χαμηλής ασφάλειας. Ο βηματισμός είναι συμπεριφοριστικό χαρακτηριστικό και μπορεί να μην παραμένει σταθερός, ειδικά κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου, λόγω των

διακυμάνσεων στο βάρος του σώματος, σημαντικούς τραυματισμούς που περιλαμβάνουν αρθρώσεις ή εγκέφαλο, ή λόγω μέθης. Η απόκτηση του βηματισμού είναι παρόμοια με την απόκτηση μιας εικόνας προσώπου και ως εκ τούτου μπορεί να είναι μια αποδεκτή βιομετρική μέθοδος. Δεδομένου ότι τα συστήματα που βασίζονται στο βηματισμό χρησιμοποιούν το μήκος ακολουθίας video ενός ατόμου που περπατά για να μετρήσουν αρκετές διαφορετικές μετακινήσεις κάθε ευκρινούς άρθρωσης, αυτά είναι εντατικά και υπολογιστικά ακριβή [3].

2.5.4 Δυναμική πληκτρολόγησης (Keystroke Dynamics)

Η μέθοδος αυτή μετρά τα πρότυπα δακτυλογράφησης ενός ατόμου, τον τρόπο που πληκτρολογεί, δηλαδή την επαφή με το πληκτρολόγιο, τη στάση των χεριών, την πίεση που ασκεί καθώς και την ταχύτητα πληκτρολόγησης [10].

Υποτίθεται ότι κάθε άτομο δακτυλογραφεί σε ένα πληκτρολόγιο με έναν χαρακτηριστικό τρόπο. Αυτή η συμπεριφοριστική βιομετρία δεν αναμένεται να είναι μοναδική σε κάθε άτομο, αλλά προσφέρει ικανοποιητικές διεισδυτικές πληροφορίες για να επιτρέψει την επαλήθευση ταυτότητας. Η δυναμική πληκτρολόγησης είναι μια συμπεριφοριστική βιομετρική μέθοδος, που για μερικά άτομα μπορεί να αναμένει να παρατηρήσει μεγάλες παραλλαγές στα χαρακτηριστικά πρότυπα δακτυλογράφησης. Περαιτέρω, οι πληκτρολογήσεις ενός προσώπου που χρησιμοποιεί ένα σύστημα θα μπορούσαν να είναι ελεγχόμενες διακριτικά, όσο εκείνο το πρόσωπο πληκτρολογεί τις πληροφορίες [3].

Αυτή η τεχνική συνδυάζεται με τον παραδοσιακό κωδικό πρόσβασης για αυξανόμενη ασφάλεια [1]. Δεν απαιτεί οποιοδήποτε πρόσθετο υλικό για απόκτηση στοιχείων, δεδομένου ότι όλα τα στοιχεία συγκεντρώνονται από το πληκτρολόγιο. Επιπλέον, η διαδικασία είναι σχεδόν αόρατη στο χρήστη, δεδομένου ότι ο χρήστης καλείται μόνο να δακτυλογραφήσει τον κωδικό πρόσβασής του. Επιπλέον, η τεχνική είναι ιδιαίτερα εύκαμπτη, αφού προσαρμόζεται στις αλλαγές κωδικού πρόσβασης. Εντούτοις, η μέθοδος είναι αρκετά νέα, και τα υποκείμενα ζητήματα δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως. Τέλος, η ανίχνευση πληκτρολόγησης κληρονομεί όλες τις ρωγμές των συστημάτων που βασίζονται σε κωδικούς πρόσβασης.

2.6 Σύγκριση Βιομετρικών Συστημάτων

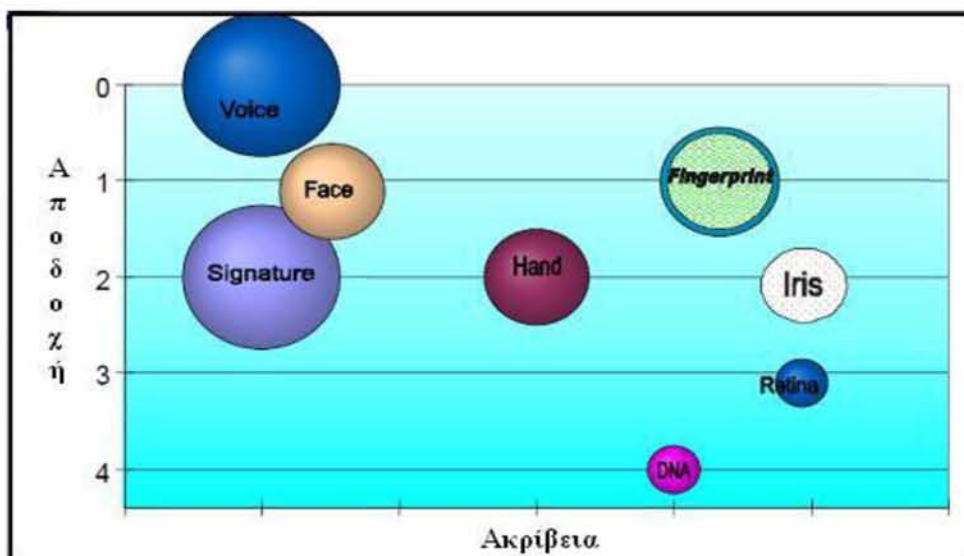
Μια συνοπτική σύγκριση των ανωτέρω βιομετρικών τεχνικών που βασίζεται στους επτά παράγοντες που αναλύσαμε στο Κεφάλαιο I παρέχεται στον Πίνακα 2.1. Η δυνατότητα εφαρμογής μιας συγκεκριμένης βιομετρικής τεχνικής εξαρτάται από τις απαιτήσεις στην περιοχή εφαρμογής. Καμία τεχνική δεν μπορεί να ξεπεράσει όλες τις άλλες σε όλα τα λειτουργικά περιβάλλοντα. Από αυτή την άποψη, κάθε βιομετρική τεχνική είναι αποδεκτή και δεν υπάρχει κανένα βέλτιστο βιομετρικό χαρακτηριστικό. Παραδείγματος χάριν, είναι γνωστό ότι οι τεχνικές που βασίζονται στο δακτυλικό αποτύπωμα και την ίριδα είναι ακριβέστερες από την τεχνική που βασίζεται στη φωνή.

Εντούτοις, σε μια εφαρμογή tele-banking, η μέθοδος με χρήση της φωνής μπορεί να προτιμηθεί δεδομένου ότι μπορεί να ενσωματωθεί άκοπα στο υπάρχον τηλεφωνικό σύστημα.

Πίνακας 2.1: Σύγκριση διαφορετικών βιομετρικών μεθόδων (Υ: Υψηλή, Μ: Μεσαία, Χ: Χαμηλή) (Πηγή [3])

Βιομετρική Μέθοδος	Οικουμενικότητα	Μοναδικότητα	Σταθερότητα	Συλλεκτικότητα	Επίδοση	Αποδοχή	Αντοχή στην Πλαστογράφηση
DNA	Υ	Υ	Υ	Χ	Υ	Χ	Χ
Αυτί	Μ	Μ	Υ	Μ	Μ	Υ	Μ
Πρόσωπο	Υ	Χ	Μ	Υ	Χ	Υ	Υ
Δακτυλικό αποτύπωμα	Μ	Υ	Υ	Μ	Υ	Μ	Μ
Βηματισμός	Μ	Χ	Χ	Υ	Χ	Υ	Μ
Γεωμετρία Χεριού	Μ	Μ	Μ	Υ	Μ	Μ	Μ
Ίριδα	Υ	Υ	Υ	Μ	Υ	Χ	Χ
Πληκτρολόγηση	Χ	Χ	Χ	Μ	Χ	Μ	Μ
Αποτύπωμα Παλάμης	Μ	Υ	Υ	Μ	Υ	Μ	Μ
Αμφιβληστροειδής χιτώνας	Υ	Υ	Μ	Χ	Υ	Χ	Χ
Υπογραφή	Χ	Χ	Χ	Υ	Χ	Υ	Υ
Φωνή	Μ	Χ	Χ	Μ	Χ	Υ	Υ

Στο Σχήμα 2.10 γίνεται μια γραφική αναπαράσταση της αποδοχής σε σύγκριση με την ακρίβεια στις πρωτεύουσες βιομετρικές τεχνολογίες. Στον Πίνακα 2.2 μπορούμε να δούμε κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά που διαθέτουν τα διάφορα Βιομετρικά Συστήματα, όπως ο χρόνος απόκρισης, η αναγκαία απόσταση από τον αισθητήρα, κόστος κλπ.



Σχήμα 2.20: Αποδοχή Vs Ακρίβεια για διάφορες Βιομετρικές Μεθόδους

Πίνακας 2.2: Διάφορα χαρακτηριστικά βασικών Βιομετρικών Μεθόδων (Πηγή [18])

Βιομετρική μέθοδος/ Χαρακτηριστικό	Δακτυλικό αποτύπωμα	Πρόσωπο	Γεωμετρία χεριού	Ίριδα	Αμφιβλη-στροειδής χιτώνας	Φωνή	Υπογραφή
Επαλήθευση/ Ταυτοποίηση	Και τα δυο	Και τα δυο	Επαλήθευση	Και τα δυο	Και τα δυο	Επαλήθευση	Επαλήθευση
Ακρίβεια	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ Υψηλή	Πολύ Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Επίπεδο Ασφάλειας	Υψηλό	Μέτριο	Μέτριο	Πολύ Υψηλό	Πολύ Υψηλό	Μέτριο	Μέτριο
Μοναδικότητα	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ευρωστία	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Αποδοχή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Πολύ Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Απόσταση	Επαφή	12+ inches	Επαφή	12+ inches	1-2 inches	Απομακρυσμένη	Επαφή
Ευκολία χρήσης	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Μέγεθος πρωτοτύπου	512-1000 B	100-3500 B	9 B	256 B	96 B	3-15 KB	50-300 B
Χρόνος Χρήσης	2-3 δευτερόλεπτα	3-6 δευτερόλεπτα	2-3 δευτερόλεπτα	3-6 δευτερόλεπτα	5-9 δευτερόλεπτα	4-7 δευτερόλεπτα	4-6 δευτερόλεπτα
Κόστος	Χαμηλό	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Χαμηλό
Πιθανή παρέμβαση	Ξηρότητα, Ρύπος, Ηλικία, Φυλή	Φωτισμός, Μαλλιά, Ηλικία, Γυαλιά	Τραυματισμός χεριού, Ηλικία	Χαμηλός φωτισμός	Γυαλιά	Θόρυβος, Κρυστάλλωμα	Αλλαγή Υπογραφών

2.7 Κινητές βιομετρικές μέθοδοι

Οι κινητές βιομετρικές μέθοδοι ορίζονται ως βιομετρικές τεχνολογίες στις οποίες η συσκευή «σύλληψης», είτε είναι φορητή, είτε προσαρτημένη πάνω σε κάποια φορητή συσκευή. Οι κινητές βιομετρικές συσκευές διαφέρουν από άλλες βιομετρικές μεθόδους στις οποίες δεν απαιτείται άμεση, φυσική σύνδεση με ένα κεντρικό σύστημα για κάποια ή όλα τα βήματα των διαδικασιών της υποβολής, της αντιστοίχισης και της εξακρίβωσης.

Αυτή η ικανότητα να «συλλαμβάνουν» δείγματα και σε αρκετές περιπτώσεις να κάνουν αντιστοίχιση στο δρόμο χρησιμοποιώντας μια κινητή συσκευή, δίνει τη δυνατότητα σε αυτούς που τις αναπτύσσουν να αποστείλουν μια μεγαλύτερη ποικιλία θεμάτων, συμπεριλαμβάνοντας το ενδιαφέρον για ιδιωτικότητα και διαλειτουργικότητα με τις ήδη υπάρχουσες υποδομές πρόσβασης. Κάποιες από τις τεχνολογίες που έχουν ενσωματωθεί στις κινητές συσκευές περιλαμβάνουν υποστήριξη για Συστήματα Αυτοματοποιημένης Αναγνώρισης Δακτυλικού Αποτυπώματος (Automated Fingerprint Identification Systems - AFIS), με εξακρίβωση δακτυλικού αποτυπώματος και σε μικρότερη έκταση αναγνώριση ίριδας, αναγνώριση προσώπου και αναγνώριση φωνής.

Για να χρονολογήσουμε, το υψηλότερο επίπεδο προσοχής των μέσων μαζικής ενημέρωσης σε αυτό τον τομέα ήταν η ενσωμάτωση ενός βιομετρικού αισθητήρα σε μια κινητή συσκευή όπως το PDA, ο φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής ή το κινητό

τηλέφωνο για να επιτρέψει την εξακρίβωση του χρήστη για την πρόσβαση στη συσκευή, την πρόσβαση με κωδικό σε κάποιο υπολογιστή ή για τον ενδεχόμενο σκοπό εξακρίβωσης εμπορικών συναλλαγών.

Μέσα σε οποιαδήποτε βιομετρική τεχνολογία, οι συσκευές «σύλληψης» μπορεί να ποικίλουν/διαφέρουν σε:

- **διαμόρφωση παραγόντων** - περιέχει το μέγεθος και το σχήμα της συσκευής,
- **βιομετρική λειτουργικότητα** - περιέχει τις δυνατότητες και τους περιορισμούς και
- **διεπαφή επικοινωνίας** - περιγράφει πως επικοινωνεί η συσκευή με το κεντρικό σύστημα.

Ακόμη ένα σημαντικό επίτευγμα των τελευταίων χρόνων είναι οι τεχνολογίες σε μέγεθος κάρτας ή μπρελόκ που μπορούν να διευκολύνουν την καταγραφή, την αντιστοίχιση και την ασύρματη μετάδοση μιας επιτυχημένης ταυτοποίησης, πράγμα που σημαίνει πως όλες αυτές οι διαδικασίες εκτελούνται χωρίς την ανάγκη διασύνδεσης με κάποια εξωτερική συσκευή.

Συνοψίζοντας, είναι ξεκάθαρο ότι υπήρξαν ουσιαστικές προόδους στη κινητή βιομετρία μέχρι σήμερα. Όσο, λοιπόν, η βιομετρική βιομηχανία συνεχίζει να παράγει προϊόντα προσανατολισμένα στη λύση που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του τελικού χρήστη, είναι βέβαιο πως θα αρχίσουν να ξετάζονται κάποια από τα κενά που υπήρχαν στο παρελθόν. Κάποια από τα θέματα που θα χρειαστεί να λυθούν περιλαμβάνουν το κόστος των συσκευών, που είναι ακόμη σχετικά υψηλό, όπως επίσης και η απόδειξη της βιωσιμότητας και της απόδοσης αυτών των συσκευών κατά τη διάρκεια της επέκτασής τους σε πραγματικά περιβάλλοντα. Εντούτοις, η δυνατότητα για κινητή βιομετρία είναι υπολογίσιμη, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες τεχνολογικές προόδους σε αυτό τον τομέα.

2.8 Ανάπτυξη γενικών κατευθύνσεων στις βιομετρικές τεχνολογίες

Ο κλάδος της βιομετρικής τεχνολογίας εξελίσσεται ταχύτατα όπως έχουμε αναφέρει. Δύο προσεγγίσεις όμως αναμένεται να αναπτυχθούν και να χρησιμοποιηθούν ευρύτατα τα προσεχή χρόνια, ο πολύ-βιομετρικός συνδυασμός καθώς και οι έξυπνες κάρτες.

Ένα βιομετρικό σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογία με περισσότερους από έναν πυρήνες για την ταυτοποίηση χρηστών αναφέρεται ως *multimodal* (αντίθεση με το *monomodal*). Σήμερα αναγνωρίζεται ότι η βιομετρική εξακρίβωση στοιχείων μπορεί να έχει καλύτερη απόδοση αν στη διαδικασία αντιστοίχισης εμπλέκονται περισσότερες από μία βιομετρικές μέθοδοι. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με πολλαπλά δείγματα της ίδιας βιομετρικής μεθόδου ή με τη χρήση διαφορετικών βιομετρικών μεθόδων (όπως για παράδειγμα συνδυασμός δακτυλικού αποτυπώματος και εικόνας προσώπου).

Αφού οι περισσότερες μέθοδοι έχουν μειονεκτήματα, η ιδέα της δημιουργίας multimodal βιομετρικών συστημάτων κερδίζει ιδιαίτερη προσοχή.

Υπάρχουν τρεις τύποι multimodality στο βιομετρικό σύστημα: σύγχρονη (*synchronous*), ασύγχρονη (*asynchronous*) και συνδυασμός τους (*either/or*). Η

synchronous multimodality περιγράφει συστήματα που απαιτούν ότι ένας χρήσης εξακριβώνει τα στοιχεία του μέσω πολλών βιομετρικών μεθόδων στη σειρά/διαδοχικά. Η *asynchronous multimodality* περιλαμβάνει τη χρήση πολλαπλών βιομετρικών τεχνολογιών σε μία μόνο διαδικασία πιστοποίησης στοιχείων. Η *either/or multimodality* περιγράφει συστήματα τα οποία προσφέρουν πολλαπλές βιομετρικές τεχνολογίες, αλλά απαιτούν εξακρίβωση μέσω μίας μόνο τεχνολογίας.

Οι βιομετρικές μέθοδοι είναι μια τεχνολογία πιστοποίησης στοιχείων, ενώ οι έξυπνες κάρτες μπορεί να είναι τεχνολογία αποθήκευσης και/ή επεξεργασίας στοιχείων. Οι δύο αυτές τεχνολογίες αναπτύσσονται μαζί όλο και περισσότερο, ενισχύοντας έτσι η μια τις δυνατότητες της άλλης. Τυπικά, τα βιομετρικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια έξυπνη κάρτα, η αντιστοίχιση μπορεί να λάβει χώρα σε ένα τοπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή ή σε έναν κεντρικό εξυπηρετητή, στον ίδιο τον αναγνώστη (reader) ακόμη και μέσα στην εσωτερική μνήμη της έξυπνης κάρτας.

3 ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1 Πρότυπα (Standards)

Τα πρότυπα για τη συλλογή, αποθήκευση και διανομή βιομετρικών δεδομένων είναι εξαιρετικά σημαντικά για την κυβέρνηση και τα ιδιωτικά συστήματα [7].

Ο Διεθνής Οργανισμός για Προτυποποίηση (International Organization for Standardization - ISO) και η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission - IEC) στον οδηγό τους 2:2004 ορίζει ένα πρότυπο ως «ένα πρωτότυπο έγγραφο, που καθιερώνεται ομόφωνα και παρέχει κανόνες, οδηγίες ή χαρακτηριστικά για δραστηριότητες ή τα αποτελέσματά τους» [7]. Ο ιστοχώρος του Biometric Consortium ορίζει τα πρότυπα ως «ένα γενικό σύνολο κανόνων, στο οποίο όλες οι διαδικασίες συμμορφώνονται, καθώς επίσης πρέπει να τηρούνται από τα προϊόντα ή την έρευνα» [7]. Τα πρότυπα διαδραματίζουν ένα σπουδαίο ρόλο στη καθημερινή ζωή καθιερώνοντας το μέγεθος, τη διαμόρφωση, ή το πρωτόκολλο ενός προϊόντος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος. Τα πρότυπα προσδιορίζουν την επίδοση των προϊόντων ή του προσωπικού και επίσης καθορίζουν τους όρους, έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία παρανόηση μεταξύ εκείνων που χρησιμοποιούν τα πρότυπα. Για παραδείγματα, τα πρότυπα βοηθούν να εξασφαλιστεί ότι το φιλμ που εφαρμόζεται σε φωτογραφικές μηχανές 35mm μπορεί να αγοραστεί οπουδήποτε στον κόσμο, ότι μια λάμπα φωτός ταιριάζει σε μια υποδοχή και ότι πρίζες για τις ηλεκτρικές συσκευές ταιριάζουν στις εξόδους. Με πρότυπα σχεδιασμού και επίδοσης, σπίτια, εργασιακοί χώροι και δημόσια κτίρια είναι ασφαλέστερα από την κατάρρευση, την πυρκαγιά και την έκρηξη.

Για οποιαδήποτε δεδομένη τεχνολογία, τα πρότυπα βεβαιώνουν τη διαθεσιμότητα πολλαπλών πηγών για συγκρίσιμα προϊόντα και ανταγωνιστικά-διατιμημένα προϊόντα στην αγορά. Τα πρότυπα υποστηρίζουν την επέκταση της αγοράς.

Η βιομετρία είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται εναλλακτικά για να περιγράψει ένα χαρακτηριστικό ή μια διαδικασία. Σαν χαρακτηριστικό, βιομετρικό είναι ένα μετρήσιμο βιολογικό (ανατομικό και φυσιολογικό) και συμπεριφοριστικό χαρακτηριστικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτοματοποιημένη αναγνώριση. Σαν διαδικασία, βιομετρική είναι μια αυτοματοποιημένη μέθοδος αναγνώρισης ενός ατόμου βασισμένη σε μετρήσιμα βιολογικά (ανατομικά και φυσιολογικά) και συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά.

Τα βιομετρικά πρότυπα διευκρινίζουν: διατάξεις για την ανταλλαγή βιομετρικών δεδομένων, κοινές μορφές αρχείου που παρέχουν πλατφόρμα ανεξαρτησίας και διαχωρισμό μεταφοράς του συντακτικού από καθορισμό περιεχομένου, διεπαφές προγράμματος εφαρμογής και σχεδιαγράμματα εφαρμογής, ορισμούς και υπολογισμούς μετρικής της επίδοσης, προσεγγίσεις στον έλεγχο επίδοσης και απαιτήσεις για αναφορά των αποτελεσμάτων των ελέγχων επίδοσης.

Τα πρότυπα επιτρέπουν την ανάπτυξη των ενσωματωμένων, εξελικτικών, και ισχυρών λύσεων και μειώνουν το κόστος της ανάπτυξης και τη συντήρηση των λύσεων

συστημάτων. Τα βιομετρικά πρότυπα έχουν αναπτυχθεί και αναπτύσσονται αυτήν την περίοδο και στα εθνικά και στα διεθνή επίπεδα. Αυτές οι προσπάθειες εστιάζουν στη δημιουργία ενός τυποποιημένου συνόλου ορισμών ανταλλαγής βιομετρικών δεδομένων, στην ανάπτυξη προτύπων για να προωθήσουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων συστημάτων, και στη δημιουργία προτύπων για έλεγχο της βιομετρίας και για τον έλεγχο της προσαρμογής στα βιομετρικά πρότυπα. Τα πρότυπα πρέπει να είναι τεχνολογικά ουδέτερα και να μην ευνοούν οποιοδήποτε συγκεκριμένο προμηθευτή ή μέθοδο.

Γενικά, η χρήση προτύπων είναι προαιρετική. Εντούτοις, τα πραγματικά οφέλη των προτύπων γίνονται αντιληπτά από τους οργανισμούς που απαιτούν την εφαρμογή και τη χρήση των προτύπων. Μερικοί οργανισμοί διατηρούν ένα χώρο τήρησης μητρώων ή μια βάση δεδομένων προτύπων που πρέπει να εφαρμοστούν στην απόκτηση, την ανάπτυξη, και τη διατήρηση των συστημάτων. Αυτοί οι οργανισμοί δεν θα αγοράσουν τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που δεν προσαρμόζονται σε τέτοια απαραίτητα πρότυπα.

Ένα καλό σημείο έναρξης για περισσότερες πληροφορίες για συγκεκριμένα πρότυπα είναι οι ιστοχώροι των οργανώσεων που βοηθούν να αναπτύξουν τα πρότυπα, π.χ., <http://www.iso.org>, <http://www.ansi.org>, <http://www.nist.gov>, κ.λπ. Υπάρχουν επίσης πρόσθετοι πόροι διαθέσιμοι όπως NSSN: Ένας εθνικός πόρος για σφαιρικά πρότυπα (<http://www.nssn.org/search.html>) και το Δίκτυο υπηρεσιών παγκόσμιων προτύπων (<http://www.wssn.net/WSSN/index.html>).

3.1.1 Τύποι Βιομετρικών Προτύπων (Biometric Standards)

Τα βιομετρικά πρότυπα περιλαμβάνουν κάποιους τύπους, αλλά δεν περιορίζονται σε [7]:

1. **Τεχνικές διεπαφές** - διευκρινίζουν διεπαφές και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των βιομετρικών συστατικών και των υποσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένου της πιθανής χρήσης μηχανισμών ασφαλείας για να προστατεύσουν τα αποθηκευμένα δεδομένα και τα δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ των συστημάτων και διευκρινίζουν την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία των βιομετρικών συστημάτων, προκειμένου να προσδιοριστούν τα πρότυπα που απαιτούνται για να υποστηρίξουν multi-vendor συστήματα και τις εφαρμογές τους. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν το ANSI INCITS 358-2002 BioAPI Specification v1.1 και ANSI INCITS 398-2005 [NISTIR 6529-A] Common Biometric Exchange File Format (CBEFF).
2. **Διατάξεις ανταλλαγής δεδομένων** - διευκρινίζουν το περιεχόμενο, την έννοια, και την αντιπροσώπευση των μορφών για ανταλλαγή βιομετρικών δεδομένων, π.χ. πρότυπο δακτύλου βασισμένο σε μορφή ανταλλαγής, μορφή μικρολεπτομερειών δακτύλων για ανταλλαγή δεδομένων, μορφή αναγνώρισης προσώπου για ανταλλαγή δεδομένων, μορφή ανταλλαγής ίριδας, εικόνα δακτύλου βασισμένη σε μορφή ανταλλαγής, εικόνα υπογραφής που βασίζεται σε μορφή ανταλλαγής, μορφή ανταλλαγής γεωμετρίας χεριών και διευκρινίζουν τις

διατάξεις σημείωσης και μεταφοράς που παρέχουν στην πλατφόρμα ανεξαρτησίας και διαχωρισμό μεταφοράς της σύνταξης από τον καθορισμό περιεχομένου. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ANSI INCITS 377-2004 Finger Pattern Based Interchange Format, ANSI INCITS 378-2004 Finger Minutiae Format for Data Interchange και ANSI INCITS 379-2004 Iris Image Interchange Format.

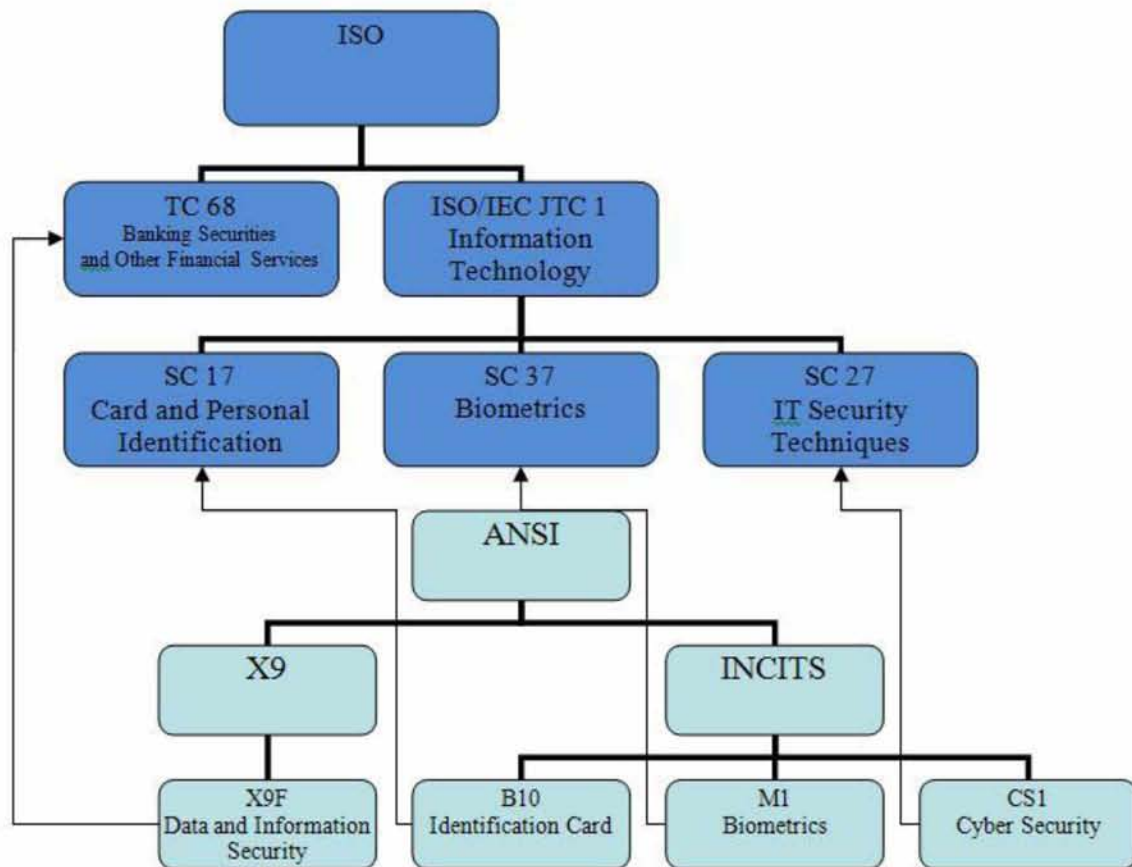
3. **Πρότυπα σχεδιαγράμματος εφαρμογής** - διευκρινίζουν ένα ή περισσότερα θεμελιώδη πρότυπα και τα τυποποιημένα σχεδιαγράμματα, που είναι εφαρμόσιμα, την ταυτοποίηση των επιλεγμένων κατηγοριών, προσαρμοσμένα υποσύνολα, επιλογές, και παραμέτρους αυτών των θεμελιωδών προτύπων ή των τυποποιημένων σχεδιαγραμμάτων που είναι απαραίτητες για να ολοκληρώσουν μια ιδιαίτερη λειτουργία. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν ANSI INCITS 383-2003 επαλήθευση και ταυτοποίηση της μεταφοράς εργαζομένων που βασίζονται στη Βιομετρία (Biometrics-Based Verification and Identification of Transportation Workers) και ANSI INCITS 394-2004 δεδομένα ανταλλαγής και δεδομένα ακεραιότητας της βασισμένης στη Βιομετρία προσωπικής ταυτοποίησης για τη διαχείριση των συνόρων (Data Interchange and Data Integrity of Biometric-Based Personal Identification for Border Management).
4. **Έλεγχος και αναφορά επίδοσης** – διευκρινίζουν ορισμούς και υπολογισμούς της μετρικής της βιομετρικής επίδοσης, προσεγγίσεις στη δοκιμαστική επίδοση και απαιτήσεις για την αναφορά των αποτελεσμάτων τέτοιων ελέγχων. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν ANSI INCITS 409.1-2005 Biometric Performance Testing and Reporting Part 1 - Principles Framework, ANSI INCITS 409.2-2005 Biometric Performance Testing a Reporting Part 2 - Technology Testing Methodology και ANSI INCITS 409.3-2005 Biometric Performance Testing and Reporting Part 3 - Scenario Testing Methodologies.

3.1.2 Οργανισμοί ανάπτυξης βιομετρικών προτύπων

Σε μερικούς από τους καλύτερους γνωστούς οργανισμούς ανάπτυξης προτύπων (Standards Development Organizations - SDOs) και σε κυβερνητικά πρακτορεία που υποστηρίζουν την ανάπτυξη προτύπων στη Βιομετρία συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθοι οργανισμοί [7]:

1. Διεθνής Επιτροπή για τα Πρότυπα της Τεχνολογίας Πληροφοριών (International Committee for Information Technology - INCITS) M1
2. Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology - NIST)
3. Συντονισμένη Τεχνική Επιτροπή 1 (Joint Technical Committee 1 - JTC 1) / Υποεπιτροπή (Subcommittee 37 - SC 37)
4. Οργανισμός για την Πρόοδο Προτύπων Δομημένων Πληροφοριών (Organization for the Advancement of Structured Information Standards - OASIS)

Κάθε μια από τις ακόλουθες υποενότητες παρέχει μια συνοπτική περιγραφή για κάθε SDO.



Σχήμα 3.1: Γράφημα των οργανισμών ανάπτυξης προτύπων (Μπλε: Διεθνές Σώμα Προτύπων, Γαλάζιο: Εθνικό Σώμα Προτύπων, Βελάκια: U.S Technical Advisory Group for ISO Subcommittee)

1. INCITS M1

Το INCITS είναι αναγνωρισμένο και λειτουργεί σύμφωνα με τους κανόνες που εγκρίνονται από το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων (American National Standards Institute - ANSI). Το INCITS είναι το πρωταρχικό αμερικανικό επίκεντρο της τυποποίησης στον τομέα των Τεχνολογιών της Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Information and Communications Technologies - ICT), που καλύπτει την αποθήκευση, επεξεργασία, μεταφορά, παρουσίαση, διαχείριση, οργάνωση και ανάκτηση των πληροφοριών. Το INCITS χρησιμεύει επίσης ως Τεχνική Συμβουλευτική Ομάδα του ANSI (Technical Advisory Group - TAG) για το ISO/IEC της Συντονισμένης Τεχνικής Επιτροπής 1 (JTC 1), η οποία είναι αρμόδια για τη διεθνή τυποποίηση στον τομέα της Τεχνολογίας Πληροφοριών.

Τον Νοέμβριο του 2001, το INCITS ίδρυσε το M1 με την ιδιότητα μέλους ανοικτή σε οποιοδήποτε οργανισμό (π.χ., ακαδημαϊκά ινστιτούτα, Ομοσπονδιακές Υπηρεσίες, επιχειρήσεις) άμεσα και υλικά επηρεασμένα από τις δραστηριότητες του M1. Ως αμερικανικό TAG στο SC 37, το INCITS M1 είναι αρμόδιο για την καθιέρωση των

αμερικανικών θέσεων και συνεισφορών στο SC 37, καθώς επίσης και την αντιπροσώπευση των ΗΠΑ στις συνεδριάσεις του SC 37. Το M1 έχει προς το παρόν πέντε μόνιμες ομάδες εργασίας:

- **M1.2 Βιομετρικές τεχνικές διεπαφές** - αναπτύσσει πρότυπα για τις διεπαφές και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστατικών βιομετρικού συστήματος και υποσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένου της πιθανής χρήσης των μηχανισμών ασφάλειας για να προστατεύσουν τα αποθηκευμένα δεδομένα και τα δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ συστημάτων.
- **M1.3 Διατάξεις ανταλλαγής βιομετρικών δεδομένων** - αναπτύσσει πρότυπα για το περιεχόμενο, την έννοια, και την αντιπροσώπευση των μορφών ανταλλαγής βιομετρικών δεδομένων.
- **M1.4 Βιομετρικά σχεδιαγράμματα** - αναπτύσσει τα πρότυπα σχεδιαγράμματος για να εξασφαλίσει τη διαλειτουργικότητα των βιομετρικών πληροφοριών μέσα σε συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ., βασισμένη στη βιομετρική επαλήθευση και ταυτοποίηση μεταφοράς εργαζομένων, διαχείριση συνόρων, θέση πώλησης).
- **M1.5 Έλεγχος και αναφορά βιομετρικής επίδοσης** - αναπτύσσει τα πρότυπα για ορισμούς και υπολογισμούς της μετρικής της βιομετρικής επίδοσης και προσεγγίσεις για να ελέγξει την επίδοση και απαιτήσεις για αναφορά των αποτελεσμάτων από αυτές τις δοκιμές.
- **M1.6 Κοινωνικές πτυχές των βιομετρικών εφαρμογών** - αναπτύσσει τις τεχνικές εκθέσεις που εξετάζουν τη μελέτη και τυποποίηση των τεχνικών λύσεων σε θέματα δικαιοδοσίας και κοινωνικές πτυχές των βιομετρικών εφαρμογών.

Εκτός από τις μόνιμες ομάδες εργασίας, το M1 έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει τις ειδικές ομάδες για να εκτελέσει ένα συγκεκριμένο στόχο και μια αναφορά πίσω από το γονικό σώμα, π.χ. M1 ή M1.3. Με την ολοκλήρωση της αναφοράς του, ή στη δεύτερη συνεδρίαση του γονικού σώματος ακολουθώντας την καθιέρωση μιας ειδικής ομάδας, η ειδική ομάδα διαλύεται εκτός αν υπάρχει ικανοποιητικός λόγος για να παραταθεί η διάρκειά της. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την Ειδική Ομάδα σχετικά με την Ποιότητα Δεδομένων (Ad Hoc Group on Data Quality - QUAHOG), την Ειδική Ομάδα για τη χρήση BioAPI για να υποστηρίξει τη Σύλληψη Δέκα-αποτυπωμάτων (Ad Hoc Group on the Use of BioAPI to Support Ten-print Capture - AHGUBSTC), η Ειδική Ομάδα σχετικά με το Round Robin Testing (Ad Hoc Group on Round Robin Testing - AHGRRT), και η Ειδική Ομάδα σχετικά με τους Κανόνες Κωδικοποίησης INCITS 378 (Ad Hoc Group on INCITS 378 Encoding Rules - AHGIER). Επειδή μια ειδική ομάδα είναι περιορισμένη στη διάρκεια και στο σκοπό, η δουλειά της μπορεί να διεξάγεται λιγότερο τυπικά από αυτή οποιασδήποτε άλλης INCITS Οργανωτικής Οντότητας (INCITS Organizational Entity - IOE), έτσι η τεκμηρίωση της αναφοράς της χρησιμεύει ως το κύριο αρχείο της ομάδας.

2. Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology - NIST)

Κάτω από το νόμο διοικητικής μεταρρύθμισης της τεχνολογίας πληροφοριών (Δημόσιο δίκαιο 104-106), ο γραμματέας κοινωνικών σχέσεων εγκρίνει πρότυπα και οδηγίες που αναπτύσσονται από το NIST για ομοσπονδιακά συστήματα υπολογιστών. Αυτά τα πρότυπα και οι οδηγίες εκδίδονται από το NIST ως πρότυπα επεξεργασίας ομοσπονδιακών πληροφοριών (Federal Information Processing Standards - FIPS) για τη ευρεία χρήση από όλη την κυβέρνηση. Εκτός από το ότι είναι το προεξάρχον εθνικό ερευνητικό εργαστήριο μετρήσεων, το NIST αναπτύσσει FIPS όταν υπάρχουν αναγκαστικές απαιτήσεις της ομοσπονδιακής κυβέρνησης, όπως για ασφάλεια και διαλειτουργικότητα, για τις οποίες δεν υπάρχουν αποδεκτά βιομηχανικά πρότυπα ή λύσεις. Τα FIPS δεν ισχύουν για τα εθνικά συστήματα ασφάλειας. Άλλα έγγραφα που δημοσιεύονται από το NIST περιλαμβάνουν NIST Εκθέσεις οργανισμού διαμεσολάβησης (NIST Interagency Reports - NISTIR) και Ειδικές Δημοσιεύσεις NIST (NIST Special Publications). Τα παραδείγματα αυτών είναι NISTIR 6529-A, Common Biometric Exchange Formats Framework (CBEFF) και NIST Special Publication SP 500-245, «ANSI/NIST-ITL 1-2000 Data Format the Interchange of Fingerprint, Facial, & Scar Mark & Tattoo (SMT) Information» αντίστοιχα.

3. JTC 1/SC 37

Το JTC 1/SC 37 είναι αρμόδιο για διεθνή προγράμματα προτυποποίησης για γενικές βιομετρικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν ανταλλαγή δεδομένων, διαλειτουργικότητα, και έλεγχο. Καθιερώθηκε τον Ιούνιο του 2002 από το JTC 1, το SC 37 έχει είκοσι ένα συμμετέχοντα κράτη - μέλη, έξι κράτη παρατηρητών, και έντεκα συνδέσμους οργανισμών. Όπως με το INCITS M1, το SC 37 έχει διατηρήσει δραστηριότητες γρήγορου ρυθμού ανάπτυξης από την έναρξή του, λόγω της αυξανόμενης απαίτησης για αποδεδειγμένες βιομετρικές τεχνολογίες. Για να διαχειριστούν αυτές τις προσπάθειες, το SC 37 έχει οργανώσει επίσης διάφορες ομάδες εργασίας (Working Groups - WGs) που ευθυγραμμίζονται πολύ με τις M1 ομάδες εργασίας:

- **Ομάδα εργασίας 1 Εναρμονισμένο Βιομετρικό Λεξιλόγιο (WG1 Harmonized Biometric Vocabulary)** - αναπτύσσει προτυποποιημένους ορισμούς για τους όρους βιομετρικού λεξιλογίου.
- **Ομάδα εργασίας 2 Βιομετρικές Τεχνικές Διεπαφές (WG2 Biometric Technical Interfaces)** - αναπτύσσει διεθνή πρότυπα για BioAPI και CBEFF, καθώς επίσης και διάφορα άλλα σχετικά προγράμματα.
- **Ομάδα εργασίας 3 Διατάξεις Ανταλλαγής Βιομετρικών Δεδομένων (WG3 Biometric Data Interchange Formats)** - αναπτύσσει διεθνείς εκδόσεις πρότυπων για διατάξεις ανταλλαγής βιομετρικών δεδομένων.
- **Ομάδα εργασίας 4 Βιομετρική Λειτουργική Αρχιτεκτονική και Συναφή Σχεδιαγράμματα (WG4 Biometric Functional Architecture and Related Profiles)** - αναπτύσσει διεθνή πρότυπα βιομετρικού σχεδιαγράμματος για να υποστηρίξει τη βιομετρική διαλειτουργικότητα σε εφαρμογές.

- *Ομάδα εργασίας 5 Βιομετρικός Έλεγχος και Υποβολή αναφοράς (WG5 Biometric Testing and Reporting)* - αναπτύσσει διεθνή πρότυπα για βιομετρική επίδοση ελέγχου και αναφοράς.
- *Ομάδα εργασίας 6 Δικαιοδοτικές και Κοινωνικές Πτυχές (WG6 Cross-jurisdictional and Societal Aspects)* – πρόσφατα αναπτυσσόμενη μια διεθνή τεχνική αναφορά σε ζητήματα ιδιωτικότητας και άλλους κοινωνικούς προβληματισμούς σχετικά με βιομετρικά πρότυπα.

4. OASIS

OASIS είναι μια μη κερδοσκοπική, διεθνής κοινοπραξία που οδηγεί την ανάπτυξη, τη σύγκλιση, και τη θέσπιση προτύπων ηλεκτρονικού εμπορίου. Η κοινοπραξία παράγει πρότυπα υπηρεσιών Διαδικτύου μαζί με πρότυπα για την ασφάλεια, το ηλεκτρονικό εμπόριο, και τις προσπάθειες προτυποποίησης στο δημόσιο τομέα και για αγορές ειδικές ανά εφαρμογή. Ιδρυμένο το 1993, το OASIS έχει περισσότερους από 5.000 συμμετέχοντες που αντιπροσωπεύουν πάνω από 600 οργανισμούς και ξεχωριστά μέλη σε 100 χώρες.

Το OASIS XML Κοινή Βιομετρική Μορφή (XML Common Biometric Format - XCBF) παρέχει έναν πρότυπο τρόπο για να περιγράψει πληροφορίες που ελέγχουν την ταυτότητα και βασίζεται σε ανθρώπινα χαρακτηριστικά όπως το DNA, τα δακτυλικά αποτυπώματα, την ανίχνευση ίριδας και τη γεωμετρία χεριών. Η OASIS XCBF Τεχνική Επιτροπή όρισε ένα κοινό σύνολο ασφαλών κωδικοποιήσεων XML για τις μορφές υπό προστασία που προσδιορίστηκαν στο CBEFF (NISTIR 6529). Αυτές οι κωδικοποιήσεις XML βασίζονται στην ASN.1 μορφή που καθορίζεται στο ANSI X9.84:2003 Διαχείριση και Ασφάλεια Βιομετρικών Πληροφοριών. Προσαρμόζονται στους κανόνες κωδικοποίησης XML (XML Encoding Rules - XER) για ASN.1 που καθορίζεται στο ITU-T X.693, και στηρίζεται στις απαιτήσεις ασφάλειας και επεξεργασίας που ειδικεύτηκε στη σύνταξη κρυπτογραφικού μηνύματος X9.96 XML (X9.96 XML Cryptographic Message Syntax - XCMS). Η γλώσσα σήμανσης ισχυρισμού ασφάλειας (Security Assertion Markup Language - SAML), που αναπτύχθηκε από την Τεχνική Επιτροπή υπηρεσιών ασφάλειας της OASIS, είναι ένα πλαίσιο βασισμένο σε XML για την πιστοποίηση χρηστών, εξουσιοδότηση, και πληροφορίες ιδιοτήτων. Όπως από το όνομά της διακρίνεται, η SAML επιτρέπει επιχειρησιακές οντότητες για να κάνει τους ισχυρισμούς σχετικά με την ταυτότητα, ιδιότητες, και εξουσιοδοτήσεις ενός θέματος (μια οντότητα που είναι συχνά ο ανθρώπινος χρήστης) σε άλλες οντότητες, όπως μια επιχείρηση συνεργατών ή μια άλλη επιχειρηματική εφαρμογή.

3.1.3 Μέθοδος ανάπτυξης προτύπων

Τα πρότυπα συναίνεσης αναπτύσσονται συνήθως χρησιμοποιώντας μια διαδικασία που προχωρά από μια πρόταση προγράμματος σε κυκλικό γράφημο, έκδοση, και σχολιασμό του προτύπου σχεδίου (Draft Standard), το οποίο με την έγκριση από τους

οργανισμούς μελών, καταλήγει σε δημοσιευμένο πρότυπο (Published Standard). Οι ακόλουθες περιλήψεις μιας τέτοιας πιθανής διαδικασίας [7]:

- Πρόταση προγράμματος (Project Proposal)
- Πρότυπο σχεδίου (Draft Standard)
 - Προσχέδιο εργασίας (Committee Draft)
 - Προσχέδιο Επιτροπής (Committee Draft)
 - Τελικό Προσχέδιο (Final Draft)
- Έγκριση μελών (Member Body Approval)
- Δημοσιευμένο πρότυπο (Published Standard)

Τα διαδοχικά προσχέδια μπορεί να εξεταστούν έως ότου η συναίνεση επιτευχθεί στο τεχνικό περιεχόμενο. Μόλις επιτευχθεί η συναίνεση, το κείμενο κυκλοφορεί σε όλους τους οργανισμούς μελών για τη ψηφοφορία και σχολιασμό εντός μιας περιόδου που τίθεται από το SDO. Εάν τα κριτήρια έγκρισης, τα οποία ποικίλλουν από SDO σε SDO και μπορούν να κυμανθούν από μια απλή πλειοψηφία των μελών ψηφοφορίας σε άλλα πιο σύνθετα κριτήρια, δεν συμφωνούν, το πρότυπο προσχέδιο επιστρέφεται για περαιτέρω μελέτη και ένα αναθεωρημένο πρότυπο προσχέδιο θα κυκλοφορήσει πάλι για ψηφοφορία και σχόλια. Τα περισσότερα SDOs αναθεωρούν τα πρότυπά τους σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, για να καθορίσουν εάν ένα παρεχόμενο πρότυπο πρέπει να επιβεβαιωθεί, να αναθεωρηθεί, ή να αποσυρθεί.

Εάν ένα έγγραφο με έναν ορισμένο βαθμό ωριμότητας είναι διαθέσιμο στην έναρξη ενός προγράμματος προτυποποίησης, παραδείγματος χάριν ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από έναν άλλο οργανισμό, είναι δυνατό να παραλειφθούν ορισμένα στάδια της διαδικασίας. Σε μια αποκαλούμενη «διαδικασία σύντομης διαδρομής» («fast-track procedure»), ένα έγγραφο υποβάλλεται άμεσα στους οργανισμούς μελών για έγκριση ως ένα πρότυπο προσχέδιο χωρίς να περάσει τα προηγούμενα στάδια.

3.1.4 Σύμφωνο αξιολόγησης (conformity assessment)

Το ISO/IEC οδηγός 2:1996 ορίζει το σύμφωνο αξιολόγησης ως «οποιαδήποτε δραστηριότητα που σχετίζεται με τον καθορισμό άμεσα ή έμμεσα σχετικών απαιτήσεων που εκπληρώνονται» [7]. Το σύμφωνο αξιολόγησης ενός προϊόντος σε ένα παρεχόμενο πρότυπο αυξάνει την εγγύηση για το χρήστη ότι το προϊόν θα εκτελέσει με τον τρόπο που αναμένεται όσον αφορά την επιδίωξη της γραπτής προδιαγραφής.

Ενώ ένα πρότυπο είναι μια τεχνική έκφραση για το πώς να γίνει ένα προϊόν ασφαλές, αποδοτικό, και συμβατό με άλλα, ένα πρότυπο δεν μπορεί μόνο του να εγγυηθεί την απόδοση. Το σύμφωνο αξιολόγησης, εντούτοις, παρέχει εγγύηση στους χρήστες με την αύξηση της εμπιστοσύνης του καταναλωτή όταν προσωπικό, προϊόντα, συστήματα, διαδικασίες, ή υπηρεσίες αξιολογούνται ενάντια στις απαιτήσεις ενός προτύπου.

Η ανάπτυξη των εργαλείων προσαρμογής κάνει πιθανή την καθιέρωση των προγραμμάτων συμφώνου αξιολόγησης που επικυρώνουν την προσαρμογή, π.χ., στην ANSI INCITS 358-2002 BioAPI Specification v1.1, και υποστηρίζουν την ανάπτυξη προϊόντων που προσαρμόζονται σε εθελοντικά βιομετρικά πρότυπα συναίνεσης. Με το

να καταστήσουν τα εργαλεία διαθέσιμα, οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα ίδια εργαλεία δοκιμής για να εξασφαλίσουν πρότυπα προσαρμογής προτού να απελευθερωθούν τα προϊόντα.

3.2 Πιστοποίηση

Τα βιομετρικά συστήματα έχουν ερευνηθεί και μελετηθεί ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά μόνο πρόσφατα έχουν μπει στη δημόσια συνείδηση λόγω των εφαρμογών μεγάλης ακτινοβολίας, τη χρήση στα μέσα ψυχαγωγίας και την αυξανόμενη χρήση από το κοινό στις καθημερινές δραστηριότητες (κυρίως στην Αμερική). Αυτή η εξέλιξη έχει οδηγήσει πλέον διεθνείς οργανισμούς και ινστιτούτα να χορηγούν πιστοποιήσεις σε θέματα Βιομετρίας, έπειτα από εξετάσεις με ευρύ πεδίο απαιτήσεων γνώσης.

3.2.1 IEEE Certified Biometrics Professional

Το πρόγραμμα της IEEE για επαγγελματική πιστοποίηση στη Βιομετρία (IEEE Certified Biometrics Professional - CBP) καθιερώθηκε για να προσδιορίσει τα άτομα που έχουν αποκτήσει πλήρη γνώση για το θέμα του IEEE CBP. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε βασισμένο στην εισροή και την καθοδήγηση από μια ευρεία ποικιλία εμπειρογνομόνων του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν τη βιομηχανία, την κυβέρνηση, και τον ακαδημαϊκό κόσμο. Με την απόκτηση του πιστοποιητικού IEEE CBP, τα άτομα καταδεικνύουν ότι διαθέτουν επάρκεια προσόντων εκείνων που κρίνονται απαραίτητα για τους επαγγελματίες στον τομέα της Βιομετρίας [19].

Η απόκτηση του πιστοποιητικού IEEE CBP επικυρώνει ή/και αυξάνει τις δεξιότητες και τη γνώση, αυξάνει την αξιοπιστία μεταξύ των τιτλούχων, των εργοδοτών και των πελατών, καταδεικνύει ένα υψηλό επίπεδο κλειστότητας για τον τομέα της Βιομετρίας, ενισχύει την επαγγελματική φήμη, οδηγεί από μία άποψη σε προσωπική ολοκλήρωση και δημιουργεί ευκαιρίες για επαγγελματική εξέλιξη [19].

Το πρόγραμμα εστιάζει στις σχετικές γνώσεις και δεξιότητες για να εφαρμόσει τη Βιομετρία σε πραγματικές προκλήσεις και εφαρμογές. Το IEEE CBP πρόγραμμα αναπτύχθηκε για να βοηθήσει τη συνάντηση βασικών αναγκών κατάρτισης, πρόσληψης και αξιολόγησης επαγγελματιών και οργανισμών στη βιομηχανία της Βιομετρίας. Τα άτομα που θα ωφεληθούν περιλαμβάνουν τους επαγγελματίες και τους μηχανικούς της Βιομετρίας από μια ποικιλία βιομηχανιών. Το πρόγραμμα αποτελείται από δύο συστατικά: πιστοποίηση, μέσω του διαγωνισμού της IEEE για επαγγελματική πιστοποίηση στη Βιομετρία (IEEE Certified Biometrics Professional Exam) και εκπαίδευση, μέσω του συστήματος εκμάθησης IEEE για επαγγελματική πιστοποίηση στη Βιομετρία (IEEE Certified Biometrics Professional Learning System) [19].

Τα άτομα που μπορούν να ωφεληθούν από την απόκτηση του IEEE CBP πιστοποιητικού περιλαμβάνουν:

- Κατασκευαστές βιομετρικών συστημάτων,

- Επαγγελματίες που σχεδιάζουν, αναπτύσσουν ή/και εφαρμόζουν τα βιομετρικά συστήματα
- Αγοραστές, διευθυντές και χειριστές των βιομετρικών συστημάτων
Προμηθευτές, πωλητές, και εμπειρογνώμονες Βιομετρίας
- Νεοεισερχόμενοι στον τομέα που θέλουν να καθιερώσουν την επαγγελματική αξιοπιστία

Ο βασικός κορμός γνώσεων του προγράμματος IEEE CBP προσφέρει μια ευρεία, περιεκτική αναθεώρηση των εννοιών και των αρχών του επαγγέλματος της Βιομετρίας. Αντανακλώντας την ποικιλία του επαγγέλματος, το πρόγραμμα CBP αναπτύχθηκε για να ωφελήσει τους επαγγελματίες βιομετρικής από διαφορετικά υπόβαθρα και αντιπροσωπεύοντας πολλές διαφορετικές βιομηχανίες, που περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε [19]:

- Επιβολή νόμου
- Περιηγήσεις και μεταφορές
- Στρατός, υπεράσπιση, και ασφάλεια πατρίδας
- Κυβερνητικός τομέας (εθνικός, δημοτικός, κρατικός, άλλο)
- Διαχείριση κινδύνων
- Εγκληματολογία, Ιατροδικαστική
- Ασφάλεια τεχνολογίας της πληροφορίας
- Υγειονομική περίθαλψη

Η εξέταση CBP αποτελείται από 150 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ελέγχεται από υπολογιστή. Οι υποψήφιοι έχουν τρεις ώρες για να ολοκληρώσουν την εξέταση. Οι ερωτήσεις εξέτασης χωρίζονται σε ενότητες και ανήκουν στις ακόλουθες έξι σημαντικές περιοχές: Βασικές αρχές Βιομετρίας, Βιομετρικές μορφές, Σχεδίαση και Αξιολόγηση Βιομετρικών Συστημάτων, Πρότυπα Βιομετρίας, Κοινωνικές, Πολιτιστικές και Νομικές επιπτώσεις και βιομετρικές εφαρμογές. Για να κερδίσει ο υποψήφιος τον τίτλο CBP πρέπει να περάσει την εξέταση CBP λαμβάνοντας μία κλίμακα βαθμολογίας 500 ή υψηλότερη. Δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη εκπαιδευτική ή εμπειρική απαίτηση για να επιλεγεί κάποιος, ώστε να μπορεί να εγγραφεί και να περάσει την εξέταση CBP [19].

Το IEEE CBP σύστημα εκμάθησης συνδυάζει τυπωμένο υλικό και το on-line διαδραστικό λογισμικό για να παρέχει αποτελεσματική κατάρτιση στη Βιομετρία και την προετοιμασία για το διαγωνισμό CBP [19].

Διαθέσιμο και σε μέλη της IEEE, αλλά και σε μη εγγεγραμμένα μέλη, το IEEE CBP πρόγραμμα, απαιτεί οι υποψήφιοι να περάσουν μια αυστηρή εξέταση και να υποσχεθούν ότι θα τηρούν τον κώδικα ηθικής του IEEE CBP. Τα άτομα που αποκτούν το πιστοποιητικό IEEE CBP απαιτείται να ανανεώνουν την πιστοποίησή τους κάθε τρία έτη μέσω τεκμηρίων σχετικής συνεχιζόμενης εκπαίδευσης ή των επαγγελματικών δραστηριοτήτων ανάπτυξης [19].

3.2.2 CertFirst

Η τεχνολογία αιχμής και οι αποτελεσματικές δεξιότητες είναι απολύτως αναγκαία για τον καθένα στη σημερινή ανταγωνιστική σφαιρική οικονομία. Το CertFirst ενσωμάτωσε λύσεις γνώσης που μπορούν να δώσουν τις αποτελεσματικές δεξιότητες που χρειάζεται κάποιος για να πετύχει. Το CertFirst, μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις που ενσωμάτωσε λύσεις γνώσεων, είναι γνωστό για την πρωτοποριακή εργασία στον τομέα της Τεχνολογίας Πληροφοριών, Βιομετρίας και Διοίκησης για πιστοποίηση εκπαίδευσης. Το CertFirst είναι ένα τμήμα της εταιρίας SaiFirst (www.SaiFirst.com) αφοσιωμένο στην εκπαίδευση, μια ταχέως αναπτυσσόμενη επιχείρηση που παρέχει συνολικές σφαιρικές επιχειρηματικές λύσεις Τεχνολογίας & Διοίκησης [20].

Το Ινστιτούτο Επαγγελματικής Πιστοποίησης στη Βιομετρία Ασφάλειας (Certified Biometrics Security Professional Institute - CBSPI), το γνωστό ως Biocertification.com, αποτελεί έναν ειδικό προμηθευτή του πρότυπου πιστοποίησης κατάρτισης στη γενική Βιομετρία [21]. Διαγωνισμοί διδακτικού υλικού και πιστοποίησης CBSPI για τις Βιομετρικές τεχνολογίες στη βιομηχανία ασφάλειας αναπτύσσονται και ρυθμίζονται από την ομάδα που περιλαμβάνει Επαγγελματίες Βιομετρικής, Διοικητικούς, Μηχανικούς & Εμπειρογνώμονες Περιεχομένου (Engineers & Subject Matter Experts - SMEs) από όλο τον κόσμο για να δημιουργήσει και να επικυρώσει το περιεχόμενο που χρησιμοποιείται για να εκπαιδεύσει και να πιστοποιήσει τους επαγγελματίες ασφάλειας στις τεχνολογίες Βιομετρίας. Υπάρχουν δύο κύκλοι μαθημάτων για να επιλέξεις στον τομέα της Βιομετρίας: Certified Biometrics Security Professional (CBSB) και Certified Biometrics Security Engineer (CBSE).

Το CertFirst Certified Biometrics Security Professional είναι πρόγραμμα μιας ημέρας που σχεδιάζεται και για εισαγωγικό επίπεδο και καθώς επίσης και τους έμπειρους επαγγελματίες ασφάλειας δικτύων και Τεχνολογίας Πληροφοριών που επιθυμούν να κερδίσουν μια ισχυρή κατανόηση των βιομετρικών τεχνολογιών και επίσης της χρήσης τους στις εφαρμογές πραγματικού κόσμου. Αυτή η σειρά μαθημάτων αποτελεί επίσης προϋπόθεση στο πλήρες πρόγραμμα CBSE.

Όσο για το CertFirst Certified Biometrics Security Engineer, η ζήτηση για ειδικευμένο επαγγελματία βιομετρικής ασφάλειας αυξάνεται σημαντικά παγκοσμίως. Το CertFirst αναγνωρίζει τη σημασία ενός προμηθευτή βιομετρικής πιστοποίησης που θα ωφελούσε τα άτομα που θέλουν να μείνουν στις εξέχουσες λύσεις ασφάλειας στην τεχνολογία. Με το να γίνει κάποιος πιστοποιημένος επαγγελματίας στη βιομετρική ασφάλεια αποκτά ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στη σημερινή σκληρή αγορά. Το CertFirst, ένας από τους σφαιρικούς ηγέτες στην παροχή υψηλού αντικειμένου προγραμμάτων πιστοποίησης, προσφέρει διάφορες διαφορετικές μεθοδολογίες για τον πελάτη τους για να κερδίσει εξειδικευμένες δεξιότητες. Το CertFirst προσφέρει όλες τις σειρές μαθημάτων Biocertification και στις εταιρίες και καθώς επίσης και στους επαγγελματίες Τεχνολογίας Πληροφοριών παγκοσμίως. Το τελευταίο είναι ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα πιστοποίησης Βιομετρίας εισαγωγικού επιπέδου που σχεδιάζεται και για τον αρχάριο και καθώς επίσης και για έμπειρους επαγγελματίες Ασφάλειας Δικτύων και Τεχνολογίας

ΠΡΟΤΥΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Πληροφοριών που επιθυμούν να κερδίσουν αληθινή κατανόηση των βιομετρικών τεχνολογιών και επίσης της χρήση της βιομετρίας σε εφαρμογές πραγματικού κόσμου.

4 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

4.1 Εισαγωγική περιγραφή του λογισμικού

Η αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος είναι η πρώτη βιομετρική μέθοδος που υλοποιήθηκε για αυτόματη αναγνώριση ατόμων, ενώ παράλληλα αποτελεί την κυρίαρχη μέθοδο ταυτοποίησης στις μέρες μας. Γι' αυτούς τους δυο κυρίως λόγους επιλέχθηκε να υλοποιηθεί, ώστε να συμπληρώσει και να εμπλουτίσει με πρακτικό περιεχόμενο το εκπαιδευτικό υλικό του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης (βλ. Κεφάλαιο V).

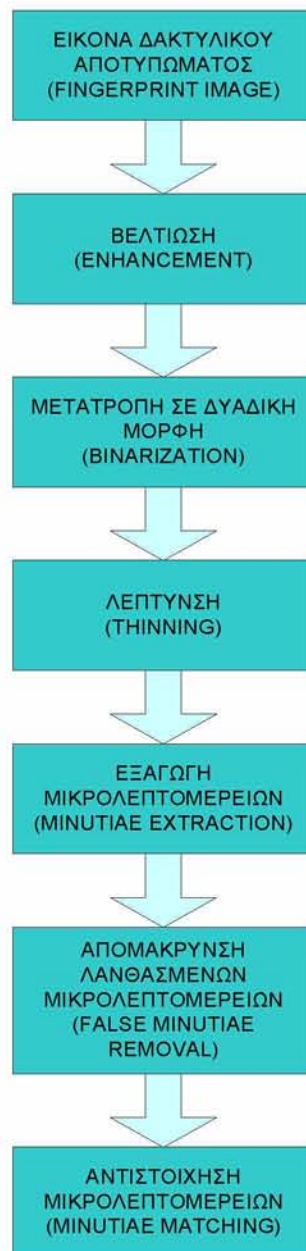
Το δακτυλικό αποτύπωμα ενός ατόμου είναι μοναδικό και παραμένει αμετάβλητο κατά τη διάρκεια της ζωής [30]. Ένα δακτυλικό αποτύπωμα διαμορφώνεται ως αποτύπωμα του πρότυπου σχεδίου των κορυφογραμμών ενός δάκτυλου. Μια κορυφογραμμή ορίζεται ως ένα ενιαίο κυρτό τμήμα, και μια κοιλάδα είναι η περιοχή μεταξύ δύο παρακείμενων κορυφογραμμών. Οι μικρολεπτομέρειες, που είναι οι τοπικές ασυνέχειες στο πρότυπο ροής των κορυφογραμμών, παρέχουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση. Χαρακτηριστικά όπως ο τύπος, ο προσανατολισμός, και η θέση των μικρολεπτομερειών λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτέλεση της εξαγωγής μικρολεπτομερειών [31].

Παρ' ότι υπάρχουν περισσότεροι τύποι μικρολεπτομερειών, συνήθως στα συστήματα προσδιορισμού δακτυλικών αποτυπωμάτων χρησιμοποιούνται μόνο δύο τύποι, τα τελειώματα και οι διακλαδώσεις των κορυφογραμμών [31]. Αυτό συμβαίνει γιατί οι άλλοι τύποι μικρολεπτομερειών μπορούν να διατυπωθούν ως όροι εξισώσεων χρησιμοποιώντας αυτούς τους δύο τύπους χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Τα τελειώματα είναι τα σημεία όπου η καμπύλη των κορυφογραμμών ολοκληρώνεται, και οι διακλαδώσεις είναι εκεί που μια κορυφογραμμή χωρίζεται από μια ενιαία πορεία σε δύο πορείες σε μια Y-σύνδεση.

Οι εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι σπάνια τέλειας ποιότητας. Μπορούν να υποβιβαστούν και να αλλοιωθούν με στοιχεία θορύβου εξαιτίας πολλών παραγόντων συμπεριλαμβανομένων των αποκλίσεων στην ποιότητα του δέρματος, αλλά και στις συνθήκες αποτύπωσης. Αυτή η υποβάθμιση μπορεί να οδηγήσει σε στη δημιουργία ενός σημαντικού αριθμού λανθασμένων μικρολεπτομερειών και στην παράβλεψη γνήσιων. Ένα κρίσιμο στάδιο στη μελέτη στατιστικών αποτελεσμάτων που αφορούν μικρολεπτομέρειες είναι η αξιόπιστη εξαγωγή τους από τις εικόνες των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Κατά συνέπεια, οι τεχνικές βελτίωσης της εικόνας υιοθετούνται απαραίτητα πριν από την εξαγωγή μικρολεπτομερειών για να λάβουμε μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση των θέσεων των μικρολεπτομερειών [31].

Σε πρώτη φάση το λογισμικό θα προσφέρει βελτίωση της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος, τη μετατροπή της σε δυαδική μορφή, καθώς και λέπτυνση, δεδομένου ότι ο απώτερος στόχος αυτής της προ-επεξεργασίας είναι η εξαγωγή των μικρολεπτομερειών. Στη συνέχεια λόγω των πολλών λανθασμένων μικρολεπτομερειών πραγματοποιείται μια τεχνική τριών διαδικασιών για μείωση τους με χρήση της ευκλείδειας απόστασης τους. Αυτή η λειτουργία ανήκει στο στάδιο της μετα-

επεξεργασίας. Τα εναπομείναντα αποτελέσματα της εξαγωγής μικρολεπτομερειών και συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τους, δηλαδή η θέση τους στον άξονα x και y , η γωνία και ο τύπος τους θα λειτουργήσουν ως δεδομένα προς σύγκριση μεταξύ δύο δακτυλικών αποτυπωμάτων. Η σύγκριση αυτή θα οδηγήσει σε κάποιο ποσοστό ομοιότητας, που πάνω από μια πειραματικά καθορισμένη τιμή θα συνεπάγεται την ταύτιση των δύο δακτυλικών αποτυπωμάτων, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα υπονοεί το μη-ταίριασμα. Στο Σχήμα 4.1 δίνεται το διάγραμμα διεργασιών, το οποίο περιγράφει τα επίπεδα σχεδιασμού του αλγορίθμου για τη σύγκριση δύο δακτυλικών αποτυπωμάτων χρησιμοποιώντας το βαθμό ομοιότητας.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής διεργασιών στην προτεινόμενη μέθοδο αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος

Η ιδέα για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε σε μελέτη πολλών ερευνητικών άρθρων που συμφωνούσαν τα περισσότερα στο παραπάνω μοντέλο και δήλωναν ως επικρατέστερη διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών αυτή με βάση τις μικρολεπτομέρειες. Το λογισμικό που δημιουργήθηκε είναι κυρίως ένας συνδυασμός των ερευνών του Ravi J. [32], καθώς και του Avinash Pokhriyal [33], που αποτελούν και τις πιο πρόσφατες δημοσιευμένες επιστημονικές μελέτες (2009 και 2010 αντίστοιχα) πάνω στην αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος. Η επιλογή δεν είναι αυθαίρετη, αλλά οι συγκεκριμένες έρευνες εμφανίζουν εντυπωσιακά καλά τελικά αποτελέσματα στις μετρικές FMR και FNMR. Επιπλέον, η προσέγγιση τους είναι πιο κατανοητή σε άτομα που δεν έχουν επεκταθεί ιδιαίτερα σε μεθόδους επεξεργασίας εικόνων, αλλά διαθέτουν βασικές γνώσεις προγραμματισμού.

Το εργαλείο που θα βοηθήσει στην υλοποίηση, την οπτικοποίηση και τον προγραμματισμό αυτού του λογισμικού δεν είναι άλλο από το ευρέως διαδεδομένο σε ζητήματα επεξεργασίας εικόνων Matlab. Το Matlab (MATrix LABORatory) είναι ένα διαδραστικό σύστημα:

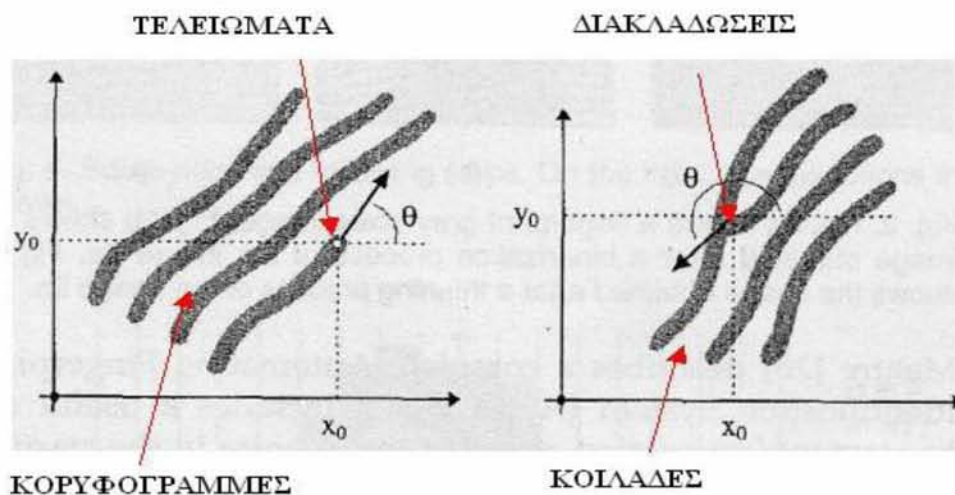
- για αριθμητικούς υπολογισμούς, δίχως προγραμματισμό σε συμβατικές γλώσσες (Fortran, C),
- γρήγορη ανάπτυξη και έλεγχο αλγορίθμων (πλήθος έτοιμων συναρτήσεων και απλουστευμένη αλγοριθμική γλώσσα),
- ανάλυση δεδομένων και γραφική παρουσίαση τους,
- και εφαρμογές από διάφορες θεματικές περιοχές μέσω κατάλληλων εργαλειαθικών (στατιστική ανάλυση, θεωρία ελέγχου, επεξεργασία σήματος, βελτιστοποίηση, νευρωνικά δίκτυα, μαθηματικά, κλπ).

Οι εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων που αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν ανήκουν στη βάση δεδομένων του διαγωνισμού επαλήθευσης δακτυλικού αποτυπώματος (Fingerprint Verification Competition – FVC2006) [34]. Όλες οι εικόνες έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες, ώστε να διατηρηθεί μια ενιαία τακτική επεξεργασίας, γνωρίζοντας ότι θα έχει παρόμοια αποτελέσματα. Όλες οι εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι της κλίμακας του γκρι με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0 και 255, είναι ίδιας ανάλυσης και μεγέθους 128x128, δεν παρουσιάζουν περιστροφή και διαθέτουν zoom ένα προς ένα, ώστε να διαφάνεται όλο το δακτυλικό αποτύπωμα και τα όρια του. Τέλος, πρόκειται για πραγματικές εικόνες και δεν αποτελούν προϊόν συμπίεσης.

4.2 Αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας

Τα περισσότερα από τα αυτοματοποιημένα συστήματα αναγνώρισης δακτυλικών αποτυπωμάτων στηρίζονται σήμερα στη σύγκριση μικρολεπτομερειών, επειδή οι μικρολεπτομέρειες είναι εύκολο να αποθηκευθούν, αφού καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο σε σχέση με μια ολόκληρη εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος. Μια μικρολεπτομέρεια είναι μια ιδιομορφία στο επίπεδο των κορυφογραμμών, η οποία περιγράφει το δακτυλικό αποτύπωμα. Ο πιο κοινός τύπος μικρολεπτομερειών είναι, είτε

όταν μια κορυφογραμμή τερματίζεται και ονομάζεται τελείωμα (termination) ή όταν διασπάται σε δύο κορυφογραμμές, οπότε καλείται διακλάδωση (bifurcation) (Σχήμα 4.2). Η ανάλυση ενός δακτυλικού αποτυπώματος σε αυτό το τοπικό επίπεδο παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που μπορούν να διακρίνουν ένα δακτυλικό αποτύπωμα από ένα άλλο.



Σχήμα 4.2: Μικρολεπτομέρειες ενός δακτυλικού αποτυπώματος

4.2.1 Βελτίωση της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος (Fingerprint Image Enhancement)

Η ποιότητα της δομής των κορυφογραμμών σε μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, δεδομένου ότι οι κορυφογραμμές φέρουν τις πληροφορίες των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που απαιτούνται για εξαγωγή των μικρολεπτομερειών. Ιδανικά, σε μια καθορισμένη με σαφήνεια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων, οι κορυφογραμμές και οι κοιλάδες πρέπει να εναλλάσσονται και να ρέουν τοπικά με σταθερή κατεύθυνση. Αυτή η τακτικότητα διευκολύνει την ανίχνευση των κορυφογραμμών και συνεπώς, επιτρέπει στις μικρολεπτομέρειες να εξαχθούν με ακρίβεια και ευκολία από τις κορυφογραμμές. Εντούτοις στην πράξη, μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων μπορεί να μην καθορίζεται πάντα καλά λόγω των στοιχείων του θορύβου που αλλοιώνουν τη σαφήνεια στη δομή των κορυφογραμμών. Αυτή η αλλοίωση μπορεί να εμφανιστεί εξαιτίας των αποκλίσεων στο δέρμα και στις συνθήκες αποτύπωσης όπως είναι τα σημάδια, η υγρασία, ο ρύπος, και η ανομοιόμορφη επαφή του δακτύλου με τη συσκευή σύλληψης. Κατά συνέπεια, οι τεχνικές βελτίωσης εικόνας υιοθετούνται για να μειώσουν το θόρυβο και να ενισχύσουν το διαχωρισμό των κορυφογραμμών έναντι των κοιλάδων.

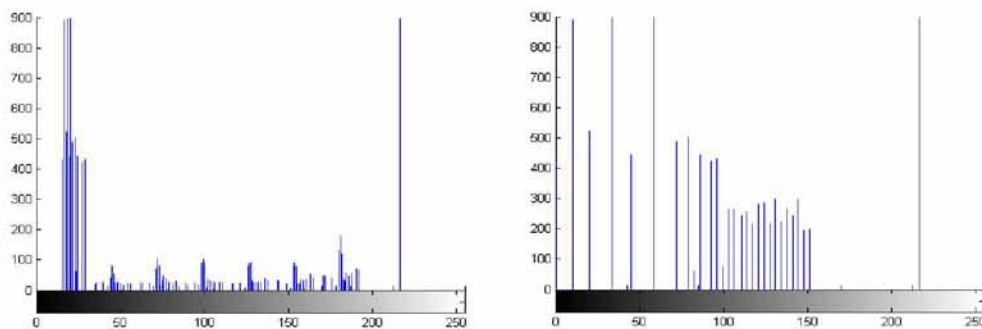
Η βελτίωση της εικόνας των δακτυλικών αποτυπωμάτων πρόκειται να καταστήσει την εικόνα πιο σαφή, διευκολύνοντας τις περαιτέρω διαδικασίες. Δεδομένου ότι οι εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων που αποκτιούνται από τους αισθητήρες ή άλλα μέσα δεν είναι συνώνυμες με την τέλεια ποιότητα, οι μέθοδοι βελτίωσης, για την αύξηση της αντίθεσης μεταξύ των κορυφογραμμών και των κοιλάδων και για τη σύνδεση των

λανθασμένα σπασμένων σημείων των κορυφογραμμών λόγω της ανεπαρκούς ποσότητας μελανιού ή παραλλαγών στο δέρμα, είναι πολύ χρήσιμες για τη συντήρηση υψηλότερης ακρίβειας στην αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος.

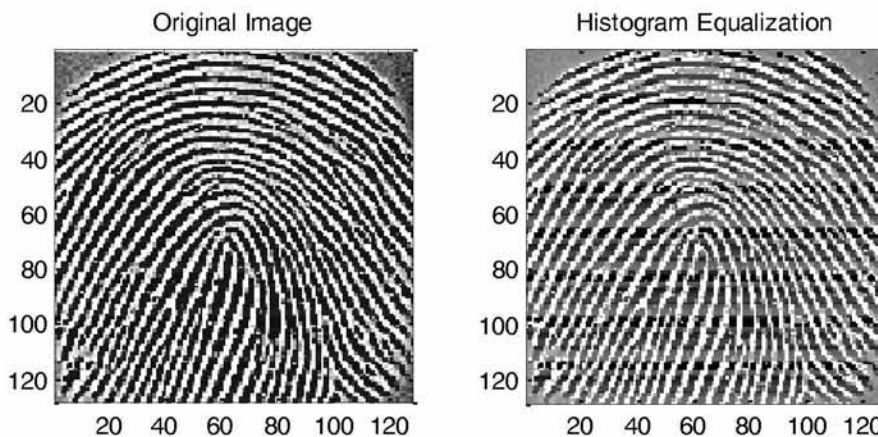
Μια από τις ευρύτατα χρησιμοποιημένες τεχνικές βελτίωσης της εικόνας των δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι η μέθοδος που υιοθετείται από τον Avinash Pochriyal [33] και τον Zhili Wu [35], δηλαδή ο ταχύς μετασχηματισμός Fourier (Fast Fourier Transform - FFT). Ο πρώτος χρησιμοποίησε απλά το μετασχηματισμό Fourier, ενώ ο δεύτερος τον συνδύασε με την εξίσωση ιστογράμματος (Histogram Equalization) [35]. Στην προσωπική μου υλοποίηση, κρίνοντας εκ του αποτελέσματος των εικόνων (πιο καθαρές και με καλύτερα τελικά αποτελέσματα) επέλεξα το συνδυασμό των δύο μεθόδων.

1. Εξίσωση ιστογράμματος

Η εξίσωση ιστογράμματος επεκτείνει την κατανομή της τιμής ενός pixel μιας εικόνας, ώστε να αυξηθούν οι πληροφορίες που αντιλαμβανόμαστε. Το αρχικό ιστόγραμμα μιας εικόνας δακτυλικών αποτυπωμάτων έχει δίτιμη μορφή, ενώ το ιστόγραμμα μετά την εξίσωση ιστογράμματος καταλαμβάνει όλο το φάσμα από 0 έως 255 και επιδρά ως ενίσχυση της απεικόνισης (Σχήμα 4.3). Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της εξίσωσης ιστογράμματος είναι εμφανές και στην ίδια την εικόνα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4 (Δεξιά).



Σχήμα 4.3: Ιστόγραμμα αρχικής εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος (Αριστερά), Ιστόγραμμα μετά την εξίσωση ιστογράμματος (Δεξιά)



Σχήμα 4.4: Αρχική εικόνα (Αριστερά), Δακτυλικό αποτύπωμα μετά την εξίσωση ιστογράμματος (Δεξιά)

2. Μετασχηματισμός Fourier

Κατά τη διαδικασία αυτή η εικόνα διαιρείται σε μικρά blocks επεξεργασίας (32x32 pixels) και εκτελείται ξεχωριστά σε κάθε block ο μετασχηματισμός κατά Fourier, αλλά στο σύνολο της εικόνας, λαμβάνοντας υπόψη και τα pixels που βρίσκονται στα όρια της εικόνας σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \times \exp \left\{ -j2\pi \times \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right\} \quad (1)$$

για $u = 0, 1, 2, \dots, 31$ και $v = 0, 1, 2, \dots, 31$.

Προκειμένου να ενισχυθεί ένα συγκεκριμένο block από τις κυρίαρχες συχνότητές του, πολλαπλασιάζουμε το FFT του block με το φάσμα του ένα σύνολο χρόνων (ονομάστηκε k). Όπου το φάσμα του αρχικού μετασχηματισμού $FFT = \text{abs}(F(u, v)) = |F(u, v)|$.

Στη συνέχεια παράγεται το ενισχυμένο block σύμφωνα με τη σχέση

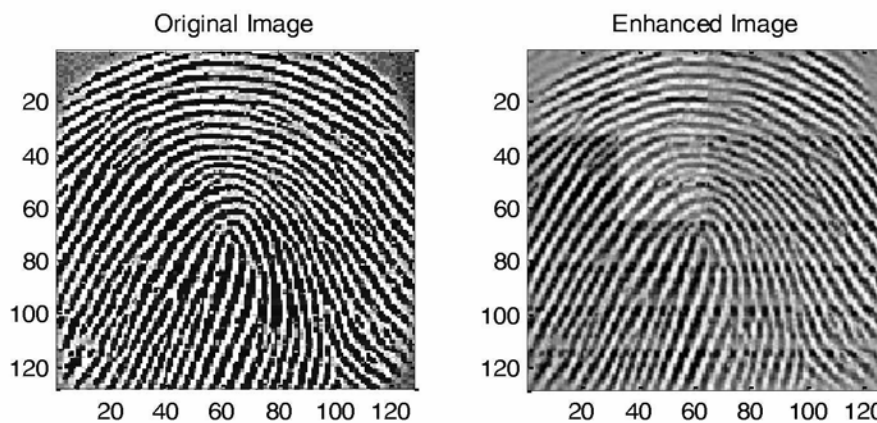
$$g(x, y) = F^{-1} \left\{ F(u, v) \times |F(u, v)|^k \right\} \quad (2),$$

όπου $F^{-1}(F(u, v))$ γίνεται από:

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F(u, v) \times \exp \left\{ j2\pi \times \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right\} \quad (3)$$

για $x = 0, 1, 2, \dots, 31$ και $y = 0, 1, 2, \dots, 31$.

Το k στον τύπο (2) είναι μια πειραματικά καθορισμένη σταθερά, η οποία τελικώς επιλέχθηκε να πάρει την τιμή $k=0.45$. Όσο υψηλότερο είναι το « k » βελτιώνει την εμφάνιση των κορυφογραμμών, γεμίζοντας τις μικρές τρύπες στις κορυφογραμμές, αλλά έχοντας ένα πάρα πολύ υψηλό « k » μπορεί να οδηγήσει στην λανθασμένη ένωση κορυφογραμμών. Κατά συνέπεια ένα τελείωμα μπορεί να γίνει διακλάδωση.



Σχήμα 4.5: Αρχική εικόνα (Αριστερά), Βελτιωμένη εικόνα μέσω FFT και εξίσωσης ιστογράμματος (Δεξιά)

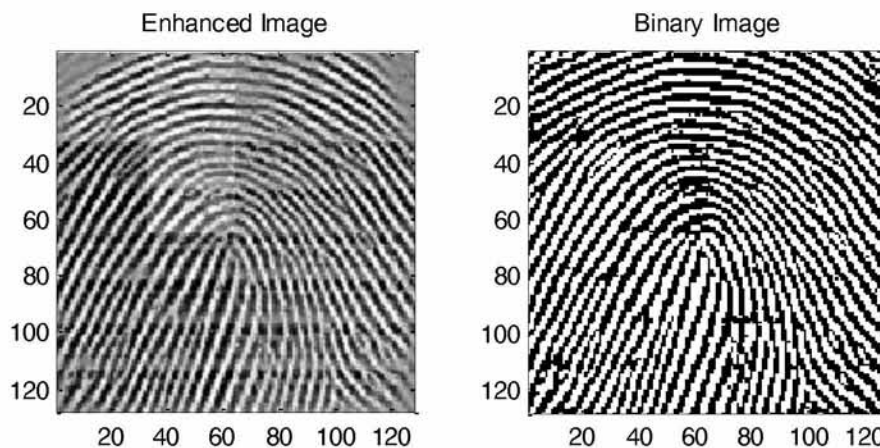
Η βελτιωμένη εικόνα μετά από τον FFT έχει τα πλεονεκτήματα ότι έχει συνδέσει μερικά λανθασμένα σπασμένα σημεία στις κορυφογραμμές και έχει αφαιρέσει μερικές λανθασμένες συνδέσεις μεταξύ των κορυφογραμμών. Η εικόνα στη αριστερή πλευρά του Σχήματος 4.5 υποβλήθηκε σε εξίσωση ιστογράμματος για δεύτερη φορά μετά το

μετασχηματισμό FFT. Ο κώδικας matlab αυτής της διαδικασίας βρίσκεται στη συνάρτηση [enhancement](#). Η επίδραση κάθε block είναι εμφανής, αλλά δεν προκαλεί αλλοιώσεις στις περαιτέρω διαδικασίες, επειδή η εικόνα είναι αρκετά καλή μετά από τη διαδοχική λειτουργία μετατροπής σε δυαδική μορφή, εφ' όσον δεν είναι αισθητή κάποια παραμόρφωση.

4.2.2 Μετατροπή σε δυαδική μορφή (Binarization)

Η διαδικασία με την οποία μια εικόνα μετατρέπεται από γκρι κλίμακας (grayscale) σε μια δυαδική εικόνα είναι γνωστή ως *binarization*. Σε μια εικόνα grayscale, ένα pixel μπορεί να πάρει 256 διαφορετικές τιμές έντασης (0-255), ενώ ένα pixel μπορεί να πάρει μόνο δύο τιμές έντασης (0 για το Μαύρο στις κορυφογραμμές και 1 για το λευκό στις κοιλάδες) σε μια δυαδική, δηλαδή μια ασπρόμαυρη εικόνα.

Για τη μετατροπή μιας εικόνας grayscale σε μια δυαδική εικόνα, χρησιμοποιήθηκε δυναμική τοπική κατωφλίωση [33], [35], που είναι δυνατόν να μελετηθεί στη συνάρτηση [binarization](#). Ο μηχανισμός μετατροπής της τιμής ενός pixel σε 1 ενεργοποιείται όταν η τιμή του είναι μεγαλύτερη από την τιμή της έντασης της μέσης τιμής του τρέχοντος παραθύρου, στο οποίο το pixel ανήκει.



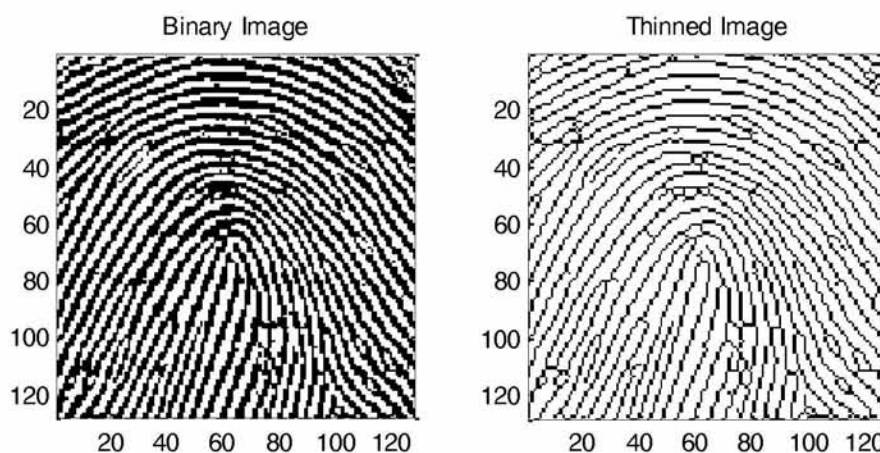
Σχήμα 4.6: Βελτιωμένη εικόνα (Αριστερά), Δυαδική εικόνα (Δεξιά)

4.2.3 Λέπτυνση (Thinning)

Η εξαγωγή των μικρολεπτομερειών από μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων γίνεται αφού πρώτα πραγματοποιηθεί λέπτυνση της δυαδικής εικόνας των δακτυλικών αποτυπωμάτων για να καταλαμβάνει πλάτος ενός pixel η κορυφογραμμή. Αυτό είναι γνωστό ως *thinning* στην αγγλική ορολογία. Ένας καλός αλγόριθμος λέπτυνσης, όταν εφαρμόζεται σε μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων, πρέπει να είναι τέτοιος που η εικόνα παραγωγής πρέπει να έχει (1) πλάτος pixel χωρίς ασυνέχειες, (2) κάθε κορυφογραμμή αφού υποστεί λέπτυνση να παραμένει το κεντρικό pixel της, (3) τα διάσπαρτα pixels και ο θόρυβος πρέπει να αποβάλλονται, (4) να μην υπάρχει καμία ανάγκη να μειωθούν περαιτέρω τα pixels. Εδώ χρειάστηκε μια μέθοδος που να εξάγει

την έκδοση της εικόνας δακτυλικών αποτυπωμάτων χωρίς να διαταράσσει τη βασική δομή της και να προσπαθεί επίσης να συλλάβει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά της ανεξάρτητα από την περιστροφή της εικόνας δακτυλικών αποτυπωμάτων. Σε αυτή τη διαδικασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί μια υλοποιημένη συνάρτηση «bwmorph» που μας παρέχει το Matlab μέσω της λειτουργίας «thin». Ο κώδικας βρίσκεται στη συνάρτηση [thinning](#).

Κάθε επανάληψη της μεθόδου αρχίζει με την εξέταση της γειτονιάς καθενός pixel στη δυαδική εικόνα και βασίζεται σε ένα ιδιαίτερο σύνολο κριτηρίων διαγραφής pixel, ελέγχοντας αν το pixel μπορεί να διαγραφεί ή όχι. Αυτές οι επαναλήψεις συνεχίζονται έως ότου δεν μπορούν να διαγραφούν άλλα pixels. Η εφαρμογή του αλγορίθμου λέπτυνσης σε μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων συντηρεί τη συνδεσιμότητα των δομών της κορυφογραμμής διαμορφώνοντας μια έκδοση της δυαδικής εικόνας. Αυτή η εικόνα που έχει υποστεί λέπτυνση χρησιμοποιείται στην επόμενη διαδικασία της εξαγωγής των μικρολεπτομερειών.



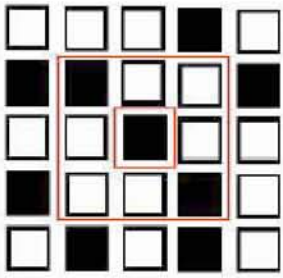
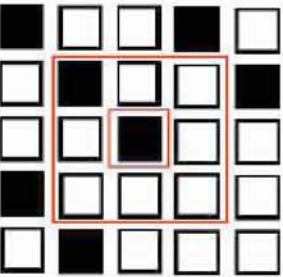
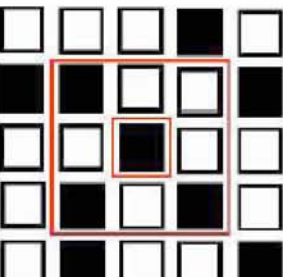
Σχήμα 4.7: Δυαδική εικόνα (Αριστερά), Δυαδική εικόνα μετά από λέπτυνση (Δεξιά)

4.2.4 Εξαγωγή Μικρολεπτομερειών (Minutiae Extraction)

Αφού έχει περάσει όλα τα στάδια της προ-επεξεργασίας μια εικόνα δακτυλικών αποτυπωμάτων, το επόμενο βήμα είναι η εξαγωγή μικρολεπτομερειών από την ενισχυμένη, δυαδική και εικόνα που έχει υποστεί λέπτυνση. Μετά από την εξαγωγή των μικρολεπτομερειών, το τελικό στάδιο της μετα-επεξεργασίας (postprocessing) της εικόνας εκτελείται για να απομακρυνθούν οι λανθασμένες μικρολεπτομέρειες.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την εξαγωγή μικρολεπτομερειών από εικόνες δακτυλικών αποτυπωμάτων στηρίχθηκε σε επιστημονικά άρθρα που δημοσιεύθηκαν από πλήθος περιοδικών και βιβλίων που βρίσκονται στο διαδίκτυο και σε επιστημονικές κοινότητες. Η συνηθέστερα υιοθετημένη μέθοδος εξαγωγής μικρολεπτομερειών είναι η επονομαζόμενη μέθοδος Crossing Number (CN) [30-32, 36-38]. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση του σκελετού μιας εικόνας. Οι μικρολεπτομέρειες εξάγονται με την ανίχνευση της τοπικής γειτονιάς καθενός pixel της κορυφογραμμής (δηλαδή pixel με τιμή 0, αφού είναι μαύρο), ελέγχοντας ένα 3x3 παράθυρο της εικόνας. Η τιμή του CN

υπολογίζεται έπειτα και ορίζεται ως η μισή τιμή της διαφοράς μεταξύ των ζευγαριών δυο παρακείμενων pixels στη γειτονιά των οκτώ. Η ιδιότητα του CN, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8, είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση ενός pixel ως τελειώμα, διακλάδωση ή περιοχή της κορυφογραμμής που δεν περιέχει μικρολεπτομέρειες. Επομένως, ένα pixel με CN=1 αντιστοιχεί σε τελειώμα μιας κορυφογραμμής, αφού έχει μόνο ένα γειτονικό pixel και ένα με CN=3 αντιστοιχεί σε διακλάδωση, αφού είναι απαραίτητο να υπάρχουν τρία γειτονικά pixels, ώστε να υφίσταται διαχωρισμός μιας κορυφογραμμής.

	<p>Crossing Number = 2 Κανονικό pixel κορυφογραμμής</p>
	<p>Crossing Number = 1 Σημείο Τελειώματος</p>
	<p>Crossing Number = 3 Σημείο Διακλαδώσεως</p>

Σχήμα 4.8: Crossing Number και τύποι μικρολεπτομερειών

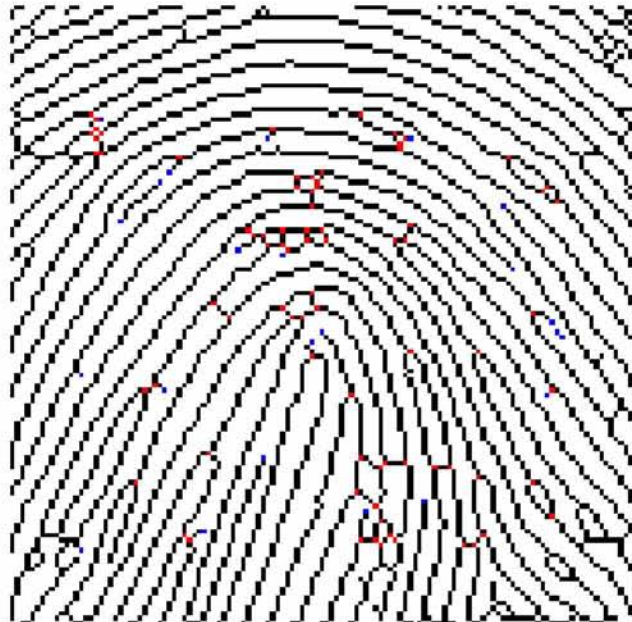
Η μέθοδος Crossing Number (CN) χρησιμοποιείται για να εκτελέσει την εξαγωγή μικρολεπτομερειών. Αυτή η μέθοδος εξάγει τα τελειώματα και τις διακλαδώσεις κορυφογραμμών από μια εικόνα που έχει προέλθει από λέπτυνση με εξέταση της τοπικής γειτονιάς κάθε pixel χρησιμοποιώντας ένα 3x3 παράθυρο και είναι διαθέσιμη στη συνάρτηση [extraction](#). Το CN για ένα pixel δίνεται από τον τύπο:

$$CN = 0.5 \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i+1}|, \quad P_9 = P_1$$

όπου P_i είναι η τιμή του pixel (δηλαδή 0 ή 1 εφόσον πρόκειται για δυαδική εικόνα). Για ένα pixel P , τα οκτώ γειτονικά pixels του ανιχνεύονται σε μια αντίθετη προς την φορά των δεικτών του ρολογιού κατεύθυνση, οριοθετούν τη γειτονιά, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα. Ο τρόπος αρίθμησης των pixels της γειτονιάς υπάρχει στη συνάρτηση [neighborhood](#).

P4	P3	P2
P5	P	P1
P6	P7	P8

Αφότου έχει υπολογιστεί το CN για ένα pixel κορυφογραμμών, το pixel μπορεί να ταξινομηθεί σύμφωνα με την CN τιμή του. Για κάθε σημείο που αποτελεί μικρολεπτομέρεια καταγράφονται τέσσερις σημαντικές πληροφορίες: οι συντεταγμένες του X και Y , ο τύπος της μικρολεπτομέρειας (τελείωμα ή διακλάδωση) και τέλος ο προσανατολισμός του σχετικού τμήματος της κορυφογραμμής. Η γωνία της μικρολεπτομέρειας υπολογίζεται από την τιμή των γειτονικών pixels και ο τρόπος υπολογισμού της βρίσκεται στη συνάρτηση [orientation](#). Στην αρχή έχουμε την υπόθεση ότι αν πρόκειται για μικρολεπτομέρεια τύπου τελειώματος, τότε αφού αφορά το pixel P και η γειτονιά είναι 3×3 , θα υπάρχει μόνο ένα γειτονικό pixel από το οποίο ανάλογα με τη θέση που καταλαμβάνει στον παραπάνω πίνακα είναι πολύ εύκολο να ορισθεί η γωνία του κεντρικού pixel (π.χ. αν το γειτονικό pixel είναι το $P2$, η γωνία είναι 45 μοίρες). Με ανάλογο τρόπο υπολογίζεται για τα σημεία διακλάδωσης, μόνο που εκεί οι υποθέσεις είναι πιο σύνθετες εξαιτίας των περισσότερων γειτονικών pixels.



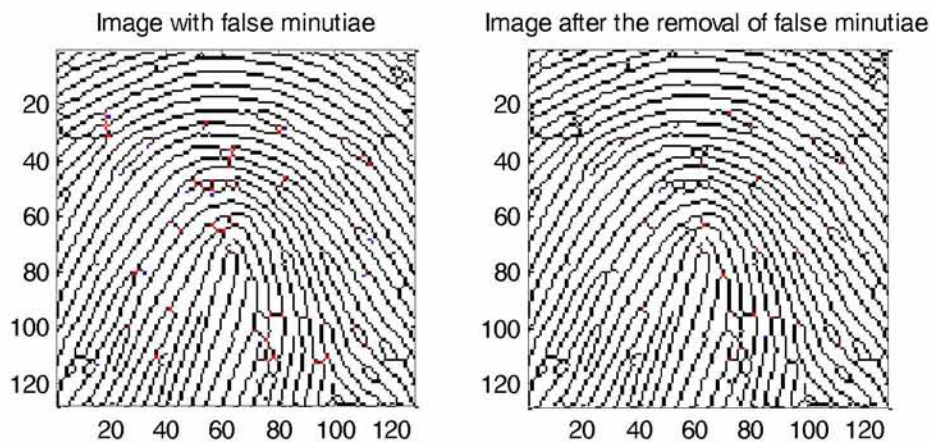
Σχήμα 4.9: Εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος με τις μικρολεπτομέρειες (Κόκκινο = Διακλάδωση, Μπλε = Τελείωμα)

Κρίνοντας από τα αποτελέσματα των εικόνων μετά την εξαγωγή μικρολεπτομερειών, αναγνωρίζεται η άμεση ανάγκη για απομάκρυνση περιττών σημείων που έχουν καταγραφεί λανθασμένα ως μικρολεπτομέρεια. Σε αυτό το σημείο ακολουθήθηκαν οι τρεις ακόλουθοι κανόνες που αφορούν την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των μικρολεπτομερειών [33], [35] και εφαρμόστηκαν στη συνάρτηση [main](#), εκεί όπου καλούνται όλες οι συναρτήσεις προ-επεξεργασίας και εξαγωγής μικρολεπτομερειών για μια εικόνα δακτυλικού αποτυπώματος.

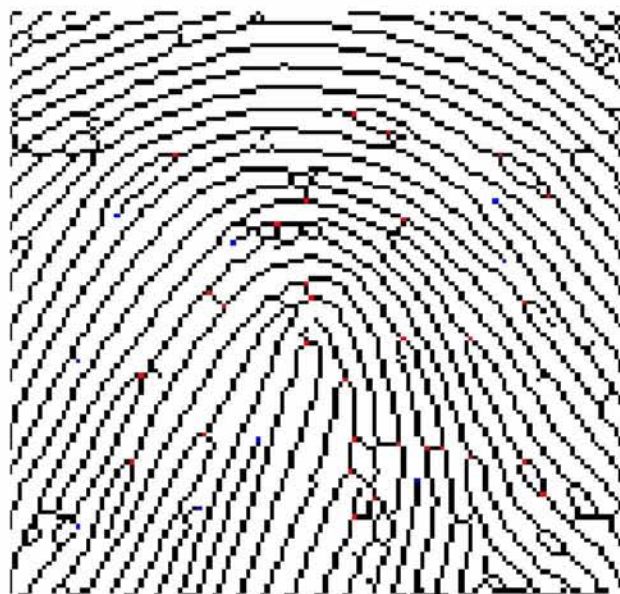
Κανόνας 1: Αν η απόσταση μεταξύ ενός τελειώματος και μιας διακλάδωσης είναι μικρότερη από $D1$, αφαιρούνται αυτές οι μικρολεπτομέρειες. Πειραματικά, παίρνουμε $D1=3$.

Κανόνας 2: Αν η απόσταση μεταξύ δύο διακλαδώσεων είναι μικρότερη από $D2$, αφαιρούνται και οι δυο αυτές μικρολεπτομέρειες. Πειραματικά, παίρνουμε $D2=3$.

Κανόνας 3: Αν η απόσταση μεταξύ δύο τελειωμάτων είναι μικρότερη από $D3$, αφαιρούνται και οι δυο μικρολεπτομέρειες. Πειραματικά, παίρνουμε $D3=3$.



Σχήμα 4.10: Εικόνα με λανθασμένες μικρολεπτομέρειες (Αριστερά), Εικόνα μετά την απομάκρυνση τους (Δεξιά)



Σχήμα 4.11: Εικόνα μετά την απομάκρυνση λανθασμένων μικρολεπτομερειών

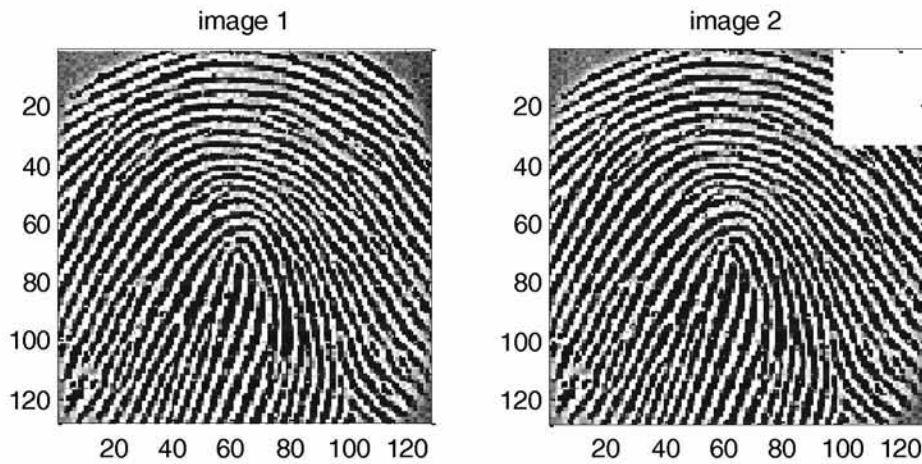
Οι τιμές που τελικά χρησιμοποιήθηκαν για τα D1, D2, D3 διαφέρουν από τις προτεινόμενες στο επιστημονικό άρθρο (D1=10, D2=6, D3=6), για το λόγο ότι η ποιότητα των αρχικών εικόνων που επιλέχθηκαν είναι καταφανώς διαφορετική κι προφανώς αυτό επηρέασε και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας τους. Επομένως, μετά την εφαρμογή των παραπάνω κανόνων παρατηρείται ότι οι λανθασμένες μικρολεπτομέρειες απομακρύνθηκαν, οπότε ο συνολικός αριθμός των μικρολεπτομερειών μειώθηκε ριζικά, Παρ' όλα αυτά είναι εμφανές ότι απομακρύνθηκαν και μικρολεπτομέρειες που είναι αληθινές.

4.2.5 Διαδικασία αντιστοίχισης για επαλήθευση (Verification Matching)

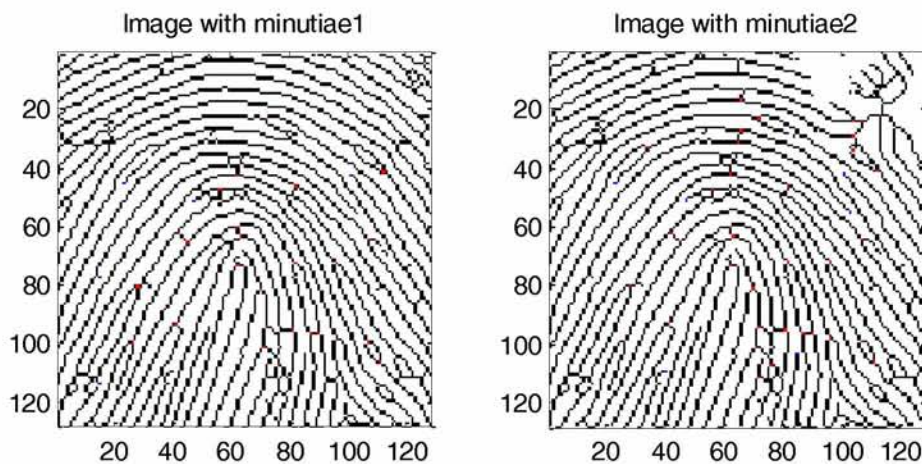
Ως μια κρίσιμη μονάδα για τη λειτουργία ενός οποιουδήποτε συστήματος αναγνώρισης χαρακτηρίζεται η μονάδα αντιστοίχισης. Στην προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε ο στόχος είναι η σύγκριση μια προς μια εικόνων δακτυλικού αποτυπώματος για επαλήθευση.

Στο πρώιμο στάδιο αυτού του αλγορίθμου θεωρήθηκε ότι θα ήταν επαρκής η υπόθεση ότι η πλήρης ταύτιση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των μικρολεπτομερειών δύο εικόνων, δηλαδή της θέσης, του τύπου και της γωνίας τους θα μπορούσε να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα. Φυσικά προϋπόθεση αποτέλεσε η προσέγγιση τουλάχιστον του 60% ποσοστού ομοιότητας σε σχέση με τον μέγιστο αριθμό μικρολεπτομερειών [39] εκ των δύο εικόνων (συνάρτηση [matching](#)). Στη συνέχεια όμως έγινε αντιληπτό ότι αυτό σε καμία περίπτωση δεν είναι αρκετό, γιατί αυτή η τεχνική μπορεί εύκολα να παραβλέψει μικρολεπτομέρειες που απλά έχουν μετακινηθεί στο χώρο, αφού η ακριβώς όμοια θέση ενός pixel σε δυο διαφορετικές εικόνες δακτυλικού αποτυπώματος του ίδιου ατόμου δεν υφίσταται σε δεδομένα του πραγματικού κόσμου. Όποτε ουσιαστικά αυτή η μέθοδος στερούνταν της ικανότητας να ταυτοποιεί δακτυλικά αποτυπώματα που παρ' ότι ανήκουν στο ίδιο άτομο έχουν υποστεί, είτε μετακίνηση προς τον άξονα x, y, είτε περιστροφή.

Παρ' όλα αυτά δοκιμάστηκε ο συγκεκριμένος αλγόριθμος σε πανομοιότυπες εικόνες, αφότου στην κατασκευασμένη από εμάς πανομοιότυπη εικόνα έγινε αφαίρεση ενός κομματιού πληροφορίας για να ελεγχθεί τι αποτελέσματα μπορεί να επιφέρει. Φυσικά το κομμάτι πληροφορίας που αφαιρέθηκε δεν υπερέβαινε το 1/16 του συνολικού μεγέθους της αρχικής εικόνας (Σχήμα 4.12). Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι μεγάλο μέρος των μικρολεπτομερειών ταυτιζόταν απόλυτα. Υπήρχαν όμως και κάποιες μικρολεπτομέρειες, οι οποίες δημιουργήθηκαν στην περιοχή που αφαιρέθηκε το κομμάτι, αλλά κι άλλες που είτε προστέθηκαν είτε αφαιρέθηκαν λόγω της διαφορετικής επίδρασης που είχε πλέον στις ήδη υπάρχουσες η μετα-επεξεργαστική διαδικασία με την αφαίρεση λανθασμένων μικρολεπτομερειών (Σχήμα 4.13). Οι δοκιμές σε διαφορετικές εικόνες του ίδιου δακτυλικού αποτυπώματος είχαν πάντα ως αποτέλεσμα μηδενικό ποσοστό ομοιότητας, αφού δεν βρισκόταν καμιά μικρολεπτομέρεια με την ίδια ακριβώς θέση, εφόσον επρόκειτο για μετατοπισμένη ή περιστρεμμένη εικόνα.



Σχήμα 4.12: Αρχικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για το τρέξιμο του αλγορίθμου matching



Σχήμα 4.13: Σύγκριση μικρολεπτομερειών των εικόνων (Σχήμα 4.12)

Στο παραπάνω παράδειγμα που πραγματοποιήθηκε για να φανερώσει τις δυνατότητες του matching αλγορίθμου, οι εικόνες μας είναι πανομοιότυπες. Στην εικόνα 2 (Σχήμα 4.12) απλά έχει αφαιρεθεί ένα κομμάτι, το οποίο έγινε στα πλαίσια επιπλέον πειραματικών δοκιμών. Οι μικρολεπτομέρειες, κοντά στο σημείο που έγινε η απομάκρυνση χρήσιμης πληροφορίας, διαφοροποιούνται αρκετά λόγω της αλλαγής στην ευκλείδεια απόσταση των ήδη υπάρχουσών μικρολεπτομερειών. Ο αριθμός των μικρολεπτομερειών διέφερε, με την πρώτη εικόνα να έχει 39, τη δεύτερη 49 και ο αριθμός των όμοιων (θέση, τύπος και γωνία) να φτάνει στις 36. Παρ' όλα αυτά το τμήμα που κόπηκε, δεν ήταν αρκετό για να δημιουργήσει λανθασμένο μη ταίριασμα στις εικόνες μας. Αυτό συμβαίνει όταν λείπει κομμάτι μεγαλύτερο του $1/16$ (ενδεικτικό πειραματικό νούμερο, σίγουρα εξαρτάται από το σημείο αφαίρεσης της πληροφορίας, δηλαδή πόσες μικρολεπτομέρειες αποκόπονται). Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αλγόριθμος έδειξε ότι τα δακτυλικά αποτυπώματα ανήκουν στο ίδιο άτομο με ποσοστό ομοιότητας 73,47%.

Το επόμενο βήμα για να επεκτείνουμε τις δυνατότητες του αλγορίθμου μας ήταν η ιδέα για σύγκριση όχι των ίδιων των σημείων μικρολεπτομέρειας, αλλά των μεταξύ τους διαφορών στις συσχετίσεις. Η ιδέα προήλθε από τη γνώση ότι είναι πιο εύκολο να συγκρίνουμε πρότυπα συσχετίσεων και να έχουμε καλά αποτελέσματα, από το να ψάχνουμε με χρήση της απόλυτης θέσης των μικρολεπτομερειών. Επιλέχθηκε οι συσχετίσεις να πραγματοποιούνται μεταξύ μικρολεπτομερειών με ίδιο τύπο (για να αποφευχθεί ο μεγάλος όγκος συσχετίσεων) και οι θέσεις στον άξονα x , y και οι γωνίες να αντικαθιστώνται με τις διαφορές των τιμών ενός ζεύγους σχετιζόμενων μικρολεπτομερειών. Όποτε για να διευκολυνθεί η κατάσταση αρχικά πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση του πίνακα των μικρολεπτομερειών με βάση την τρίτη στήλη που αφορά τον τύπο. Η επόμενη σκέψη ήταν ο υπολογισμός του αριθμού των μικρολεπτομερειών που ανήκουν σε καθεμιά κατηγορία, τελείωμα και διακλάδωση. Αυτό βοήθησε στο να οριστεί το πώς θα γεμίσει ο πίνακας των συσχετίσεων. Στην αρχή επιλέχθηκε να μην πραγματοποιηθούν διπλές καταχωρήσεις συσχετίσεων, δηλαδή για παράδειγμα το πρώτο τελείωμα να συνδυαζόταν με το δεύτερο, τρίτο ως το τελευταίο, αλλά το δεύτερο να συνδυαζόταν με το τρίτο, τέταρτο ως το τελευταίο κι όχι πάλι με το πρώτο. Αυτή η τακτική δεν είχε επιθυμητά αποτελέσματα, γιατί έβγαζε μικρό αριθμό όμοιων συσχετίσεων, οπότε εικόνες δακτυλικού αποτυπώματος ίδιου ατόμου έβγαιναν ότι ανήκουν σε διαφορετικό άτομο και το ποσοστό μη ταιριάσματος ήταν σε υψηλό ποσοστό.

Η τελική μορφή της συνάρτησης [relativearray](#) προέκυψε όταν αποφασίστηκε να συσχετιστούν όλες τις μικρολεπτομέρειες με όλες για κάθε τύπο ξεχωριστά. Αυτό φυσικά έκρυβε διάφορους κινδύνους, οι οποίοι με κάθε μέσο έπρεπε να αποφευχθούν. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται διπλές καταχωρήσεις, οι οποίες αντί να αφαιρούνται μηδενίζονται, ώστε μετά στη διεργασία υπολογισμού της συσχέτισης να παραβλέπονται. Ο εντοπισμός των διπλών καταχωρήσεων στον πίνακα συσχετίσεων έγινε, αφού ταξινομήθηκε κάθε γραμμή του πίνακα με βάση την πρώτη και έπειτα τη δεύτερη στήλη σε αύξουσα σειρά, ώστε να συγκρίνονται κάθε φορά μόνο 2 διαδοχικές συσχετίσεις για το κατά πόσο είναι όμοιες οι πρώτες δύο στήλες που περιέχουν τις διαφορές dx και dy . Άρα αν βρίσκονται όμοιες να μηδενίζεται όλη η σειρά και αργότερα να προσπερνιέται από τον αλγόριθμο.

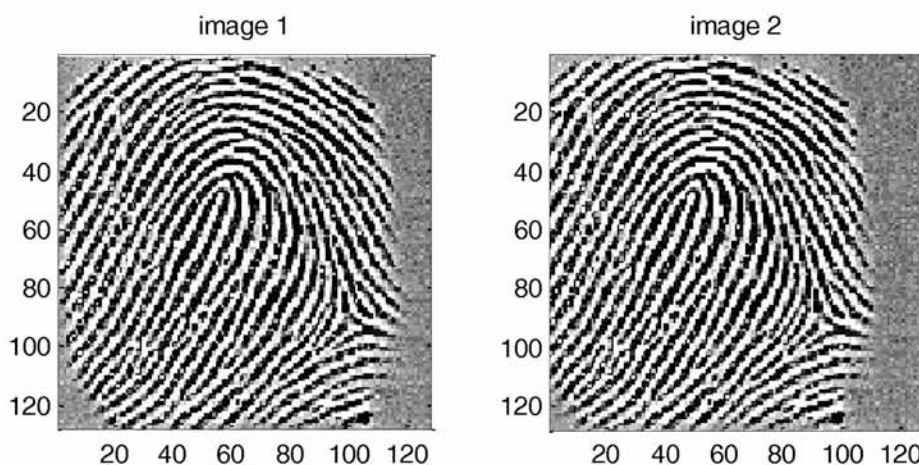
Πηγαίνοντας στη συνάρτηση [relativematching](#) διαπερνώνται οι πίνακες συσχετίσεων των δύο εικόνων, εφόσον είναι διαφορετικές του μηδενός οι τιμές των πρώτων δύο στηλών σε κάθε γραμμή. Αν αυτή η προϋπόθεση πραγματοποιείται το μόνο που επιθυμείται είναι η ταύτιση των διαφορών dx , dy , γωνίας και ταύτιση του τύπου μικρολεπτομέρειας των δύο πινάκων συσχέτισης σε βαθμό μεγαλύτερο του 40% με βάση το μέγιστη τιμή μεταξύ των δύο πινάκων.

Το ποσοστό ομοιότητας δεν είναι ίδιο με την αρχική προσέγγιση της συνάρτησης `matching`. Η τεχνική της συσχέτισης (`correlation`) αν και επιτρέπει την ανεξάρτητη από χωρικές συντεταγμένες στο καρτεσιανό σύστημα, δημιουργεί γεωμετρική αύξηση της πληροφορίας που θα πρέπει να παραχθεί, με αποτέλεσμα η συσχέτιση n σημείων της μιας εικόνας (`source`) με k σημεία της άλλης εικόνας (`matching candidate`) να παράγει nk

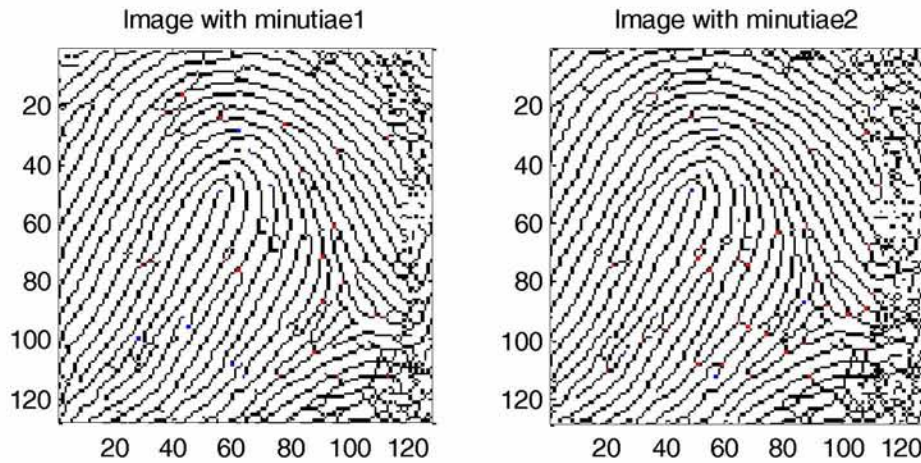
συσχετίσεις. Επιπλέον οι nk συσχετίσεις αναφέρονται σε διανύσματα διαφορών – μοτίβα που δεν έχουν ουσιαστικά μοναδικές και απόλυτες τιμές, αλλά σχετικές. Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας των σχετικών τιμών, το πλήθος των συσχετίσεων περιλαμβάνουν πάρα πολλές οι οποίες παράγονται από μικρολεπτομέρειες που δεν βοηθούν στην αναγνώριση του κατόχου του δακτυλικού αποτυπώματος. Επιπλέον, σε σύγκριση με την προαναφερθείσα προσέγγιση, οι συγκρίσεις μεταξύ των μικρολεπτομερειών, δεν πραγματοποιείται μεταξύ ενός πίνακα n διανυσμάτων με ένα πίνακα k διανυσμάτων αλλά μεταξύ δύο πινάκων n^2 διανυσμάτων με k^2 διανύσματα. Αυτό σημαίνει πως το ποσοστό των επιτυχών συγκρίσεων των συσχετίσεων που απαιτούνται προκειμένου να θεωρηθεί επιτυχής η ταυτοποίηση είναι περίπου 40%, μιας και $\text{sqrt}(n^2 * k^2) \geq 0.6$ άρα $\text{sqrt}(n^2 * k^2) \rightarrow \text{sqrt}(0.4) \approx 0.63$, δηλαδή όταν ταυτίζεται το 40% των συσχετίσεων των πινάκων, έχει το ίδιο σαν αποτέλεσμα, όπως στην προηγούμενη προσέγγιση είχε η συσχέτιση του 60% των μικρολεπτομερειών.

Ο αλγόριθμος έδειξε ότι λειτουργεί σωστά σε εικόνες που έχουν υποστεί απλή μετακίνηση στον άξονα x ή y και σε εικόνες που έχει αφαιρεθεί ένα τμήμα τους (και μάλιστα μέχρι κι αρκετά μεγαλύτερο απ' ότι στην πρώτη περίπτωση του matching). Το πρόβλημα παρουσιάζεται σε εικόνες που έχουν περιστραφεί, στις οποίες δεν είναι εφικτό να ανιχνεύσει πιθανή ομοιότητα, προχωρώντας σε αύξηση του ποσοστού λανθασμένου μη ταιριάσματος.

Ακολουθούν τρία παραδείγματα που επιβεβαιώνουν τον παραπάνω ισχυρισμό. Στο Σχήμα 4.14 παρουσιάζονται δύο εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για να τρέξουμε το πρόγραμμα μας (η δεξιά εικόνα μετατοπισμένη στον άξονα x), ενώ στο Σχήμα 4.15 φαίνεται η διαφορά των θέσεων στις μικρολεπτομέρειες που έχουν βρεθεί μεταξύ των δυο εικόνων. Το ποσοστό των επιτυχών συγκρίσεων των μετατοπίσεων (διαφορές στους πίνακες συσχετίσεων) ως προς τον αρχικό αριθμό μετατοπίσεων αγγίζει το 62,466% και φανερώνει ότι οι εικόνες των συγκεκριμένων δακτυλικών αποτυπωμάτων ανήκουν στο ίδιο άτομο.



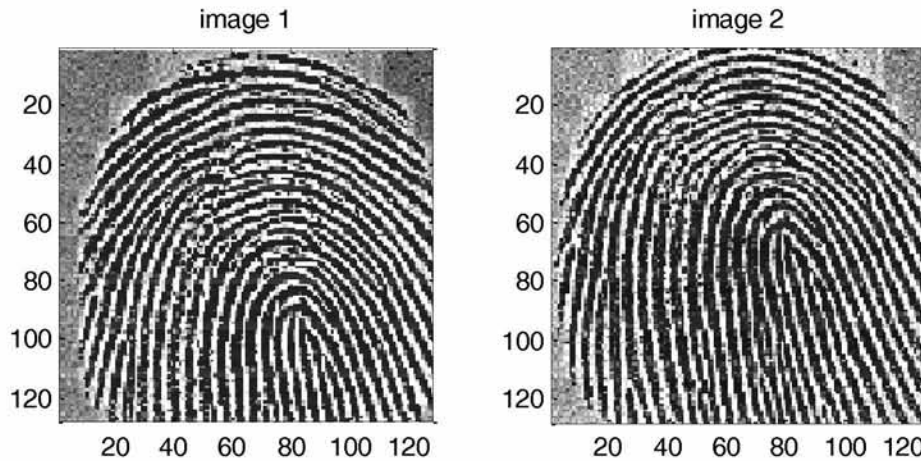
Σχήμα 4.14: Σύγκριση εικόνας δακτυλικού αποτυπώματος μετατοπισμένης στον άξονα x



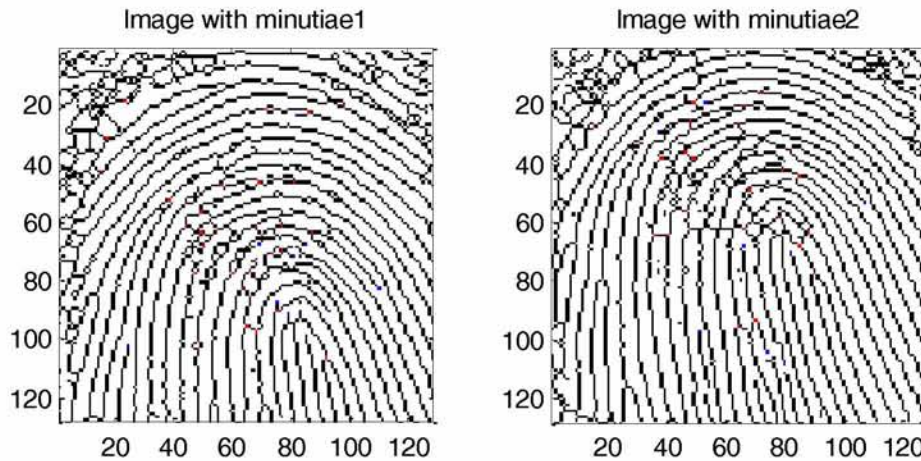
Σχήμα 4.15: Σύγκριση μικρολεπτομερειών μεταξύ των μετατοπισμένων εικόνων (Σχήμα 4.14)

Στο δεύτερο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες εικόνες με το Σχήμα 4.12. Με τον ανανεωμένο αλγόριθμο η συσχέτιση φθάνει το 47,284%, οπότε και εδώ ανακαλύπτει ότι τα δύο δακτυλικά αποτυπώματα ανήκουν στο ίδιο άτομο.

Σε ένα τρίτο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν εικόνες, στις οποίες η δεύτερη είναι μετατοπισμένη ως προς τον άξονα x, αλλά και y ταυτόχρονα (Σχήμα 4.16). Ο αριθμός των επιτυχών συγκρίσεων στις συσχετίσεις στη συγκεκριμένη περίπτωση άγγιξε το 49,84%, ενώ με τον αρχικό αλγόριθμο matching τα δακτυλικά αποτυπώματα φαινόταν να ανήκουν σε διαφορετικό άτομο.



Σχήμα 4.16: Σύγκριση εικόνας δακτυλικού αποτυπώματος μετατοπισμένης στους άξονες x, y



Σχήμα 4.17: Σύγκριση μικρολεπτομερειών μεταξύ των μετατοπισμένων εικόνων (Σχήμα 4.16)

Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είναι στο σύνολο 20, εκ των οποίων κάποιες ανήκουν στο ίδιο άτομο (διακρίνεται από την κοινή ονομασία ή τη διαφορά μόνο του τελευταίου αριθμού από την ονομασία τους). Οι εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για να αποδείξουν τη δυνατότητα σωστού ταιριάσματος για μετατοπισμένες εικόνες ή εικόνες που τους λείπει ένα μικρό κομμάτι, σωστού μη ταιριάσματος για διαφορετικές εικόνες και λανθασμένου μη ταιριάσματος για εικόνες που έχουν υποστεί περιστροφή.

Συμπερασματικά, όπως είναι αντιληπτό καταγράφηκε μια επιτυχία και ενίσχυση του αρχικού αλγορίθμου με μια πρωτοποριακή ιδέα που δεν προτεινόταν έως τώρα στην επιστημονική βιβλιογραφία που χρειάστηκε να μελετήσω στο πλαίσιο της εκπόνησης ενός συστήματος αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος.

5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

5.1 Περιγραφή της διαδικτυακής εφαρμογής

Στο πλαίσιο του παρόντος κεφαλαίου πραγματοποιείται ανάλυση απαιτήσεων σχετικά με τις λειτουργίες του διαδικτυακού τόπου που πρόκειται να αναπτυχθεί και να αποτελέσει τον πρώτο Πανελλήνιο οδηγό εκπαίδευσης στη Βιομετρία. Πιο συγκεκριμένα, το παρόν θα αναφέρεται στις διάφορες κατηγορίες χρηστών, που έχουν πρόσβαση στον ιστοχώρο, στο πλαίσιο χρήσης του συστήματος, στις λειτουργίες που παρέχονται στους χρήστες, στις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις, στο σχεδιασμό, την υλοποίηση, καθώς και την αξιολόγηση του συστήματος.

Ο διαδικτυακός τόπος που θα ονομαστεί «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία» στοχεύει να λειτουργήσει ως δεξαμενή άντλησης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για Επιστήμονες Επαγγελματιών που ασχολούνται με θέματα σχετικά με τη Βιομετρία. Σε αυτούς περιλαμβάνονται κυρίως ειδικοί και μη ειδικοί (φοιτητές) από τον τομέα της εγκληματολογίας, της ασφάλειας σε επίπεδο ελέγχου πρόσβασης και της πληροφορικής. Απαραίτητο χαρακτηριστικό είναι η επικαιροποίηση και η διαρκής αναβάθμιση γνώσεων, προκειμένου να ανταποκρίνεται στις αυξανόμενες απαιτήσεις και μοναδική προϋπόθεση αποτελεί η πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η δημιουργία μιας πηγής γνώσεων της Βιομετρίας στα ελληνικά είναι ιδιαίτερα πρωτοποριακή, αφού υπάρχει μειωμένη ενασχόληση στην Ελλάδα, παρ' ότι στο εξωτερικό αποτελεί έναν από τους πιο ραγδαία εξελισσόμενους κλάδους, ειδικότερα την τελευταία δεκαπενταετία, προσφέροντας πλήθος εφαρμογών στην καθημερινή ζωή. Κάτι τέτοιο σηματοδοτεί την ανάγκη εξοικείωσης και ενημέρωσης σε αυτόν τον επιστημονικό κλάδο, που αποτελούν κυρίαρχους στόχους και στόχους του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού ιστότοπου.

Ο ηλεκτρονικός οδηγός εκπαίδευσης θα παρέχει στους επισκέπτες της ιστοσελίδας βασικές γνώσεις πάνω στη Βιομετρία, την ιστορική εξέλιξή της, τα βιομετρικά χαρακτηριστικά, τις εφαρμογές της, την αρχιτεκτονική ενός Βιομετρικού Συστήματος, αλλά και τα διαφορετικά είδη των Βιομετρικών Συστημάτων, τα πρότυπα προτυποποίησης που ακολουθούνται και τις μεθόδους πιστοποίησης που έχουν αναπτυχθεί. Όλα τα προαναφερθέντα αναλύθηκαν εκτενώς στα πρώτα τρία κεφάλαια. Πέρα από αυτό το βασικό κομμάτι πληροφοριών θα προσφέρει και εξειδικευμένη γνώση, αφού θα περιέχει την υλοποίηση συστήματος αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος, η οποία περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο λεπτομερώς. Ολόκληρο το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη δόμηση του πεδίου γνώσεων αντλήθηκε από έγκυρες βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές πηγές, τις οποίες οι χρήστες του διαδικτυακού χώρου θα έχουν τη δυνατότητα να βρουν αναρτημένες μαζί και με άλλους χρήσιμους συνδέσμους.

Η εφαρμογή έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, εφόσον προσφέρει πληροφορίες όλο το εικοσιτετράωρο, είναι διαθέσιμη σε ολόκληρη την Ελλάδα και τον κόσμο, δε χρειάζεται προσωπικό και έχει λιγότερο κόστος σε χρόνο και χρήμα. Επομένως αναμένεται να

διευκολύνει τα άτομα που σκέφτονται να ασχοληθούν με τον κλάδο, καθώς επίσης θα δώσει κίνητρα για περαιτέρω ενασχόληση, κυρίως μέσα από την εξειδικευμένη γνώση. Πρόκειται για μια εύχρηστη και ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδο ανάπτυξης οδηγού εκπαίδευσης, δεδομένου ότι θα περιέχει στο μενού «συχνές ερωτήσεις», τα γνωστά σε όλους ως «FAQ's», που συναινούν στην εύκολη κατανόηση και απόκτηση γνώσης, ενώ παράλληλα προσπαθούν να δώσουν απάντηση σε πιθανές αναδυόμενες απορίες. Με τη διάδοση του διαδικτύου να ανεβαίνει σταθερά, θεωρείται πολύ ενδιαφέρουσα η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος και για τον επιπλέον λόγο ότι δεν υπάρχει υλικό στα ελληνικά που να προσφέρει πληθώρα γνώσεων σε θέματα Βιομετρίας.

Βασικές λειτουργίες που θα είναι σε θέση να υποστηρίξει είναι ανάγνωση, αντιγραφή, αποθήκευση και εκτύπωση πληροφοριών σχετικών με τη Βιομετρία, προβολή ανακοινώσεων για πιστοποιήσεις και συνέδρια που πραγματοποιούνται με θέμα τη Βιομετρία, καθώς και παρουσίαση δεδομένων από την υποδειγματική υλοποίηση συστήματος αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος.

Το σύστημα θα λειτουργεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα μέσω ενός προγράμματος περιήγησης (browser). Το σύστημα θα είναι προσβάσιμο και εύχρηστο μέσω Firefox, Internet Explorer, Opera, Safari, Google Chrome. Οι συσκευές μέσω των οποίων θα αλληλεπιδρά ο χρήστης με το σύστημα είναι οι τοπικές συσκευές εισόδου και εξόδου, δηλαδή πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνη και ηχεία.

5.2 Μέθοδος του κύκλου ζωής της εφαρμογής

Μόλις έγινε αντιληπτή η ανάγκη για προσανατολισμένη διεπαφή (interface) στο χρήστη μιας εφαρμογής (διαδικτύου ή μη), εξαιτίας της δυνατότητας να προσφέρει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ικανοποίηση στο χρήστη, αναπτύχθηκαν αρκετές μέθοδοι σχεδίασης της διεπαφής. Σχεδόν όλες οι μέθοδοι αποτελούνταν από τα εξής στάδια [22], [23]:

- Ανάλυση Απαιτήσεων, τόσο του χρήστη όσο και του συστήματος εργασίας.
- Ορισμός των προδιαγραφών της διεπαφής, που προκύπτει από το προηγούμενο στάδιο.
- Προσχεδίαση της διεπαφής και αξιολόγησή της.
- Σχεδιασμός της διεπαφής.
- Προγραμματισμός των τεχνικών στοιχείων της εφαρμογής.
- Ολοκλήρωση του σχεδιασμού της διεπαφής.
- Συντήρηση της διεπαφής και πιθανή αλλαγή - διόρθωσή του μετά την κυκλοφορία (release) του προϊόντος - εφαρμογής στην αγορά.

Η παραπάνω μέθοδος προϋποθέτει ολοκλήρωση ενός βήματος, προτού προχωρήσουμε στο επόμενο και απαγορεύει την επιστροφή σε προηγούμενο βήμα. Γι' αυτόν το λόγο καλείται «Μέθοδος Καταρράκτη» (Waterfall Method).

Με την επικράτηση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού και της ανάλυσης συστημάτων έγινε φανερή η αδυναμία αποτελεσματικότητας της παραπάνω μεθόδου.

Νέες μέθοδοι λοιπόν γεννήθηκαν που επέτρεπαν τις επιστροφές σε προηγούμενα βήματα υπό μορφή επαναλήψεων μέχρι η διεπαφή να περνά με επιτυχία τις αξιολογήσεις.

Σήμερα, με την εμπειρία πολλών χρόνων, νέες επαναληπτικές μέθοδοι έχουν προκύψει, οι οποίες έχουν πολύ καλά αποτελέσματα. Η πιο δημοφιλής μέθοδος καλείται «Μέθοδος του Κύκλου Ζωής της Μηχανικής Ευχρηστίας (Usability Engineering Lifecycle) [24].

Η χρήση της μοντέρνας αυτής μεθόδου βελτιστοποιεί τη διεπαφή των εφαρμογών (διαδικτύου ή μη) ως προς την ευχρηστία τους. Η ευχρηστία (Usability) είναι ένα μέτρο της ποιότητας της εμπειρίας του χρήστη, όταν αυτός αλληλεπιδρά με ένα διαδραστικό (interactive) προϊόν, δηλαδή με τον υπολογιστή ή πιο συγκεκριμένα με την διαδικτυακή εφαρμογή. Βέβαια αξίζει να τονισθεί ότι το συνολικό προϊόν το οποίο πραγματεύεται θα πρέπει να είναι συγκεκριμένο, με ξεκάθαρες τις απαντήσεις του «τι είδος εφαρμογής θέλουμε να σχεδιάσουμε και με ποιο στόχο;», «σε ποιο σύστημα θα δουλέψει και πού θα βρίσκεται το σύστημα;», «σε ποιους θα απευθύνεται το προϊόν» κλπ.

Όπως σε κάθε σύγχρονη μέθοδο της Μηχανικής Ευχρηστίας υπάρχουν τρία στάδια εργασίας [24]:

- Το στάδιο της Ανάλυσης Απαιτήσεων (Requirements Analysis), όπου γίνεται μελέτη των χρηστών, του συστήματος εργασίας, της πλατφόρμας (λειτουργικό και είδος εφαρμογής) και ο προσδιορισμός των απαιτήσεων ευχρηστίας.
- Το στάδιο του Σχεδιασμού / Αξιολόγησης / Ανάπτυξης, όπου σχεδιάζεται η διεπαφή.
- Το στάδιο της Εγκατάστασης (Installation), όπου ξαναμελετάμε τη διεπαφή, μετά την κυκλοφορία (release), του προϊόντος-εφαρμογής στην αγορά, επεξεργαζόμενοι και την ανάδραση (feedback) από τους χρήστες.

Κάθε στάδιο αποτελείται από κάποια υποστάδια, τα οποία δεν απαιτούν σειριακή εκτέλεση, αλλά μπορούν να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και επιτρέπουν τις επιστροφές σε προηγούμενα. Επίσης αν κριθεί σκόπιμο κάποια υποστάδια του Σχεδιασμού / Αξιολόγησης / Ανάπτυξης μπορούν να παραλειφθούν, προκειμένου να κερδηθεί χρόνος ή να μειωθεί το κόστος, πιο συγκεκριμένα όταν η διεπαφή της εφαρμογής είναι απλή, όπως στους περισσότερους ιστοχώρους.

5.3 Κατηγορίες χρηστών

Ο «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία» θα απευθύνεται σε δύο κύριες κατηγορίες χρηστών: *επισκέπτες* και *διαχειριστές*.

Οι υποψήφιοι χρήστες του συστήματος ως επισκέπτες είναι: *εγκληματολόγοι* και *αστυνομικοί*, οι οποίοι χρησιμοποιούν ήδη μερικά είδη βιομετρικών μεθόδων, *ερευνητές*, οι οποίοι ενδιαφέρονται για ανάπτυξη εναλλακτικών Βιομετρικών Συστημάτων ή βελτίωση της υπάρχουσας τεχνολογίας, *πανεπιστημιακοί καθηγητές* και *φοιτητές* κυρίως του τομέα της Πληροφορικής. Κάθε χρήστης ανάλογα με το επάγγελμά του και το επίπεδο σπουδών του, αναμένεται να έχει ένα ειδικό ενδιαφέρον σε ορισμένα πεδία γνώσης. Για παράδειγμα, ένας ερευνητής θα ενδιαφέρεται περισσότερο για το κομμάτι

της υλοποίησης του συστήματος αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος. Το επάγγελμα και το επίπεδο σπουδών καθορίζει και την προαπαιτούμενη γνώση του χρήστη για κάθε έννοια του πεδίου γνώσης. Παράδειγμα, θεωρούμε ότι η προαπαιτούμενη γνώση ενός ερευνητή ή ενός εγκληματολόγου για ζητήματα Βιομετρίας, είναι σημαντικά υψηλότερη από εκείνη ενός απλού φοιτητή. Παρ' όλα αυτά, όλοι οι τύποι επισκεπτών συγκλίνουν στον επιμορφωτικό χαρακτήρα της δικτυακής εφαρμογής.

Ο διαχειριστής του συστήματος έχει διπλό ρόλο, καθώς εκτός απ' το να είναι ο υπεύθυνος για την τεχνική λειτουργία του συστήματος, θα ανανεώνει το εκπαιδευτικό υλικό και τις γενικότερες πληροφορίες του ιστοχώρου. Παρ' όλα αυτά, αυτή η διπλή εργασία μπορεί να απευθύνεται σε δυο διαφορετικά άτομα, τα οποία όμως πρέπει να συνεργάζονται πλήρως. Αποτελεί χρήστη που διαθέτει πλήρη δικαιώματα και έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει οποιαδήποτε ενέργεια σχετίζεται με το σύστημα, έχοντας πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα. Αναλαμβάνει τη συντήρηση και αναβάθμιση του συστήματος. Συγκεκριμένα διαχειρίζεται το κεντρικό μηχάνημα όπου είναι αποθηκευμένα όλα τα δεδομένα και ενημερώνει κάθε φορά το λογισμικό που χρησιμοποιείται από τις διάφορες υπηρεσίες. Επίσης, ελέγχει την ασφάλεια του ιστοχώρου και του συστήματος, στοχεύοντας σε πιθανά κενά ασφαλείας ή πιθανές διαδικτυακές επιθέσεις. Όσον αφορά το δεύτερο ρόλο τους μπορούν πιο συγκεκριμένα να εισάγουν νέα δεδομένα, να τροποποιήσουν ή και να διαγράψουν κάποια ήδη υπάρχοντα. Συμπερασματικά, κρίνεται απαραίτητη η γνώση σχεδίασης και υλοποίησης λογισμικού με κατάλληλη εκπαίδευση.

Μια τέτοια εφαρμογή με υψηλή ευχρηστία θα διασφαλίζει στους χρήστες:

- Μειωμένο χρόνο για αναζητήσεις και κόστος εκπαίδευσης
- Πλήρη κατανόηση των δεδομένων εξόδου της εφαρμογής μέσω και της αυξημένης ακρίβειας εισαγωγής δεδομένων
- Μειωμένη ανάγκη για τεχνική υποστήριξη

Η υψηλή ευχρηστία όμως στο δημιουργό του λογισμικού προσφέρει:

- Μειωμένο κόστος συντήρησης και ανάπτυξης του λογισμικού
- Ικανοποιημένους χρήστες
- Μειωμένο κόστος τεχνικής υποστήριξης χρηστών

5.4 Ανάλυση Απαιτήσεων

Η ανάλυση απαιτήσεων θεωρείται το πρώτο στάδιο στον κύκλο ζωής ενός λογισμικού προϊόντος [25], [23], [26]. Η ανάλυση απαιτήσεων έχει ως στόχο την κατανόηση των αναγκών των χρηστών, της εργασίας που εκτελούν και των συνθηκών μέσα στις οποίες εργάζονται, ώστε η διεπαφή που θα αναπτυχθεί να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν πληρέστερα σ' αυτές τις ανάγκες. Η διαδικασία της ανάλυσης απαιτήσεων χωρίζεται σε απαιτήσεις συστήματος και χρηστών.

5.4.1 Απαιτήσεις Συστήματος

Μερικές φορές ονομάζεται εκμείυση ή ανακάλυψη απαιτήσεων. Το τεχνικό προσωπικό εργάζεται με τους πελάτες για να διαπιστώσει στο πεδίο εφαρμογής τις υπηρεσίες που πρέπει να παρέχει το σύστημα και τους λειτουργικούς περιορισμούς. Υπάρχουν δύο κατηγορίες απαιτήσεων: λειτουργικές και μη λειτουργικές. Οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τις εργασίες (λειτουργίες) που θα πρέπει να εκτελεί το σύστημα. Επιπλέον, καθορίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος, δηλ. την απόκριση που πρέπει να εμφανίζει στο περιβάλλον του όταν ισχύουν συγκεκριμένες συνθήκες. Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το σύστημα, τα οποία δεν αφορούν την εκτέλεση κάποιας λειτουργίας από αυτό. Καθορίζουν ιδιώματα εμφάνισης (αισθητική, επικοινωνία με το χρήστη), επιδόσεων (αξιοπιστία, χρόνος εκτέλεσης, χρήση πόρων), υλοποίησης, κ.τ.λ.

Λειτουργικές απαιτήσεις

- Προσθήκη, ανανέωση εκπαιδευτικού υλικού στον ιστότοπο.
- Τροποποίηση, διόρθωση ή αφαίρεση πληροφοριών από τον οδηγό εκπαίδευσης.
- Ανάγνωση, αντιγραφή, αποθήκευση σε μορφή pdf αρχείου, εκτύπωση του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού.
- Διαθεσιμότητα του διαδικτυακού χώρου σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα.
- Δυνατότητα αναζήτησης με χρήση λέξης-κλειδί για ανακάλυψη συγκεκριμένης πληροφορίας μέσα στο καταχωρημένο υλικό της εφαρμογής.
- Παροχή ανακοινώσεων για εκδηλώσεις, συνέδρια και εξετάσεις πιστοποίησης στον τομέα της Βιομετρίας.
- Παροχή σημαντικών συνδέσμων για αναζήτηση περισσότερων πληροφοριών.
- Παροχή βοήθειας με την εισαγωγή στοιχείων επικοινωνίας.
- Ανάρτηση πηγών που χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση πληροφοριών, με σκοπό τη δημιουργία του εκπαιδευτικού υλικού στον ιστοχώρο.
- Προβολή υλοποίησης ενός συστήματος αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος με περιγραφή και παρουσίαση αποτελεσμάτων.
- Άντληση στατιστικών στοιχείων για τον αριθμό των επισκεπτών της διαδικτυακής εφαρμογής.
- Δημιουργία back-up αρχείων.
- Πρόσβαση μέσω διαδικτύου. Το μόνο λογισμικό που χρειάζεται από την πλευρά του χρήστη, είτε διαχειριστή είτε επισκέπτη, είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης.
- Υψηλή μεταφερσιμότητα του συστήματος, ώστε το σύστημα να λειτουργεί ομαλά ανεξάρτητα από την πλατφόρμα.

- Επιλογή ενός μοναδικού domain name που θα φιλοξενεί την διαδικτυακή εφαρμογή και αποθήκευσή της σε web server.

Μη λειτουργικές απαιτήσεις

- Χρήση ενός Content Management System (CMS) ως πλήρους συστήματος διαχείρισης περιεχομένου. Επιλέγεται το Joomla ως το πλέον διαδεδομένο. Η χρήση του Joomla είναι απολύτως δωρεάν και πρόκειται για ένα εξαιρετικά ευέλικτο και φιλικό σύστημα.
- Χρήση ενός Web designer. Επιλέγεται το Artisteer ως πλέον συμβατό με το Joomla. Το Artisteer είναι ιδανικό για την κατασκευή του προτύπου μιας ιστοσελίδας. Είναι εύχρηστο και προσφέρει πολλές δυνατότητες για το σχεδιασμό ενός μοναδικού και δυναμικού ιστοχώρου.
- Χρόνος απόκρισης σε περίπτωση αναζήτησης λιγότερος από 10 δευτερόλεπτα.
- Μικρή χωρητικότητα κάθε ιστοσελίδας, ώστε να γίνεται γρήγορα η φόρτωσή της.
- Έλεγχος της ασφάλειας με διαφύλαξη της ακεραιότητας, που συντελεί στη διαφύλαξη και πληρότητα των πληροφοριών της εφαρμογής από πιθανές διαδικτυακές επιθέσεις και με δημιουργία back-up αρχείων. Επιπλέον ασφάλεια σημαίνει διαθεσιμότητα των δεδομένων, που νοείται ως άμεση πρόσβαση στα δεδομένα χωρίς καθυστέρηση.
- Οι διεπαφές να είναι απλές και αποτελεσματικές.
- Το περιβάλλον της εφαρμογής να είναι ελκυστικό και εύχρηστο, ώστε να κεντρίζει το ενδιαφέρον του επισκέπτη, αλλά να μην τον αποπροσανατολίζει από το περιεχόμενο, γιατί ο ρόλος της είναι διδακτικός.
- Το εκπαιδευτικό υλικό να είναι διαθέσιμο σε διάφορα μέσα, ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη (κείμενο, εικόνα, βίντεο κλπ).
- Περιοχές της οθόνης να διατηρούν σταθερή σχεδίαση, με τα πιο χρήσιμα για τον χρήστη μενού, ώστε να μην υπάρχει σύγχυση από την πλευρά του χρήστη.
- Σε κάθε βήμα της πλοήγησης, να υπάρχουν τα απαραίτητα μενού για έξοδο από την εφαρμογή ή πρόσβαση στην αρχική σελίδα.
- Ο χρήστης να γνωρίζει κάθε στιγμή σε ποια θέση του εννοιολογικού δικτύου βρίσκεται (ποια σελίδα μελετάει), ποιους κόμβους έχει ήδη επισκεφθεί, ποιοι είναι οι προτεινόμενοι.

5.4.2 Απαιτήσεις Χρηστών

Το πρώτο βήμα στον προσδιορισμό των χρηστών του συστήματος είναι η γνωριμία με αυτούς. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει την κατανόηση και καταγραφή των στόχων τους και των εργασιών που χρειάζεται να εκτελέσουν. Ακολουθεί ανάλυση απαιτήσεων για κάθε κατηγορία χρηστών.

Απαιτήσεις Διαχειριστή

- Δυνατότητα συντήρησης και αναβάθμισης του συστήματος.
- Διαχείριση του κεντρικού μηχανήματος που είναι αποθηκευμένα όλα τα δεδομένα.
- Διαχείριση συστήματος μέσω προγράμματος πλοήγησης χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπρόσθετου λογισμικού.
- Εύκολος τρόπος επιλογής και επεξεργασίας δεδομένων.
- Διαχείριση και κατηγοριοποίηση περιεχομένου, ώστε να διαμορφώνουν την εμφάνιση του ιστοχώρου (π.χ. μενού) και να τον καθιστούν πιο εύχρηστο.
- Προσθήκη, διόρθωση ή διαγραφή και αποθήκευση εκπαιδευτικού υλικού.
- Ενημέρωση ανακοινώσεων και πηγών άντλησης του εκπαιδευτικού υλικού.
- Διαχείριση του περιεχομένου της σελίδας «Συχνές Ερωτήσεις».
- Διατήρηση των στοιχείων επικοινωνίας για παροχή βοήθειας.
- Καθορισμός κύκλου ζωής (Life Cycle) για κάθε κατηγορία περιεχομένου (χρονικός καθορισμός δημοσιοποίησης, απόσυρσης, απομάκρυνσης, επαναδημοσίευσης).
- Διαχείριση συνδέσμων (Links) (έλεγχος συνόλου συνδέσμων ώστε να διαπιστώνεται ποια από αυτά έχουν συνδεδεμένα άκρα και ποια όχι).
- Διαχείρισης περιεχομένου πολυμέσων και εικόνων.
- Δυνατότητα άντλησης στατιστικών στοιχείων για τον αριθμό επισκεπτών.

Απαιτήσεις Επισκέπτη

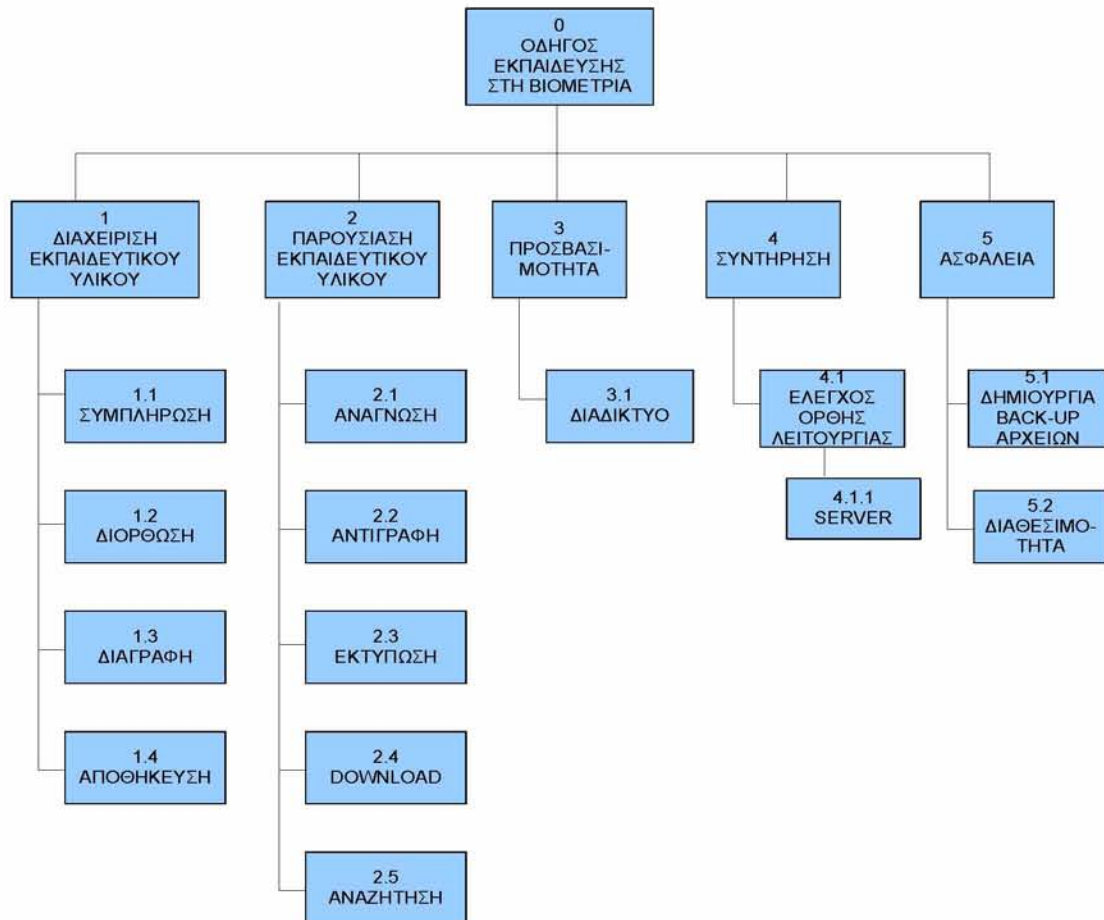
- Προσπέλαση του συστήματος μέσω προγράμματος πλοήγησης χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπρόσθετου λογισμικού.
- Ανάγνωση, αντιγραφή, εκτύπωση ή αποθήκευση σε μορφή pdf των σχετικών με τη Βιομετρία πληροφοριών που έχουν αναρτηθεί.
- Δυνατότητα προβολής του περιεχομένου που προτιμά (κείμενο, εικόνες, video).
- Δυνατότητα επικοινωνίας με το διαχειριστή (πιθανόν για παροχή βοήθειας).
- Δυνατότητα πρόσβασης και σε άλλους χρήσιμους ιστότοπους με συναφές περιεχόμενο.
- Εύρεση πληροφοριών μέσω αναζήτησης με χρήση λέξης-κλειδί.
- Εύκολη αναζήτηση, εύρεση και προσπέλαση συχνά τιθεμένων ερωτήσεων και αποριών ανά κατηγορία (Συχνές ερωτήσεις).

5.4.3 Δομημένη ανάλυση

Ιεραρχική ανάλυση

Η ιεραρχική ανάλυση περιγράφει μια διεργασία ως μια ιεραρχία σχεδίων (ή πλάνων) και ενεργειών [25], [23], [26]. Σε μια ιεραρχική ανάλυση, μια διεργασία διασπάται από πάνω προς τα κάτω διαμορφώνοντας με αυτόν τον τρόπο μια ιεραρχική σχέση μεταξύ των διεργασιών. Η ανάλυση στηρίζεται στις ψυχολογικές και φυσικές απαιτήσεις του χρήστη, οργανώνοντας τη γνώση που σχετίζεται με την εργασία. Το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια, στη φάση του σχεδιασμού ώστε να υλοποιηθούν συστήματα που ανταποκρίνονται ακριβώς στις διεργασίες που πρέπει να εκτελέσει ένας χρήστης ώστε να πετύχει το στόχο του.

Το σύστημα, δηλαδή ο ηλεκτρονικός οδηγός εκπαίδευσης στη Βιομετρία, διασπάστηκε σε 5 βασικές διαδικασίες, οι οποίες με τη σειρά τους χωρίστηκαν περαιτέρω. Δεν πρέπει να παραβλεφτεί ότι η ιεραρχική ανάλυση έπεται της ανάλυσης απαιτήσεων, η οποία αποτελεί εφόδιο για τη διενέργεια του διαγράμματος που ακολουθεί.



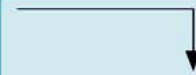



Σχήμα 5.1: Ιεραρχική ανάλυση του Συστήματος «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία»

Διαγράμματα Ροής Δεδομένων

Τα διαγράμματα ροής δεδομένων (ΔΡΔ) είναι εργαλεία της δομημένης ανάλυσης και σχεδίασης του συστήματος και απεικονίζουν γραφικά τη σχέση μεταξύ διεργασιών και δεδομένων με σκοπό την κατασκευή ενός μοντέλου που παριστάνει τον εν λόγω ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό οδηγό [25], [23].

Τα διαγράμματα ροής δεδομένων έχουν 4 κύρια στοιχεία: τη ροή δεδομένων (data flow), τη διεργασία (process), την εξωτερική οντότητα (interface) και την αποθήκευση δεδομένων (data store), όπως παριστάνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.1: Τα τέσσερα κύρια στοιχεία των διαγραμμάτων ροής δεδομένων

α/α	Τύπος	Περιγραφή	Συμβολισμός
1.	Ροή δεδομένων (data flow)	Δίαυλοι κυκλοφορίας πληροφορίας γνωστού περιεχομένου.	
2.	Διεργασία (process)	Εργασίες που γίνονται από ανθρώπους, μηχανές ή Η/Υ σε εισερχόμενες ροές δεδομένων με σκοπό την παραγωγή εξερχόμενων ροών δεδομένων.	
3.	Εξωτερική οντότητα (interface)	Οντότητες που βρίσκονται εκτός του συστήματος αλλά αποτελούν πηγή ή προορισμό δεδομένων του.	
4.	Αποθήκευση δεδομένων (data store)	Αποθήκες δεδομένων. Μπορούν να επικοινωνούν μόνο με διεργασίες.	

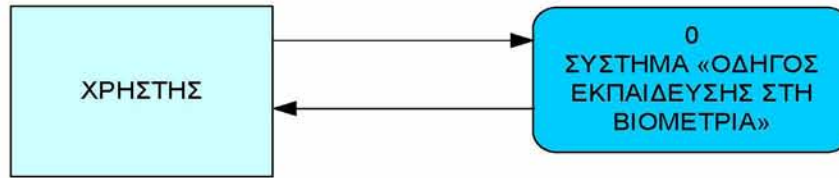
Οι κυριότερες δυνατότητες των ΔΡΔ είναι ότι παρέχουν στοιχεία για:

- Τη διάσπαση ενός συστήματος σε υποσυστήματα.
- Τις ροές δεδομένων στο σύστημα.
- Τα εισερχόμενα και εξερχόμενα δεδομένα καθώς και τις αποθηκεύσεις τους.
- Τις πηγές και τους προορισμούς του συστήματος.

Η κατασκευή ενός ΔΡΔ είναι μια διαδικασία από πάνω προς τα κάτω (top-down) για να υπάρχει πληρέστερη και λεπτομερέστερη αναπαράσταση του συστήματος. Έτσι, προκύπτει η ακόλουθη ιεραρχία:

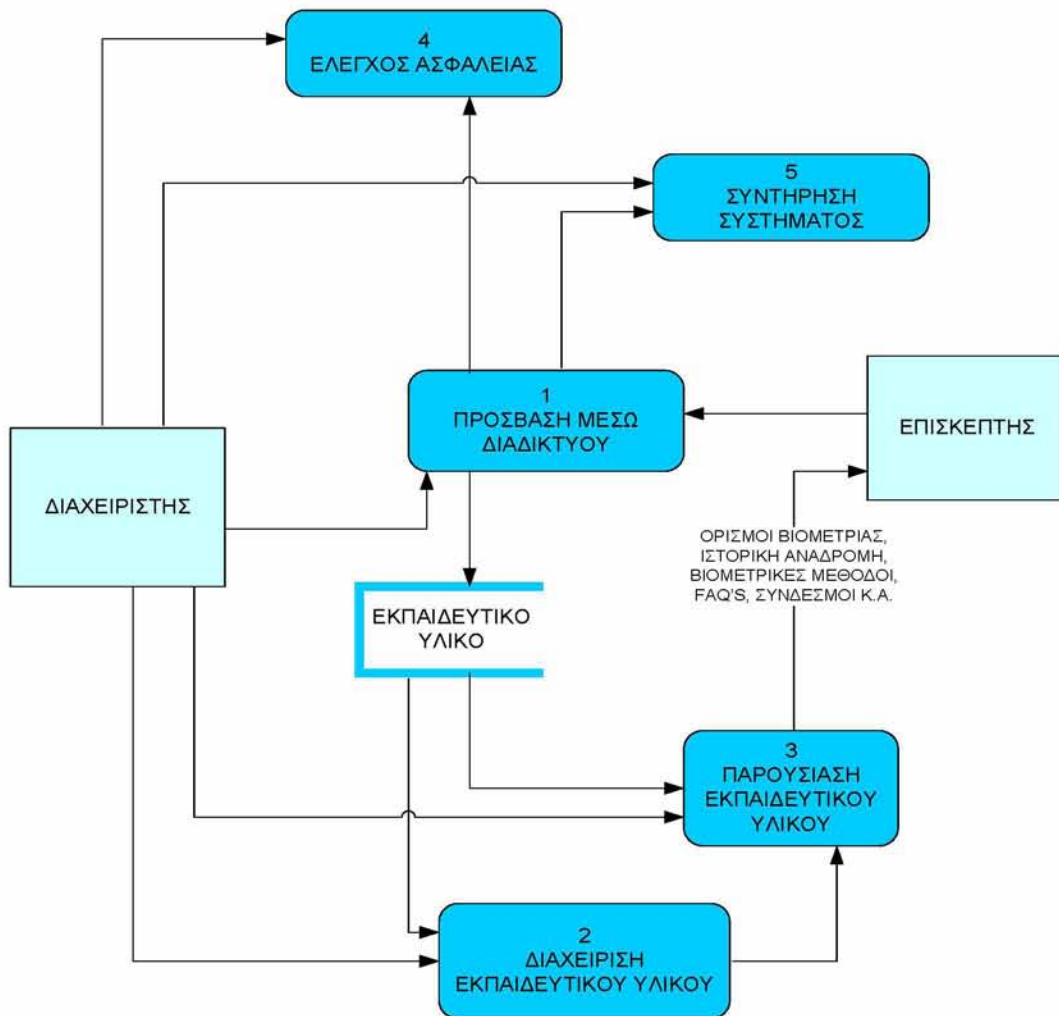
- Γενικό διάγραμμα ή Διάγραμμα επιπέδου μηδέν
- Διάγραμμα πρώτου επιπέδου
- Διάγραμμα κατωτέρων επιπέδων

Στο παρακάτω διάγραμμα επιπέδου μηδέν (Σχήμα 5.2) βλέπουμε ότι κάθε κατηγορία χρηστών αλληλεπιδρά με το σύστημα, στέλνοντας και λαμβάνοντας δεδομένα. Ουσιαστικά σε αυτό το διάγραμμα διαφαίνονται τα όρια του συστήματος.



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα Επιπέδου 0

Στο διάγραμμα πρώτου επιπέδου που ακολουθεί (Σχήμα 5.3) περιγράφονται οι βασικές διεργασίες, ροές και αποθηκεύσεις δεδομένων. Ο διαχειριστής και ο επισκέπτης της διαδικτυακής εφαρμογής έχουν πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό μέσω διαδικτύου. Ο διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση του υλικού που παρουσιάζεται και βλέπει ο κοινός επισκέπτης. Ακόμη ο διαχειριστής αναλαμβάνει την εξασφάλιση της ασφάλειας του ιστοχώρου, καθώς και τη συντήρησή του.

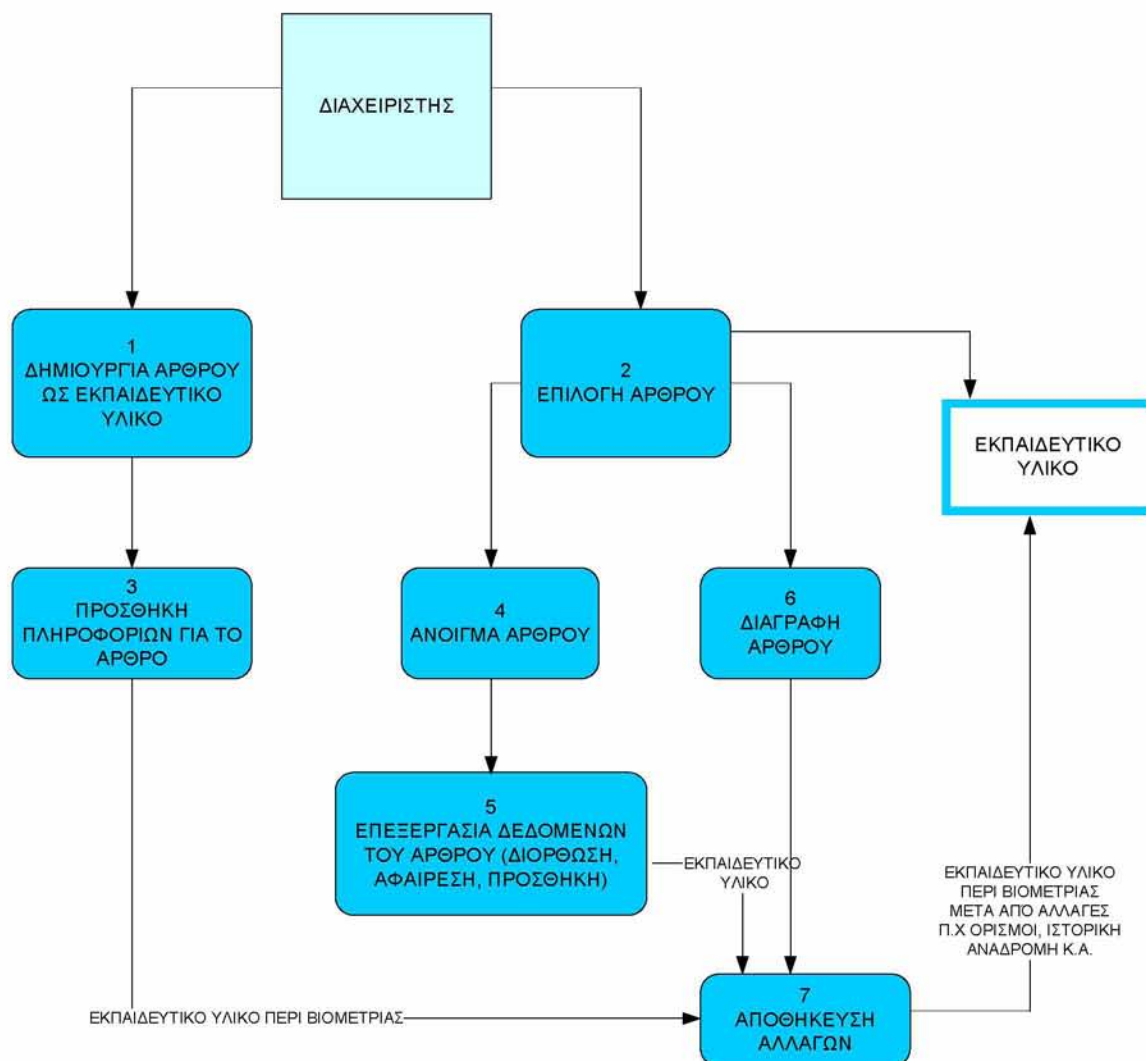


Σχήμα 5.3: Διάγραμμα Επιπέδου 1

Λόγω της ανάγκης για περισσότερη λεπτομέρεια, μια διεργασία από το πρώτο επίπεδο και οι σχετικές ροές δεδομένων αναπαριστώνται πλήρως στα διαγράμματα

κατώτερου επιπέδου. Οπότε επιλέχθηκε να διασπαστεί η διεργασία 2 και 3 του ανώτερου επιπέδου, για να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία του οδηγού εκπαίδευσης.

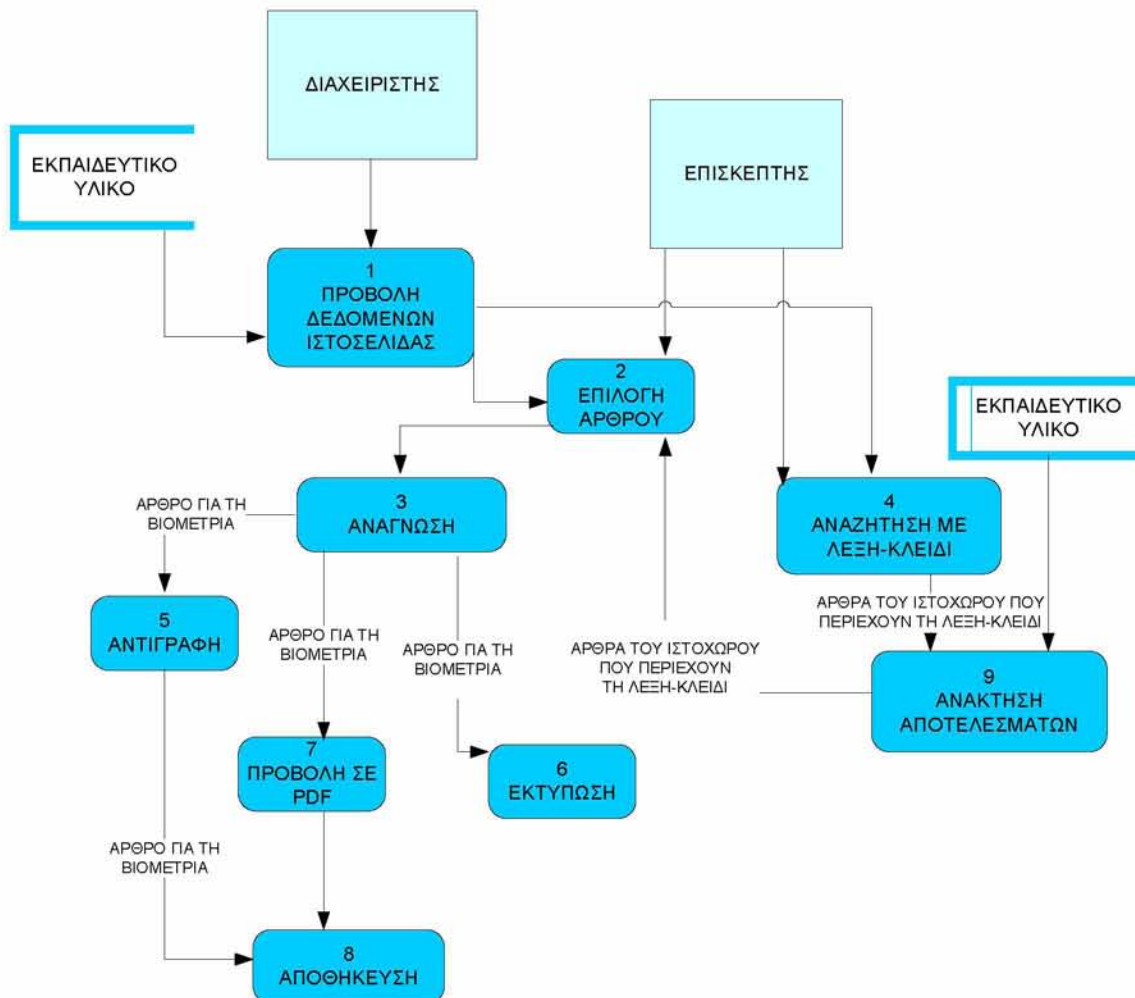
Όσον αφορά τη διεργασία της διαχείρισης του εκπαιδευτικού υλικού (Σχήμα 5.4), σημειώνεται ότι σε αυτή συμμετέχει μόνο ο διαχειριστής. Ο διαχειριστής αρχικά μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο άρθρο που αφορά τη Βιομετρία, να προσθέσει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, να τις αποθηκεύσει στο server, ώστε να υπάρχει δυνατότητα προβολής τους στη συνέχεια. Από την άλλη μπορεί να επιλέξει ένα ήδη υπάρχον άρθρο και να το διαμορφώσει, να προσθέσει πληροφορία, να διορθώσει ή και να αφαιρέσει τμήμα του ή ακόμα και να το διαγράψει πλήρως, πριν πραγματοποιήσει άνοιγμα. Απαραίτητα ακολουθεί αποθήκευση των αλλαγών που έγιναν, ώστε να γίνει ανανέωση και του καταχωρημένου εκπαιδευτικού υλικού.



Σχήμα 5.4: Διάγραμμα Επιπέδου 2 για τη διεργασία 2 του Επιπέδου 1

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 5.5) αναλύεται η διεργασία της παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού. Αφού έχει προηγηθεί η διαχείριση με τελική διεργασία την αποθήκευση, ο διαχειριστής πλέον έχει αναρτήσει και προβάλλει το εκπαιδευτικό υλικό

σε μορφή άρθρων στις διάφορες ιστοσελίδες. Ο επισκέπτης μπορεί πια εύκολα να επιλέξει κάποιο άρθρο προς ανάγνωση ή να προχωρήσει στην αναζήτηση πληροφορίας μέσα από το αναρτημένο εκπαιδευτικό υλικό με τη χρήση μιας λέξης-κλειδί. Η αναζήτηση θα οδηγήσει σε μηδέν ή περισσότερα αποτελέσματα, από τα οποία ο επισκέπτης αποφασίζει να επιλέξει κάποιο (αν υπάρχει) προς ανάγνωση. Η ανάγνωση προσφέρει τη δυνατότητα εκτύπωσης κάποιου άρθρου, είτε αντιγραφής ή προβολής σε μορφή pdf αρχείου, έτσι ώστε τα άρθρα να μπορούν να αποθηκευτούν.



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα Επιπέδου 2 για τη διεργασία 3 του Επιπέδου 1

Με αυτό τον τρόπο ολοκληρώθηκε η δομημένη ανάλυση του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης, συνεισφέροντας στην καλύτερη κατανόηση και λεπτομερέστερη παρουσίαση των λειτουργιών που θα εκτελεί το σύστημα.

5.5 Σχεδιασμός και Υλοποίηση

Η επικοινωνία μιας εφαρμογής με το χρήστη είναι τόσο σημαντική, όσο και το ίδιο το περιεχόμενο της εφαρμογής. Χωρίς μια καλή διεπαφή χρήστη, πιθανά ο χρήστης δεν θα μπορέσει ποτέ να πάρει το πλήρες περιεχόμενο της εφαρμογής. Υπάρχουν γενικές και

ειδικές αρχές σχεδιασμού μιας διεπαφής ανθρώπου – υπολογιστή, ειδικότερα διαδικτυακής διεπαφής, που αφορούν απαιτήσεις ευχρηστίας και πρέπει να τηρούνται κατά τη σχεδίαση μιας λειτουργικής διεπαφής χρήστη. Αυτές οι αρχές δεν πρέπει να υποκαθιστούν την ανάλυση απαιτήσεων, αλλά πρέπει να συνδυάζονται με αυτήν, προκειμένου να προχωρήσουμε στο σχεδιασμό της διεπαφής [26].

5.5.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι σημαντικότερες και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αρχές [26]:

1. **Συνέπεια:** Αν η ίδια διαδικασία, η ίδια ενέργεια, συντελείται σε δύο ή περισσότερα διαφορετικά μέρη της εφαρμογής, θα πρέπει να παρουσιάζεται και να λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα μέρη. Από τη στιγμή που ο χρήστης έχει διδαχθεί να επιτελεί μια εργασία, θα πρέπει κάθε φορά που καλείται να την επανεκτελέσει, να χρησιμοποιεί τον ίδιο τρόπο.
2. **Οικειότητα:** Το επίπεδο στο οποίο η προηγούμενη γνώση του χρήστη από άλλες πραγματικές απαντήσεις ή υπολογιστικά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάδραση με ένα νέο σύστημα.
3. **Αποφυγή περιττών στοιχείων – Μινιμαλισμός:** Ο κανόνας αυτός απαιτεί την χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων στοιχείων ώστε ο χρήστης να μην μπλέκεται με ανούσια στοιχεία στη διεπαφή. Το σύστημα θέλουμε να διατηρεί τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα με τις λιγότερες δυνατές παρεχόμενες πληροφορίες.
4. **Χρήση κατανοητής προς τους χρήστες γλώσσας:** Ο κανόνας αυτός αφορά τη χρήση όσο το δυνατόν κατανοητότερης γλώσσας, ορολογίας και συμβόλων ώστε να κάνει ευκολότερη την κατανόηση, άρα και τη χρήση του συστήματος από τους χρήστες τους οποίους αφορά.
5. **Παροχή συντομεύσεων:** Ο κανόνας αυτός αφορά την παροχή συντομεύσεων προς το χρήστη ώστε να επιταχύνεται και να διευκολύνεται η χρήση του και να αυξάνεται η αποδοτικότητα του. Ο χρήστης πρέπει να φτάνει στο επιθυμητό για αυτόν αποτέλεσμα με τις λιγότερες δυνατές ενέργειες. Οι απαιτούμενες πληκτρολογήσεις πρέπει να περιορίζονται στις απολύτως απαραίτητες.
6. **Παροχή σαφών μηνυμάτων λάθους:** Ο κανόνας αυτός αφορά την παροχή στο χρήστη κατανοητών μηνυμάτων σε περίπτωση λανθασμένων ενεργειών.
7. **Επαρκής Υποστήριξη – Βοήθεια και Εγχειρίδια:** Ο κανόνας αυτός αφορά την παροχή βοήθειας για στοιχεία του συστήματος στον χρήστη όταν κάτι δεν μπορεί να γίνει άμεσα κατανοητό και χρειάζεται περαιτέρω ανάλυση.
8. **Αρχή της έκθεσης λειτουργιών (feature exposure):** Ο χρήστης πρέπει να αντιλαμβάνεται άμεσα όλες τις δυνατές λειτουργίες, που του παρέχει το πρόγραμμα. Εδώ είναι σκόπιμο να «μπούμε» στο νοηματικό μοντέλο του χρήστη, ως προς τη διαδικασία που το λογισμικό υποστηρίζει.
9. **Αρχή εστίασης προσοχής:** Κάποια στοιχεία της διεπαφής αποσπούν περισσότερο την προσοχή του χρήστη από κάποια άλλα. Επιπλέον καλοί τρόποι να

τραβήξουμε την προσοχή του χρήστη σε κάποιο αντικείμενο είναι η φωτεινότητα του να είναι σε μεγάλη αντίθεση με το background (πολύ φωτεινό σε σκούρο φόντο ή το αντίθετο).

10. **Αρχή της αισθητικής και της λεπτομέρειας:** Μια καλοφτιαγμένη διαδικτυακή εφαρμογή με όμορφα γραφικά είναι λογικό να επηρεάζει θετικά την διάθεση του χρήστη, αλλά με 3 περιορισμούς: (1) Το υπερβολικά «βαρύ» περιβάλλον σε γραφικά μπορεί να «αγχώσει» τους νέους χρήστες και να τους δώσει την εντύπωση ότι πρόκειται για μια δύσχρηστη εφαρμογή, ακόμα και αν δεν είναι. (2) Τα πολλά animations, videos κλπ. μπορεί να επιβραδύνουν την απόκριση του προγράμματος και αυτό ενοχλεί ιδιαίτερα τους χρήστες. (3) Οι λεπτομέρειες, πολλές φορές, μπορούν να οδηγήσουν το χρήστη να προβλέψει τη συμπεριφορά ενός χειριστηρίου - στοιχείου ελέγχου.

5.5.2 Ειδικές αρχές σχεδιασμού

Αυτές οι ειδικές αρχές που θα περιγραφούν στη συνέχεια, κατατάσσονται στις ακόλουθες ανάγκες σχεδιασμού: ευκολία μάθησης, απλότητα, ευκολία χρήσης, ταχύτητα (σχετίζεται περισσότερο με τον πυρήνα της εφαρμογής που σχεδιάζουμε και λιγότερο με τη διεπαφή), χρήση εικονιδίων (αν τεκμηριώνεται η αναγκαιότητά τους), ιδιαίτερη ανάγκη για την αρχή της ασφάλειας, συμμόρφωση με χρήση προτύπων [26], [27].

1. Το αριστερό και πάνω μέρος της οθόνης είναι τα ιδανικά σημεία εμφάνισης του τίτλου της σελίδας και των πληροφοριών για την πλοήγηση στο διαδικτυακό τόπο.
2. Η οριζόντια μπάρα κύλισης (scrollbar) πρέπει να αποφεύγεται να εμφανίζεται στις οθόνες των χρηστών, γιατί είναι ενοχλητική.
3. Η ιεραρχία ενός ιστότοπου είναι σκόπιμο να είναι πιο «πλατιά» παρά «βαθιά» και αυτό για να βοηθήσουμε το χρήστη να μη «χαθεί» μέσω των αλληπάλληλων συνδέσεων (συμβατικά μέχρι 3 επιτρέπονται).
4. Το κείμενο διαβάζεται καλύτερα όταν ευθυγραμμίζεται ως προς το δεξί όριο της οθόνης ή είναι στο κέντρο.
5. Με την τεχνική του eye-tracking, που δίνει στοιχεία και για το που κοιτάζει ο χρήστης στην οθόνη και άλλα σχετικά, έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι οι χρήστες, συχνά, ενώ βρίσκονται σε ένα παράθυρο, πηγαίνουν σε ένα άλλο και μετά ξαναεπιστρέφουν για να συνεχίσουν την ανάγνωση και πλοήγηση στο πρώτο. Αυτό για τους σχεδιαστές σημαίνει ότι υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη βοήθειας προς τους χρήστες να ξαναβρίσκουν το δρόμο τους στον ιστοχώρο, έχοντας αντιληφθεί σε ποιο σημείο διέκοψαν πριν την ανάγνωση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με περιγραφικούς και άμεσους τίτλους στις υποσελίδες, χρήση logos, υπόδειξη της δομής όλου του ιστότοπου σε κάποιο σημείο της σελίδας και τη θέση τους εκείνη τη στιγμή κλπ.
6. Οι χρήστες στο διαδίκτυο, συνήθως, μένουν για πολύ λίγο χρόνο σε μια σελίδα, δεν έχουν διάθεση να διαβάσουν βοήθειες σχετικά με τη χρήση της και

- μεταπηδούν γρηγορότερα από το ένα παράθυρο του φυλλομετρητή στο άλλο. Άρα πρέπει να τους δίνουμε αυτό που θέλουν άμεσα, εύκολα και κατανοητά.
7. Στο διαδίκτυο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ταχύτητα της σύνδεσης. Μια σελίδα, που αργεί να «κατεβεί» στο μηχάνημα του χρήστη, τον προδιαθέτει αρνητικά.
 8. Τα frames, η τεχνολογία Flash, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν συντρέχει ειδικός λόγος, γιατί συνήθως μπερδεύουν το χρήστη, κάνουν την πλοήγηση πιο δύσκολη, γίνονται αρχή για «κακό» σχεδιασμό και μερικές φορές καταπατούν την αρχή της συνοχής.
 9. Οι σελίδες με μεγάλη έκταση, που απαιτούν εκτεταμένη χρήση της μπάρας κύλισης, πρέπει να αποφεύγονται ή στη χειρότερη περίπτωση στην αρχή τους να υπάρχει ένα εσωτερικό index πλοήγησης.
 10. Η διεύθυνση της σελίδας (url) πρέπει να είναι ευκολομνημόνευτη.
 11. Κάθε υποσελίδα πρέπει να έχει το δικό της τίτλο, οποίος να προδίδει και το περιεχόμενος της.
 12. Πρέπει να διατηρούνται τα standard χρώματα του φυλλομετρητή, όπου υπάρχουν, και να μη γίνεται χρήση των χρωμάτων αυτών με τρόπο που να παραπλανεί τους χρήστες (π.χ. ένα μπλε κείμενο θα προιδέασει τους επισκέπτες της σελίδας ότι πρόκειται για σύνδεσμο).
 13. Μας ενδιαφέρει περισσότερο η ευκολία μάθησης (ease of learning) της επαφής, παρά η ευκολία χρήσης (ease of use).

5.5.3 Σχεδιασμός προτύπου (template) - Artisteer

Το Artisteer είναι ένα πρόγραμμα που μεταφέρει το σχεδιασμό του Ιστού σε ένα άλλο επίπεδο, προσφέροντας αυτοματοποιημένα εργαλεία [28]. Ακόμη κι άτομα που δεν έχουν ασχοληθεί ξανά με το σχεδιασμό, μπορούν να το χρησιμοποιήσουν και να καταλάβουν εύκολα τις δυνατότητές του. Ένα ακόμη πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του, είναι το γεγονός ότι το τελικό αποτέλεσμα λειτουργεί πραγματικά καλά και παραμένει γραφικά πολύ ελκυστικό. Το Artisteer δεν είναι δωρεάν λογισμικό, αλλά η χρησιμότητα του προγράμματος είναι τέτοια που να δεν μπορούμε να την αγνοήσουμε. Φυσικά είναι διαθέσιμη στο Διαδίκτυο μια δοκιμαστική έκδοσή του με περιορισμένες δυνατότητες αποθήκευσης [28].

Το Artisteer έχει την ικανότητα να μετασχηματίζει εντυπωσιακά και εύκολα templates, συμβάλλοντας στη δημιουργία των ιστοχώρων. Όχι μόνο μπορεί να χτίσει γενικά πρότυπα HTML, Blogger και Joomla που μας αφορά, αλλά εγκαθίστανται πραγματικά εύκολα και λειτουργούν όπως πρέπει.

Το Artisteer είναι το πρώτο και μοναδικό προϊόν αυτοματοποιημένου σχεδιασμού Ιστού που δημιουργεί αμέσως μοναδικά πρότυπα ιστοχώρου με ελκυστική εμφάνιση. Επίσης δεν απαιτεί γνώσεις Photoshop, CSS, HTML ή άλλων τεχνολογιών. Με το Artisteer παράγεται άμεσα μια γραφική παράσταση, δημιουργείται το πρωτότυπο σχέδιο

του ιστότοπου με πολύ πρακτικό και εύκολο τρόπο, χωρίς Photoshop ή Dreamweaver, και καμία τεχνική δεξιότητα.

Το Artisteer προτείνει αμέτρητα έτοιμα πρότυπα - σχέδια ιστοχώρου, που δημιουργεί με τυχαία στοιχεία και επιλογές, τα οποία μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν. Η διεπαφή με το χρήστη παρέχει ισχυρού επιπέδου έλεγχο και διαχείριση της ροής εργασίας, αφού επιτρέπει στο σχεδιαστή το χειρισμό και την πρόβλεψη οποιουδήποτε στοιχείου του σχεδίου πριν γίνει δημοσίευση.

Για όλους τους παραπάνω λόγους επιλέχτηκε ως το πλέον κατάλληλο λογισμικό για το σχεδιασμό του template. Προσφέρει ουσιαστικά τη δυνατότητα επιστροφής πίσω στην ανάλυση απαιτήσεων, της επανατροφοδότησής της με επιπλέον χαρακτηριστικά σχετικά με την εφαρμογή μας. Ακόμη, είναι εκπληκτικά εύχρηστο εργαλείο που βοηθά στην τήρηση των κανόνων ευχρηστίας, ακολουθώντας τη βασική δομή που παρέχει, ώστε η εφαρμογή να πετύχει τον εκπαιδευτικό της ρόλο και να προσελκύσει επισκέπτες που θα ασχοληθούν με το περιεχόμενο της.

Στο μενού εργαλείων της Artisteer (Σχήμα 5.6) παρουσιάζονται οι 11 διαφορετικές κατηγορίες σχεδιασμού που αφορούν:

1. την επιλογή χρωματικής παλέτας που θα χρησιμοποιηθεί μαζί με την επιλογή επιθυμητής γραμματοσειράς,
2. την εμφάνιση που θα έχει η περιοχή header και το top menu (μέγεθος, αν θα έχει ένα από τα δυο κλπ.),
3. την επιλογή φόντου,
4. την επιλογή του πλαισίου που βρίσκεται κάθε ιστοσελίδα,
5. τη διαμόρφωση της περιοχής header με εισαγωγή εικόνας ή χρήση έτοιμων,
6. τη διαμόρφωση του top menu (π.χ. τοποθέτηση αριστερά, κέντρο ή δεξιά)
7. την εμφάνιση των άρθρων (ακόμη επιλέγεις την εμφάνιση των επικεφαλίδων, της λίστας, του πίνακα κ.α.),
8. την εμφάνιση του κεντρικού μενού,
9. την εμφάνιση κάποιου κάθετου μενού,
10. την εμφάνιση των κουμπιών και
11. την εμφάνιση του footer, δηλαδή του χαμηλότερου πλαισίου της σελίδας.



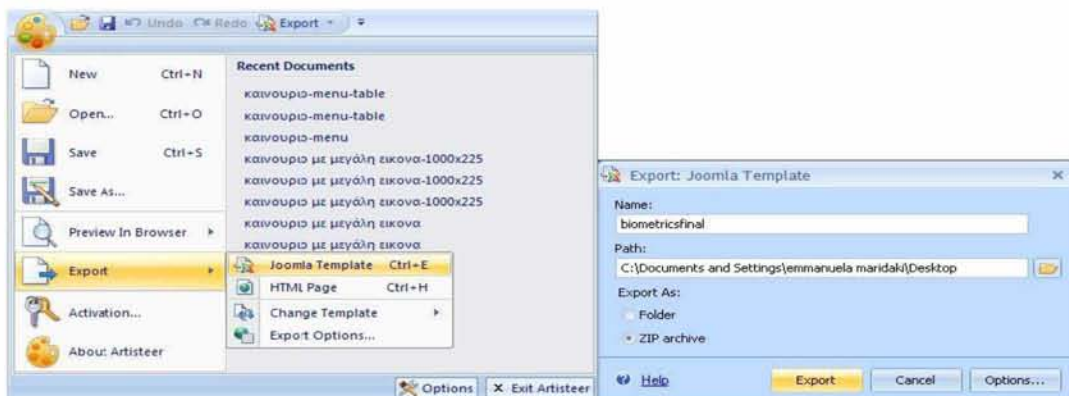
Σχήμα 5.6: Η Εργαλειοθήκη του Artisteer

Μετά τη μορφοποίηση ενός από τα προτεινόμενα templates που εμφανίζονται με την επιλογή «Suggest Design», που φαίνεται και στο παραπάνω Σχήμα 5.6 και την εισαγωγή της εικόνας του Header, καθώς και του τίτλου του ιστοχώρου, δόθηκε η τελική μορφή στο template, η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.7.



Σχήμα 5.7: Τελικό template για τον ιστοχώρο «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία»

Για προσαρμοστεί όμως αυτό το template στην διαδικτυακή μας εφαρμογή με χρήση Joomla, που θα εξηγηθεί στην επομένη ενότητα, χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί μια ακόμα απλή διαδικασία. Απλά επιλέχθηκε εξαγωγή (export) σε μορφή Joomla template και το αποθηκεύθηκε σε μορφή zip αρχείου, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.8 για να είναι εφικτό να το χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια στην τελική διαμόρφωση από το Joomla.



Σχήμα 5.8: Εξαγωγή και αποθήκευση σε Joomla template

5.5.4 Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου - Joomla

Το Joomla είναι ένα πλήρες σύστημα διαχείρισης περιεχομένου γεμάτο δυνατότητες αλλά και ταυτόχρονα εξαιρετικά ευέλικτο και φιλικό. Το Joomla είναι η εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση και την υλοποίηση του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης. Επιλέχθηκε και για το σπουδαίο χαρακτηριστικό που διαθέτει ότι είναι εφαρμογή ανοιχτού κώδικα, οπότε η χρήση του είναι απολύτως δωρεάν. Άρα υπάρχει

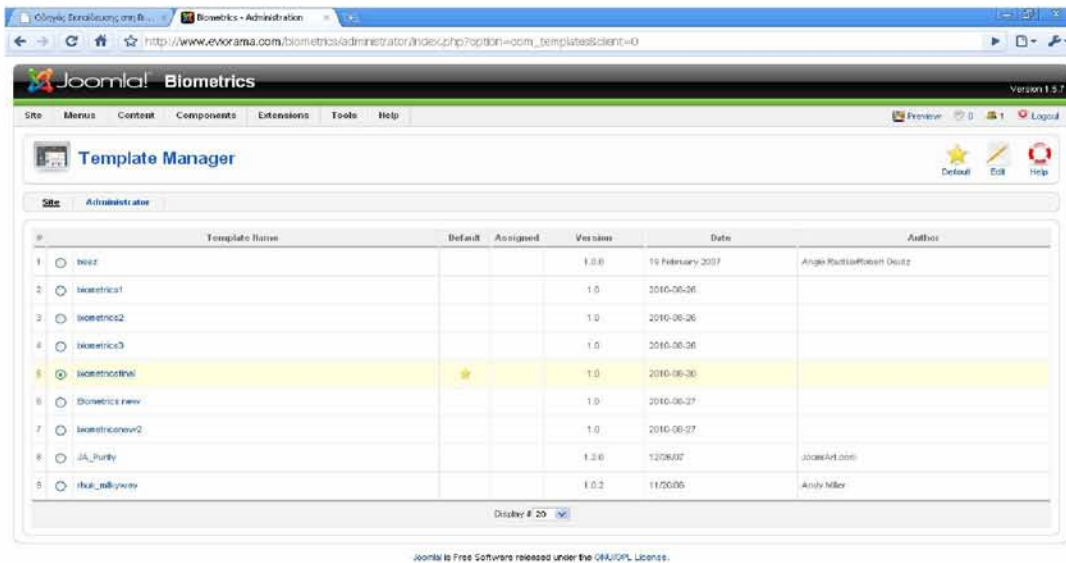
ελευθερία στη χρήση, την τροποποίηση και τη διερεύνηση των δυνατοτήτων του χωρίς να πρέπει να πληρώσουμε κάποια άδεια χρήσης. Επιπλέον, αξίζει να προσθέσουμε ότι αποτελεί την παρούσα χρονική περίοδο το πιο διαδεδομένο σύστημα διαχείρισης περιεχομένου [29].

Η HTML (HyperText Mark up Language), δηλαδή η γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου, είναι η πρώτη γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε στο Διαδίκτυο και συνεχίζει να χρησιμοποιείται. Η HTML από μόνη της είναι ικανή να παράγει μόνο στατικές ιστοσελίδες. Για την επέκταση των δυνατοτήτων της και την παραγωγή δυναμικών θα ήταν απαραίτητος ο συνδυασμός της με γλώσσες σεναρίων (scripting languages), αντικειμένων και γλωσσών προγραμματισμού. Αντίθετα το Joomla μπορεί μόνο του να δημιουργήσει δυναμικές ιστοσελίδες με ένα πλούσιο γραφικό περιβάλλον.

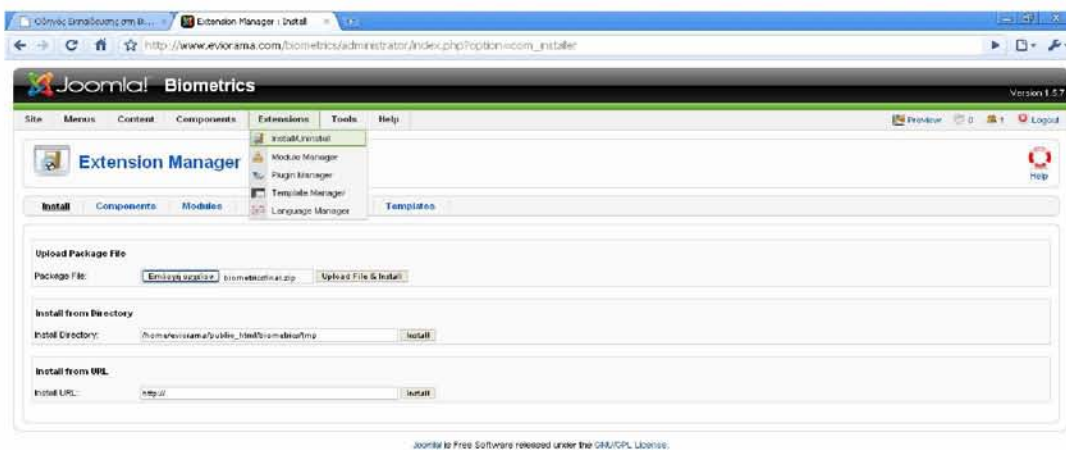
Για να λειτουργήσει εγκαθίσταται σε έναν κεντρικό υπολογιστή, τον web server. Ο διαχειριστής έχει πρόσβαση στο περιβάλλον διαχείρισης μέσω ενός προγράμματος περιήγησης. Έτσι ο διαχειριστής μπορεί να προσθέσει οποιοδήποτε κείμενο ή γραφικό και να δημιουργήσει τις δικές του ιστοσελίδες.

Γενικότερα το Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου είναι το λογισμικό που επιτρέπει στον οποιοδήποτε, ακόμα κι αν δεν έχει γνώσεις προγραμματισμού και γλώσσας HTML, να δημιουργήσει και να διαχειριστεί με τρόπο εύκολο και γρήγορο την ιστοσελίδα του. Το Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου προσφέρει γραφικό περιβάλλον το οποίο δίνει άμεση πρόσβαση στο περιεχόμενο της ιστοσελίδας. Επιπρόσθετα, η τροποποίηση ή προσθήκη του περιεχομένου (κειμένου και φωτογραφιών) μπορεί να γίνει με έναν γραφικό editor όμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται στους κοινούς επεξεργαστές κειμένου. Η πληροφορία οργανώνεται αποδοτικά σε κατηγορίες και υποκατηγορίες και παρουσιάζεται με τρόπο φιλικό στο χρήστη αλλά και στο διαχειριστή. Φυσικά, υπάρχει η δυνατότητα αναζήτησης στο πλήρες κείμενο του συνόλου (full text search) του περιεχομένου στην ιστοσελίδα.

Το Joomla χρησιμοποιεί μια ισχυρή templating engine που δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής ενός εξατομικευμένου προτύπου ιστοσελίδας (Σχήμα 5.9), το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει δημιουργηθεί με το πρόγραμμα Artisteer. Στο χώρο της διαχείρισης της ιστοσελίδας μας διακρίνεται η επιλογή του biometricsfinal ως template. Σε πρώτη φάση χρειάστηκε να εγκατασταθεί το Joomla template που είχε προηγουμένως αποθηκευθεί μέσω του Artisteer, ακολουθώντας το μονοπάτι Extensions → Install/Uninstall → Επιλογή αρχείου → Upload file & Install (Σχήμα 5.10).

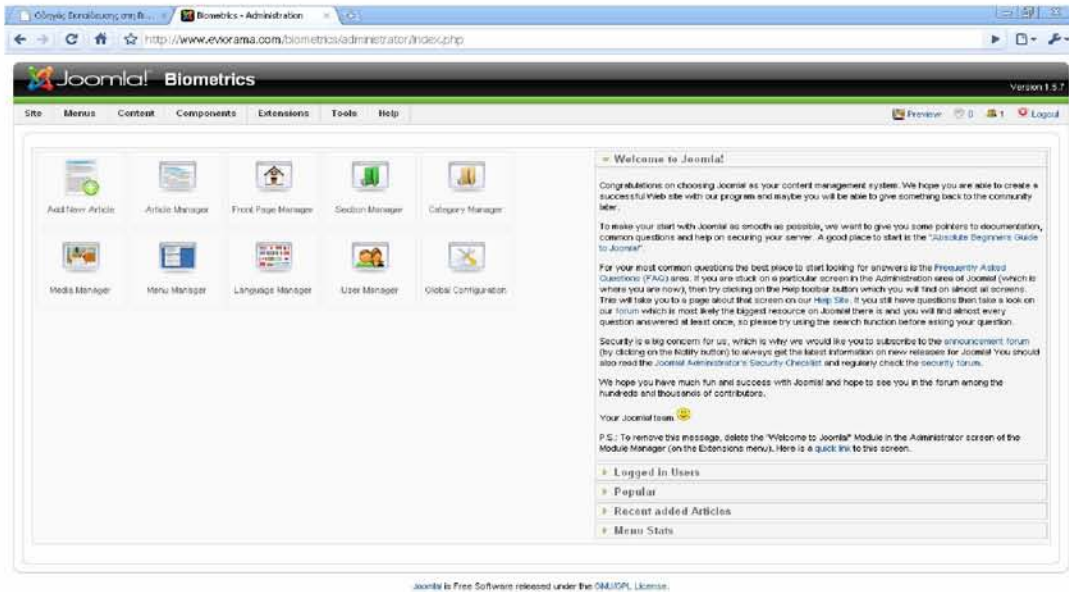


Σχήμα 5.9: Επιλογή template με το Joomla



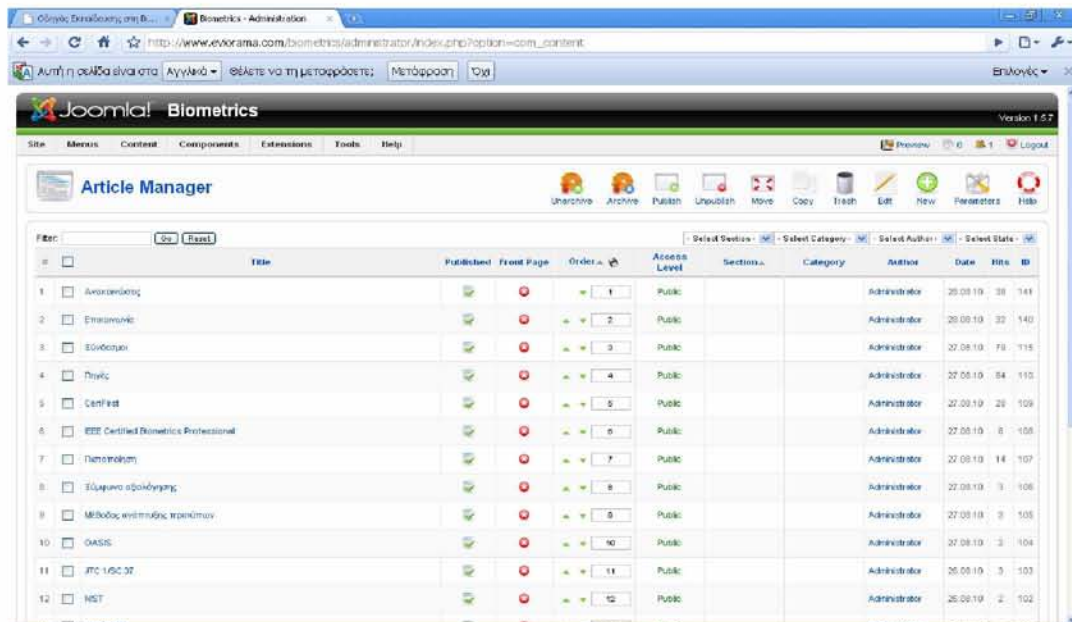
Σχήμα 5.10: Εγκατάσταση του Joomla template biometricsfinal.zip

Η αρχική σελίδα διαχείρισης του περιεχομένου φαίνεται στο Σχήμα 5.11. Εκεί βρίσκεται το βασικό μενού επιλογών, από το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο η δημιουργία νέου άρθρου (Add New Article), η διαχείριση άρθρων (Article Manager), η διαχείριση modules (Module Manager) και η διαχείριση μενού (Menu Manager).



Σχήμα 5.11: Αρχική σελίδα διαχείρισης περιεχομένου του ιστοχώρου

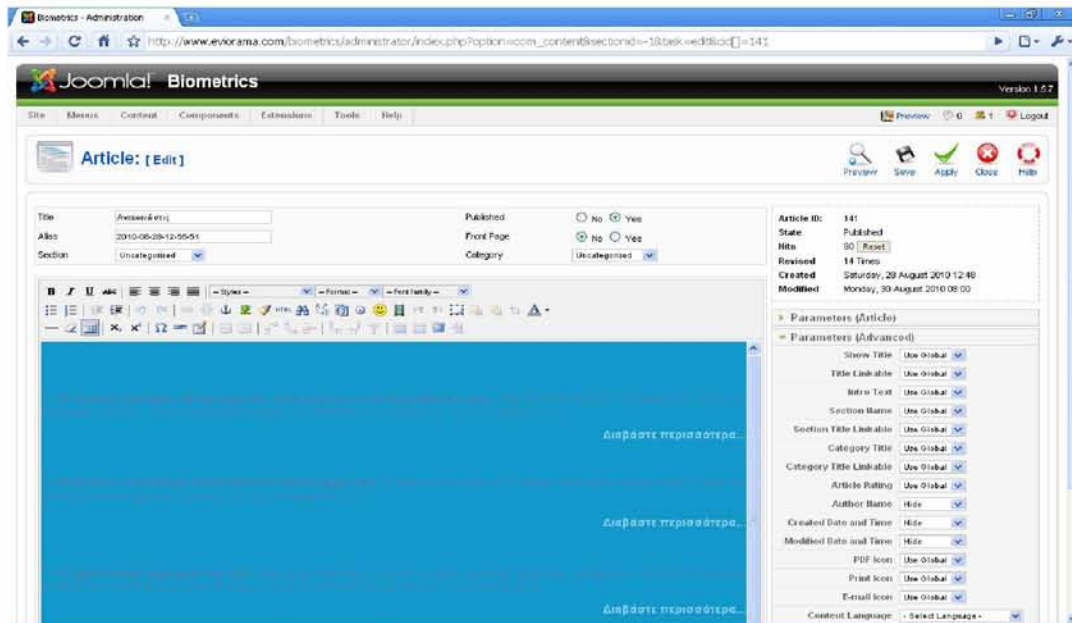
Η διαχείριση άρθρων (Σχήμα 5.12) δίνει τη δυνατότητα στο άτομο που διαχειρίζεται έναν ιστοχώρο μέσω του Joomla να δημιουργήσει νέο άρθρο, να ανοίξει ένα από τα ήδη υπάρχοντα και να προχωρήσει σε επεξεργασία, να απενεργοποιήσει ή και να διαγράψει ένα άρθρο, αφού το επιλέξει.



Σχήμα 5.12: Περιβάλλον διαχείρισης άρθρων

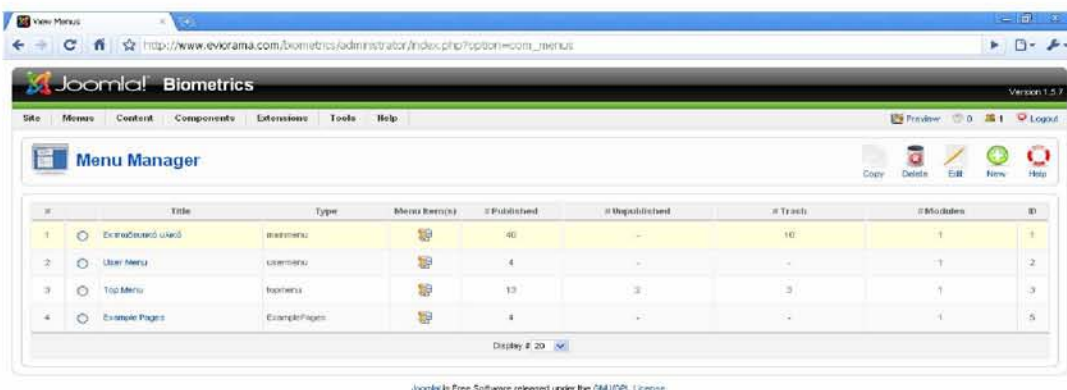
Επιλέγοντας τη δημιουργία (new) ενός άρθρου (Σχήμα 5.12), παρέχεται η δυνατότητα προσθήκης του περιεχομένου του (κείμενο, εικόνες ή video) σε ένα κοινό editor, μορφοποίησής του, εισαγωγής συνδέσμων, επιλογής του τίτλου του και συμπλήρωσης κάποιων παραμέτρων (δεξιά στο Σχήμα 5.13) που αφορούν π.χ. την προσθήκη του

ονόματος του συντάκτη, της ημερομηνίας και ώρας δημιουργίας, την προβολή εικόνας pdf, εκτυπωτή κ.α. (Σχήμα 5.13). Αυτές οι τελευταίες παράμετροι ουσιαστικά συμμετέχουν στην εκπλήρωση των προδιαγραφών που τέθηκαν με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών για δυνατότητα προβολής του εκπαιδευτικού υλικού σε μορφή pdf και εκτύπωσής του.



Σχήμα 5.13: Περιβάλλον διαμόρφωσης άρθρου

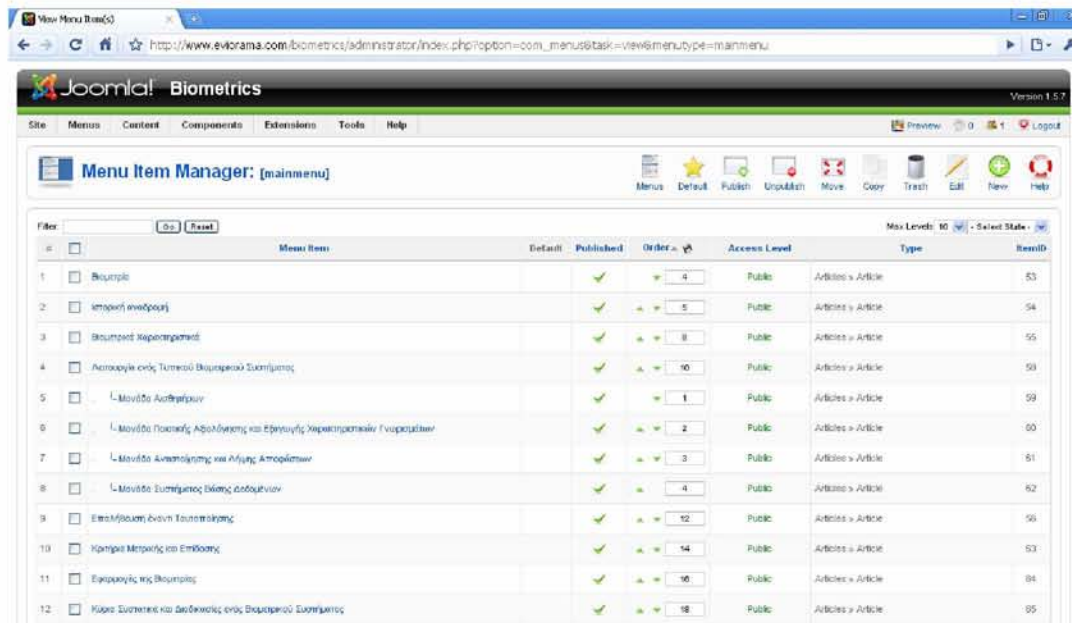
Η επιλογή της τοποθεσίας που θα εμφανίζεται το άρθρο, το οποίο στο προηγούμενο στάδιο δημιουργήθηκε και αποθηκεύθηκε, πρέπει να γίνει μέσα από τη διαχείριση του μενού. Εκεί βρίσκεται το κύριο μενού, το top μενού, το μενού του χρήστη κ.α. Συνήθως επιλέγεται κάποιο από τα ήδη υπάρχοντα μενού για να τοποθετηθεί το άρθρο ανάλογα με το περιεχόμενό του.



Σχήμα 5.14: Περιβάλλον διαχείρισης μενού

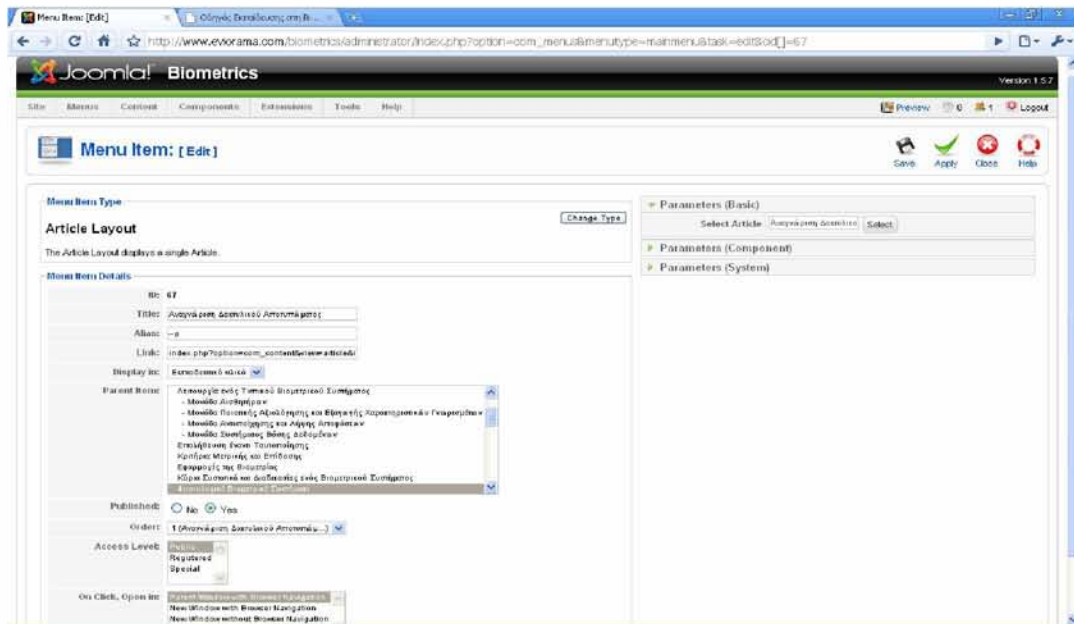
Αν για παράδειγμα επιθυμείται η προσθήκη του άρθρου στο κύριο μενού, επιλέγεται το main menu. Τότε θα εμφανιστεί το ακόλουθο Σχήμα 5.15, που προσφέρει τη

δυνατότητα δημιουργίας συστατικών (κατηγοριών) του μενού, γερμίζοντας τα με τα επιθυμητά άρθρα ή επεξεργασίας τους ή τέλος απενεργοποίησης ή και διαγραφής κάποιου από αυτά τα συστατικά.



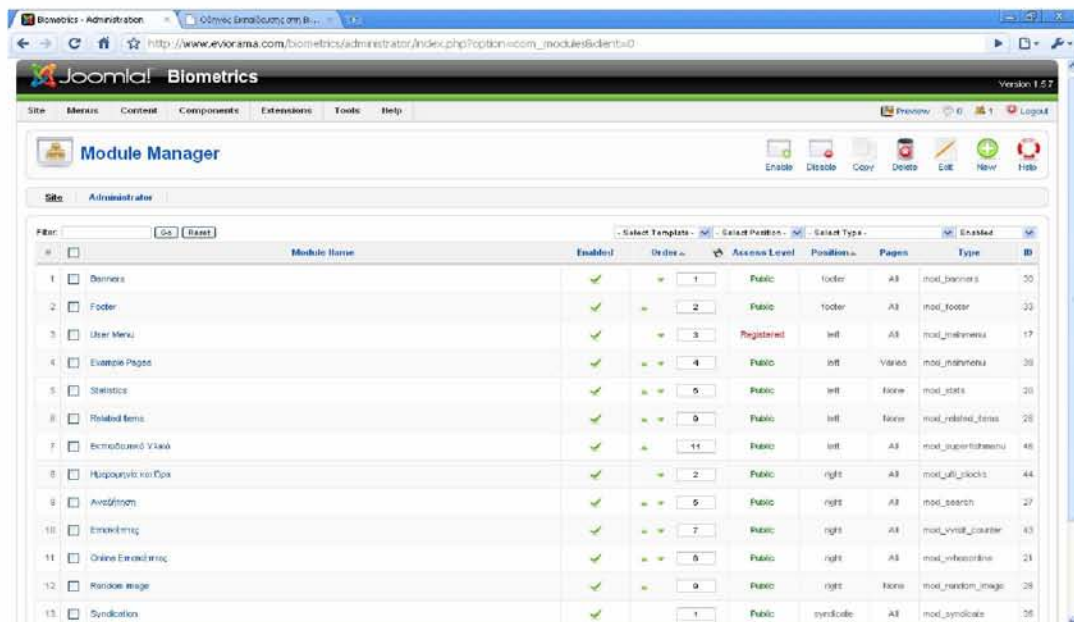
Σχήμα 5.15: Περιβάλλον διαχείρισης του βασικού μενού

Στην περίπτωση που επιδιώκεται η προσθήκη μιας επιπλέον επιλογής σε κάποιο από τα μενού (Σχήμα 5.16) παρέχονται οι εξής δυνατότητες. Αρχικά θα δοθεί κάποιο όνομα στην επιλογή του μενού και μετά θα αποφασισθεί σε ποιο μενού θέλουμε να εμφανίζεται (στο παράδειγμά μας θα εμφανιστεί στο Εκπαιδευτικό Υλικό, έτσι όπως έχουμε ονομάσει το βασικό μενού). Στη συνέχεια είναι δυνατόν να εμφανίζεται ως υποκατηγορία του μενού, επιλέγοντας ποια θα είναι η κύρια κατηγορία (Parent Item). Τα υπόλοιπα στοιχεία δε συμπληρώνονται, αλλά διατηρούνται με τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά. Τελειώνοντας, είναι απαραίτητο να γίνει εισαγωγή του άρθρου που συνδέεται με αυτή την επιλογή του μενού, ώστε να εμφανίζεται στην περίπτωση που ο χρήστης κάνει κλικ πάνω σε αυτό το συστατικό του μενού.



Σχήμα 5.16: Περιβάλλον διαχείρισης αντικειμένου του μενού ως Article Layout

Το πως και το που θα εμφανίζεται όμως το κάθε μενού καθορίζεται από τη διαχείριση των modules (Σχήμα 5.17). Δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί κάποιο από τα modules που υπάρχουν ήδη, γιατί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες που κάθε φορά ο διαχειριστής και σχεδιαστής θέλει να προσδώσει στον ιστότοπο, μπορεί να αναζητήσει κάποιο αντίστοιχο module στο Διαδίκτυο. Αρκεί μετά να το εγκαταστήσει με ανάλογο τρόπο όπως εκτελέστηκε και με τα templates (Σχήμα 5.10).

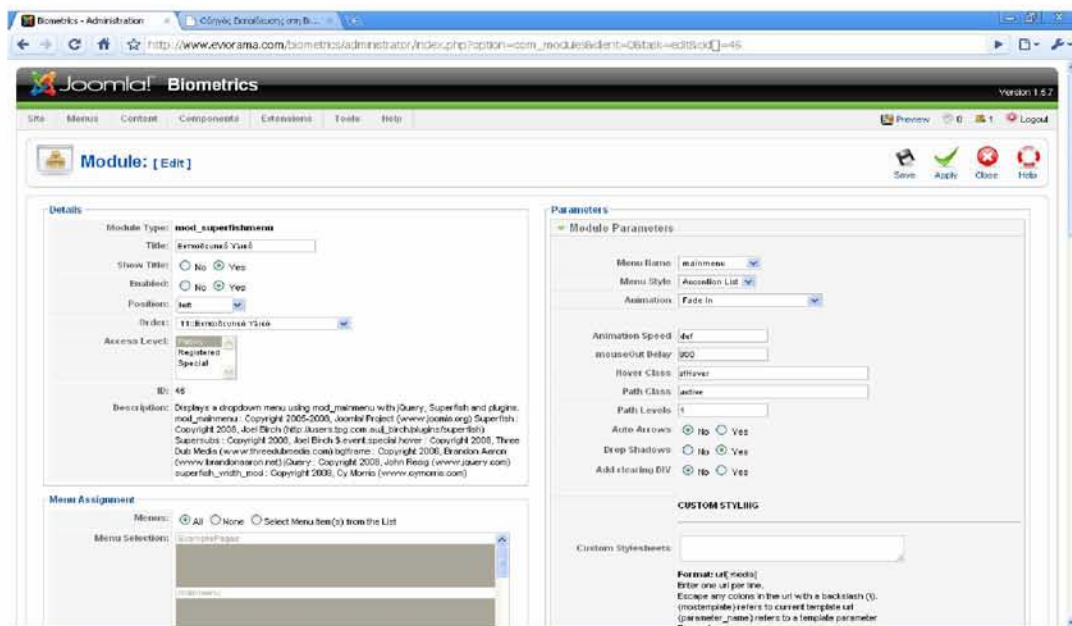


Σχήμα 5.17: Περιβάλλον διαχείρισης Modules

Για παράδειγμα στο βασικό μενού μας, που έχει ονομασθεί «Εκπαιδευτικό Υλικό» αναζητήθηκε ένα διαφορετικό module. Επειδή οι επιλογές του μενού ήταν πάρα πολλές

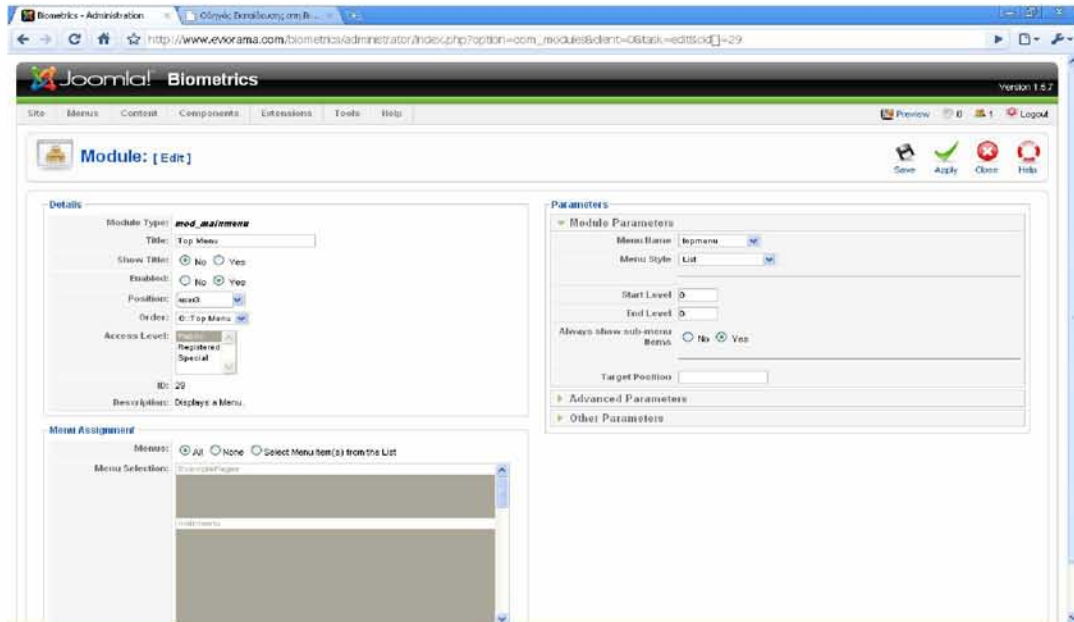
και εκ πρώτης όψεως θα κούραζαν τον επισκέπτη, εφόσον θα χρειαζόταν και κάθετη κύλιση για να τις δει όλες, προβάλλονται πλέον έτσι ώστε το υπομενού να αναδύεται μόνο στην περίπτωση που ο χρήστης θα πάει το ποντίκι σε κάποια επιλογή με υποδιαιρέσεις. Έτσι επιτεύχθηκε αισθητή μείωση της έκτασής του, αλλά και ακολουθήθηκαν συγχρόνως οι κανόνες ευχρηστίας του μοντέλου. Το βασικό μενού επιλέχθηκε να βρίσκεται στην αριστερή πλευρά, γιατί είναι γνωστό από έρευνες ότι ο τρόπος που διαβάζει ο χρήστης είναι συγκεκριμένος κι αφού διαβάσει σχετικά γρήγορα δύο οριζόντιες γραμμές στο πάνω μέρος της σελίδας, σκανάρει την αριστερή πλευρά του περιεχομένου και συνήθως αυτή η τελευταία κίνηση είναι αργή και συστηματική [26]. Επομένως, αφού ο ρόλος του ιστοχώρου είναι καθαρά διδακτικός, αυτό που θέλει να προωθήσει περισσότερο είναι το εκπαιδευτικό υλικό που σχετίζεται με τη Βιομετρία, οπότε αυτό τοποθετείται εσκεμμένα στο αριστερό μέρος. Με το ίδιο σκεπτικό το τοπ μενού, που παράγει δευτερεύουσας σημασίας υλικό μάθησης και λειτουργεί περισσότερο βοηθητικά, τοποθετήθηκε στο πάνω μέρος.

Στο Σχήμα 5.18 παρουσιάζονται οι επιλογές που έγιναν, ώστε το κύριο μενού να βρίσκεται στην αριστερή πλευρά, να χαρακτηρίζεται ως αναδύομενη λίστα (accordion list) και να είναι σε διάφανο πλαίσιο (fade in).



Σχήμα 5.18: Περιβάλλον διαχείρισης του module του κύριου μενού

Το τοπ μενού (Σχήμα 5.19) τοποθετήθηκε στη θέση «user3» που βρίσκεται στο header, δηλαδή στο πάνω μέρος της σελίδας, κάτω από την κεντρική εικόνα. Ο τύπος αποφασίστηκε να είναι λίστα, ώστε να βοηθήσει στο διαχωρισμό της επιλογής «Συχνές Ερωτήσεις» σε υποκατηγορίες, επειδή ήταν πολλές σε αριθμό. Με παρόμοιο τρόπο συντελέστηκε η διαμόρφωση όλων των modules που χρησιμοποιούνται στην ιστοσελίδα, όπως είναι η αναζήτηση, το ρολόι με την ημερομηνία, οι online επισκέπτες, ο συνολικός αριθμός επισκεπτών του ιστότοπου και άλλα δευτερεύοντα.



Σχήμα 5.19: Περιβάλλον διαχείρισης του module του top μενού

Οι βασικές λειτουργίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης αναλύθηκαν με όλα τα παραπάνω σχήματα. Είναι κατανοητό ότι για να πραγματοποιηθούν όλες οι καταχωρήσεις, αυτό που χρειάστηκε ήταν επανάληψη δυο βασικών ενεργειών, της δημιουργίας άρθρων και έπειτα της τοποθέτησης τους στο επιθυμητό μενού.

5.6 Λειτουργία και Αξιολόγηση

Στο πλαίσιο ανάπτυξης της διαδικτυακής εφαρμογής δεσμεύτηκε χώρος για την κυκλοφορία του ιστότοπου. Η διεύθυνση που επιλέχθηκε να είναι όσο το δυνατόν πιο ευκολομνημόνευτη, όπως είχε σχεδιασθεί σε προηγούμενη ενότητα. Ο ηλεκτρονικός οδηγός εκπαίδευσης είναι διαθέσιμος στη διεύθυνση <http://www.eviorama.com/biometrics>. Το μοναδικό εφόδιο επομένως που χρειάζεται να διαθέτει κανείς για να αλληλεπιδράσει με το σύστημα είναι πρόσβαση στο Διαδίκτυο, όπως αρχικά είχε δεσμευτεί.

Η πρώτη επαφή του χρήστη με το σύστημα είναι η αρχική σελίδα του ιστοχώρου μας «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία» (Σχήμα 5.20). Αυτή η σελίδα είναι η πιο καθοριστική για να προσελκύσει ή να απομακρύνει τον επισκέπτη. Γι' αυτό το λόγο σε αυτή τη σελίδα κρίνεται απαραίτητο πάντα να υπάρχει ένα εισαγωγικό άρθρο που θα περιγράφει το ρόλο του ιστότοπου, αλλά και τις δυνατότητες που προσφέρει. Ακόμη για να γίνει πιο ελκυστική η σελίδα επιλέχθηκε εκτός από τη βασική εικόνα που στολίζει όλες τις σελίδες, να προστεθεί κι ένα βίντεο, το οποίο θα διεγείρει επιπλέον την αίσθηση της όρασης, αλλά και της ακοής. Έτσι συμπληρώθηκε το παραδοσιακό κείμενο με γραφικό περιβάλλον, χωρίς υπερβολική χρήση, υποστηρίζοντας τη ζωτικότητα του χώρου μας.

Αξίζει να επισημανθεί ότι ο τίτλος του παραθύρου αντιστοιχεί στο περιεχόμενο της σελίδας, κατευθύνει το χρήστη για το περιεχόμενο της και συνεισφέρει στο να κατατάσσεται εύκολα στις μηχανές αναζήτησης και τους διαδικτυακούς καταλόγους. Ακόμη η ύπαρξη κουτιού αναζήτησης στα δεξιά μέσα σε ξεχωριστό πλαίσιο, ώστε να είναι ευδιάκριτη η παρουσία του, συντελεί στην υλοποίηση των προδιαγραφών που στόχευαν σε δυνατότητα αναζήτησης. Επιπρόσθετα το κουτάκι αναζήτησης είναι μια αναγκαία παροχή συντόμευσης στο μοντέλο ευχρηστίας που ακολουθείται.

Με μια ματιά είναι εμφανές ότι οι πληροφορίες έχουν οργανωθεί σε διακριτές περιοχές, ώστε στο μενού κορυφής να μπορεί κάποιος να βρει βοηθητικές πληροφορίες, όπως συνδέσμους, χάρτη πλοήγησης και στοιχεία επικοινωνίας κλπ., ενώ στο αριστερό μενού να απευθύνεται κάποιος που αναζητά περισσότερες λεπτομέρειες και εξειδικευμένη γνώση στη Βιομετρία. Αυτός ο διαχωρισμός οφείλεται κυρίως σε συμπεράσματα αξιολόγησης ιστοχώρων που θέλουν τον κυρίαρχο τρόπο διαβάσματος να είναι σε σχήμα F [26]. Κι όχι μόνο αυτό, αλλά τα συμπεράσματα της αξιολόγησης αυτής κατοχυρώνουν ότι ο τρόπος κατηγοριοποίησης των πληροφοριών που πραγματοποιήθηκε είναι ο ενδεδειγμένος για ένα ακόμα λόγο: Οι χρήστες διαβάζουν με μια πρώτη οριζόντια κίνηση της ματιάς, συνήθως το πάνω μέρος του περιεχομένου, ύστερα μετακινούν τη ματιά λίγο πιο κάτω και διαβάζουν με μια δεύτερη οριζόντια κίνηση, η οποία καλύπτει συνήθως μικρότερη περιοχή από την προηγούμενη κίνηση και τέλος οι χρήστες σκανάρουν με τη ματιά τους την αριστερή πλευρά του περιεχομένου με μια κάθετη κίνηση, που συνήθως είναι πιο αργή και πιο συστηματική. Αυτό υπονοεί ότι ο επισκέπτης θα δώσει περισσότερη σημασία στο αριστερό μενού, που είναι το εκπαιδευτικό υλικό, αυτό που προσπαθεί κυρίως να προωθήσει ο ιστοχώρος.

Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση των πληροφοριών σε μενού στοχεύει στην ευκολία χρήσης. Προτιμήθηκε λοιπόν τα μενού να μην αποκτήσουν μεγάλο βάθος, αλλά υλοποιήθηκαν έτσι ώστε η δομή τους να αποτελείται το πολύ από 3 επίπεδα. Αυτό συνεπάγεται ότι ο χρήστης δε χρειάζεται πολλά κλικ για να φτάσει στην πληροφορία.

Σύμφωνα με το νόμο του Fitts ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει ο χρήστης στο στόχο είναι συνάρτηση του μεγέθους του στόχου και της απόστασης που πρέπει να διανυθεί [26]. Η ταχύτητα κι η ακρίβεια κίνησης έχουν σημασία στην επικοινωνία ανθρώπου υπολογιστή για τη μετακίνηση σε σημείο-στόχο. Γι' αυτό η χρήση πλαισίων που διαχωρίζουν καλύτερα την πληροφορία, προσδίδουν μεγαλύτερο μέγεθος στις επιλογές και η απόσταση από το κορυφαίο μενού και το αριστερό είναι αρκετά μικρή, βοηθώντας στη σχεδίαση αποτελεσματικών οπτικών διεπαφών.

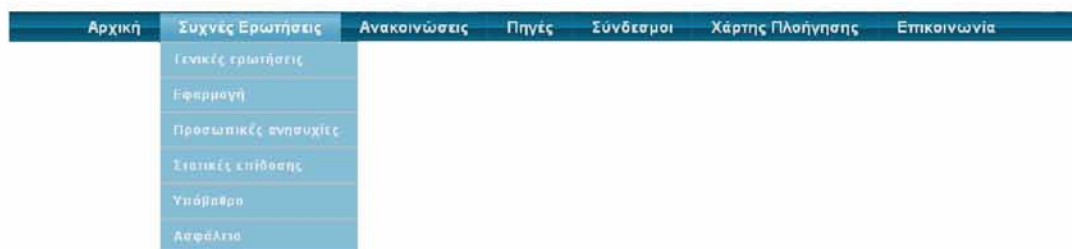
Στο Σχήμα 5.20 διαφαίνεται ότι στο βασικό αριστερό μενού έχει προστεθεί μια επιπλέον δυνατότητα, ώστε ανάλογα με το αν ο χρήστης έχει επισκεφτεί ή όχι κάποια από τις επιλογές, να διαμορφώνεται το χρώμα. Αυτό βοηθά το χρήστη στο να μην επισκέπτεται σελίδες που έχει ήδη δει και να μπορεί να αντιλαμβάνεται ποιες έχουν μείνει για να τις επισκεφτεί ενδεχομένως κάποια άλλη στιγμή (αρκεί να διατηρήσει το ιστορικό του φυλλομετρητή που χρησιμοποίησε). Οπότε όταν ο χρήστης δεν έχει επισκεφτεί μια σελίδα το χρώμα είναι λευκό, αν την έχει επισκεφτεί είναι γκρι κι όταν το

ποντίκι βρίσκεται πάνω στην επιλογή και μετατρέπεται σε χεράκι, εφόσον πρόκειται για κάποιο σύνδεσμο, το χρώμα είναι σκούρο μπλε.



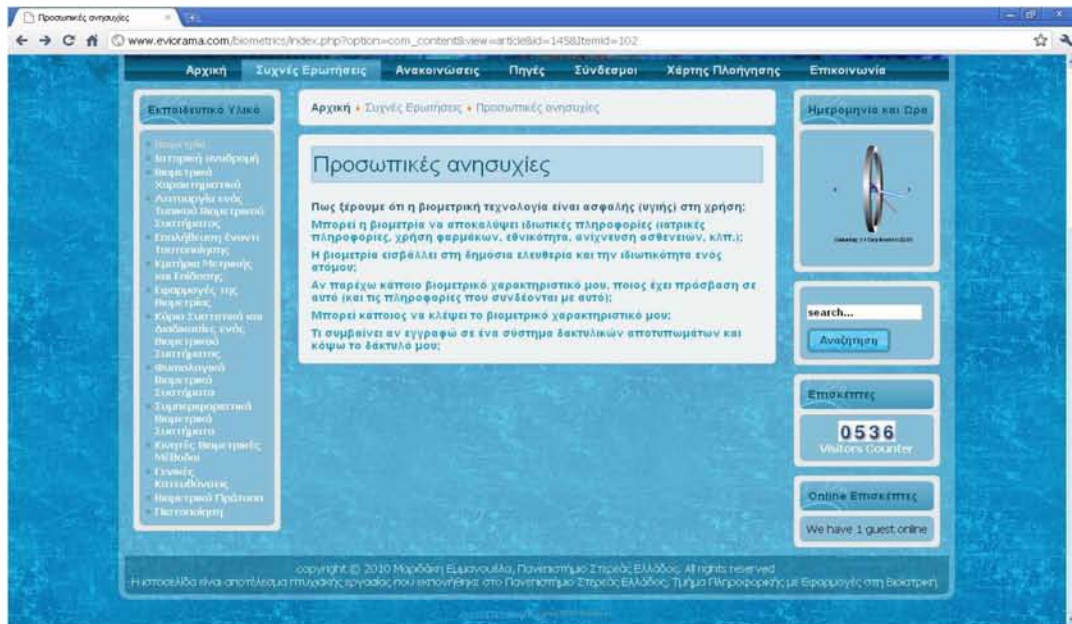
Σχήμα 5.20: Αρχική σελίδα ιστοχώρου «Οδηγός Εκπαίδευσης στη Βιομετρία»

Οι συχνές ερωτήσεις είναι μια βοηθητική επιλογή του χρήστη, ο οποίος μπορεί να επιλέξει να μάθει και να αντλήσει πληροφορίες με έναν πιο οικείο, όμως εξίσου αποτελεσματικό τρόπο, διαλέγοντας ανάμεσα σε κατηγορίες ερωτήσεων (Σχήμα 5.21). Εκτός από το να τροφοδοτούν με γνώση, οι συχνές ερωτήσεις παράλληλα προσπαθούν να δώσουν απάντηση σε απορίες που μπορεί να προκύψουν (Σχήμα 5.22).



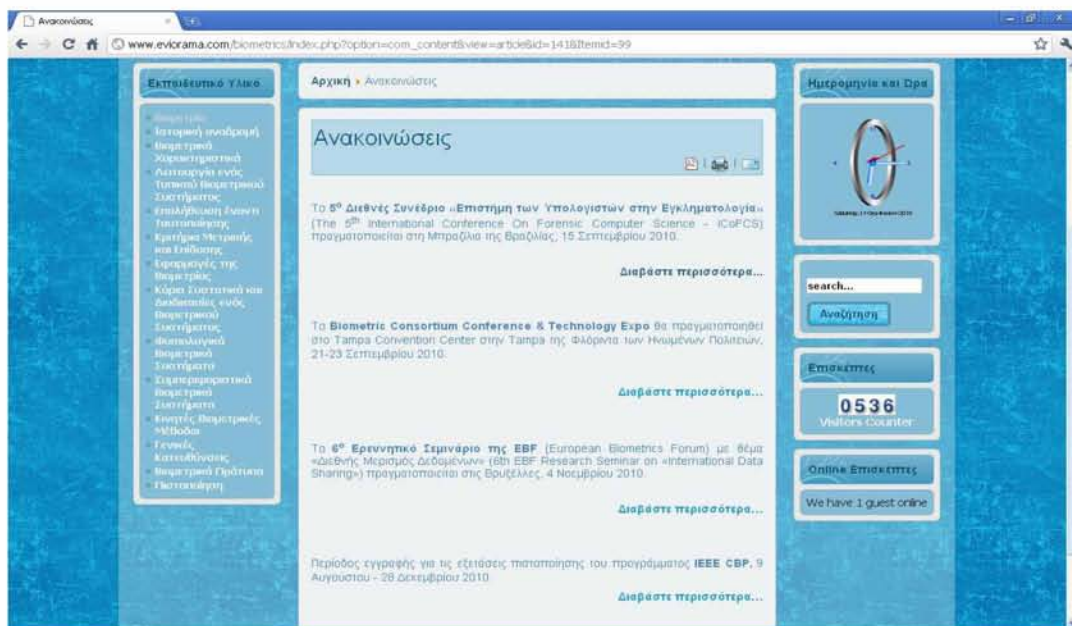
Σχήμα 5.21: Ομαδοποίηση της επιλογής «Συχνές Ερωτήσεις» από το τοπ μενού

Οι προσωπικές ανησυχίες (Σχήμα 5.22) είναι μια κατηγορία συχνών ερωτήσεων. Οι ερωτήσεις κάθε κατηγορίας είναι σε μορφή συνδέσμων, οπότε το χρώμα τους αλλάζει ανάλογα με το αν τις έχουμε επισκεφτεί ή όχι κι όταν το ποντίκι τις καλύπτει. Αυτή η χρωματική παλέτα ακολουθείται σε όλους τους συνδέσμους που μπορεί να συναντήσει ο επισκέπτης στις διάφορες ιστοσελίδες, ώστε να τηρηθούν οι γενικοί κανόνες σχεδιασμού για ομοιομορφία και συνέπεια.



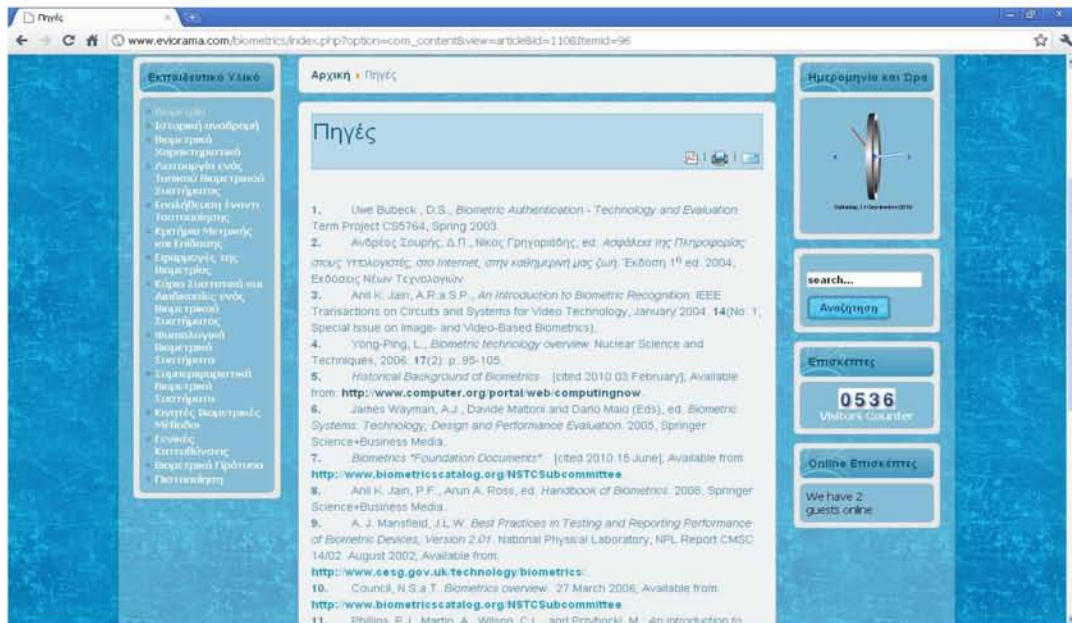
Σχήμα 5.22: Κατηγορία «Προσωπικές Ανησυχίες» στις «Συχνές Ερωτήσεις»

Άλλη μια δυνατότητα που μας προσφέρει ο ιστοχώρος είναι οι Ανακοινώσεις (Σχήμα 5.23). Αυτή η σελίδα είναι ένα τρόπος να ελέγχει ο επισκέπτης την ανανέωση των πληροφοριών, δηλαδή την επικαιρότητα του υλικού, γιατί τα νέα έχουν ένα συγκεκριμένο κύκλος ζωής κι όταν αυτός κλείσει, πρέπει να αφαιρούνται κι όποτε συντρέχει λόγος να ενημερώνονται με καινούριες ειδήσεις. Σε αυτή τη σελίδα δίνεται έμφαση σε σημεία εσωτερικού περιεχομένου, καθώς επίσης παρέχει συνδέσεις σε άλλο παράθυρο με ιστοσελίδες που διαθέτουν περισσότερες λεπτομέρειες για τα γεγονότα που αναφέρει. Έτσι οι κανόνες ευχρηστίας για βοήθεια και ευκολία χρήσης συντελούνται.



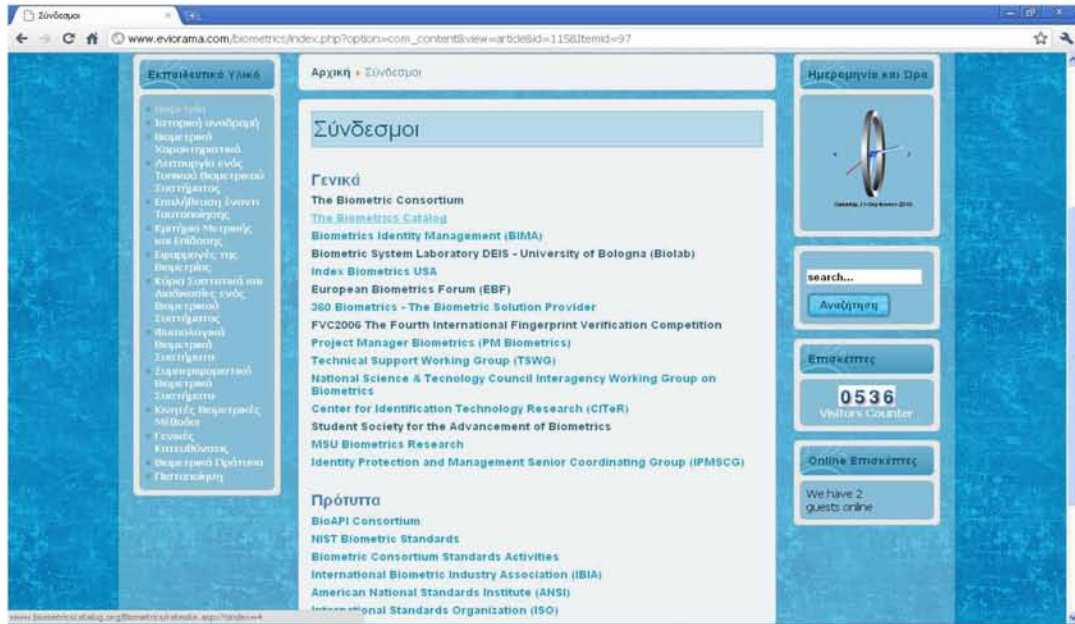
Σχήμα 5.23: Επιλογή «Ανακοινώσεις» από το τοπ μενού

Μια λειτουργία που συμβάλλει στην παροχή Βοήθειας του χρήστη είναι κι η προβολή των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν για να εμπλουτιστεί ο ιστοχώρος με δεδομένα του γνωστικού αντικείμενου της Βιομετρίας (Σχήμα 5.24). Οι πηγές είναι γραμμένες αναλυτικά, ώστε ο ενδιαφερόμενος να μπορεί να τις βρει εύκολα στο διαδίκτυο ψάχνοντας για περισσότερες λεπτομέρειες, από αυτές που παραθέτονται στον ιστότοπο.



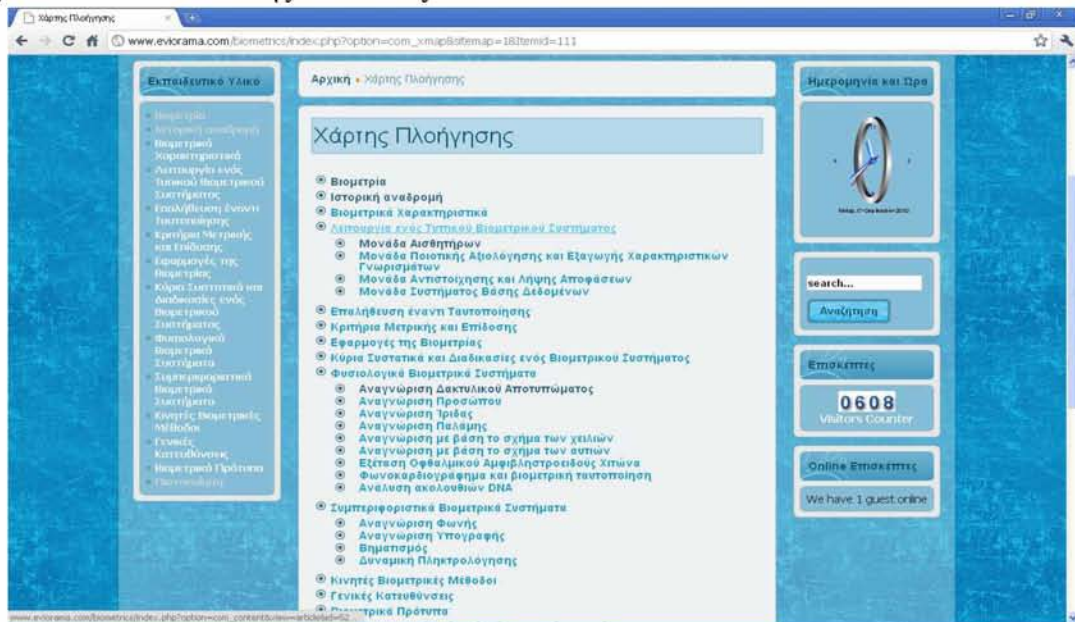
Σχήμα 5.24: Επιλογή «Πηγές» από το top μενού

Οι σύνδεσμοι είναι χρήσιμοι ιστότοποι με συναφές περιεχόμενο ως προς τη Βιομετρία, που θα βοηθήσουν τον επισκέπτη να αντλήσει πληροφορίες από πολλές διαφορετικές περιοχές, ώστε να μπορεί να συγκρίνει κάποιες από αυτές ή να βρει περισσότερα δεδομένα για κάτι που τον ενδιαφέρει. Οι σύνδεσμοι έχουν ταξινομηθεί σε γενικούς ιστότοπους, σε ιστότοπους που αφορούν τα βιομετρικά πρότυπα κι εκείνους που ασχολούνται με τις εξετάσεις πιστοποίησης (Σχήμα 5.25). Οι σύνδεσμοι ανοίγουν σε ξεχωριστό παράθυρο και διατηρούν μια ανοιχτή απόχρωση του μπλε. Αφότου έχει επισκεφθεί το σύνδεσμο, το χρώμα μετατρέπεται σε σκούρο μπλε, ενώ όταν πηγαίνει το ποντίκι πάνω στην επιλογή γίνεται γαλάζιο. Το διαφορετικό χρώμα ανάλογα με την κατάσταση του συνδέσμου καθοδηγεί το χρήστη και τον διευκολύνει. Επιπλέον είναι διαφορετικά αυτά τα χρώματα από το χρώμα του απλού κειμένου, ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση και για να ξεχωρίζουν πολύ εύκολα οι σύνδεσμοι.



Σχήμα 5.25: Επιλογή «Σύνδεσμοι» από το top μενού

Ο χάρτης πλοήγησης είναι το πιο χαρακτηριστικό μέσο παροχής βοήθειας στον επισκέπτη. Εκεί παρουσιάζονται όλα τα επίπεδα του αριστερού μενού και του μενού κορυφής και σε αυτά μπορεί πολύ απλά να μεταβεί ο επισκέπτης, αφού είναι διαμορφωμένα σε μορφή συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι στις διάφορες σελίδες διατηρούν μια ανοιχτή απόχρωση του μπλε, ενώ όταν ήδη έχουμε επισκεφτεί κάποια σελίδα, εκείνη αλλάζει χρώμα και αποκτά μια σκούρα απόχρωση του μπλε με ανάλογο τρόπο όπως για όλους τους συνδέσμους. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.26 η ιστοσελίδα «Βιομετρία» φαίνεται ότι την έχουμε επισκεφτεί και με το σκούρο μπλε στο χάρτη πλοήγησης, αλλά και με το γκρι χρώμα στο αριστερό μενού, προβάλλοντας την υλοποίηση του σχεδιαστικού κανόνα της συνέπειας.



Σχήμα 5.26: Επιλογή «Χάρτης Πλοήγησης» από το top μενού

Τα στοιχεία επικοινωνίας βρίσκονται στην επιλογή του τοπ μενού «Επικοινωνία». Οι επισκέπτες μπορούν να βρουν τα στοιχεία του διαχειριστή και να στείλουν ένα άμεσο μήνυμα, συμπληρώνοντας τη φόρμα επικοινωνίας χωρίς να υπάρχει η ανάγκη να χρησιμοποιήσουν κάποια υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.



Σχήμα 5.27: Επιλογή «Επικοινωνία» από το τοπ μενού

Στο αριστερό μενού όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως βρίσκεται το εκπαιδευτικό υλικό. Εκεί έχουν τοποθετηθεί όλες τις πληροφορίες που έχουν καταχωρηθεί και σχετίζονται σε γνωστικό αντικείμενο με τη Βιομετρία. Εκτός από βιβλιογραφικές πληροφορίες υπάρχουν τα αποτελέσματα της υποδειγματικής εφαρμογής που υλοποιήθηκε και προτάθηκε για αναγνώριση δακτυλικού αποτυπώματος (αναλυτική περιγραφή στο κεφάλαιο 4). Το μενού επιλέχθηκε να είναι αρκετά πλατύ, αλλά το βάθος του να μην υπερβαίνει τα 3 επίπεδα. Οπότε για να αποφευχθεί η περιττή κάθετη κύλιση (scrolling) και να μπορεί κάποιος να διαβάσει όλες τις επιλογές του μενού, προτιμήθηκε οι υποκατηγορίες να είναι αναδυόμενες.

Κάθε άρθρο που έχει αναρτηθεί διαθέτει τρεις δυνατότητες: μπορεί να εκτυπωθεί, να εμφανιστεί σε μορφή pdf και να αποσταλεί η url διεύθυνση που βρίσκεται το άρθρο με e-mail σε μια ηλεκτρονική διεύθυνση που επιθυμεί ο επισκέπτης. Οι λειτουργίες αυτές αφορούν προδιαγραφές του συστήματος, που βασίστηκε στις απαιτήσεις χρηστών.



Σχήμα 5.28: Παράδειγμα άρθρου από το «Εκπαιδευτικό Υλικό»

Η λειτουργία σύνδεσης και αποσύνδεσης σχετίζονται μόνο με το πρόγραμμα περιήγησης. Συγκεκριμένα η σύνδεση αφορά την εισαγωγή της διεύθυνσης url του ιστοχώρου μας, ενώ η αποσύνδεση από το σύστημα πραγματοποιείται με απλό κλείσιμο της καρτέλας ή του παραθύρου. Στις προδιαγραφές του συστήματος ανήκει και η μετάβαση από σελίδα σε σελίδα σε χρόνο λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα, για να μην είναι αντιληπτή σαν καθυστέρηση στον επισκέπτη.

Γενικότερα, όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό στον ιστότοπο υπάρχει ευκολία διαφυγής προς την αρχική σελίδα ή κάποια άλλη, εφόσον τα μενού διατηρούνται στην ίδια τοποθεσία σε κάθε ιστοσελίδα. Στην παραπάνω διευκόλυνση συμβάλλει το ότι γνωρίζουμε κάθε στιγμή σε ποια σελίδα είμαστε και ποια ήταν τα προηγούμενα επίπεδα, στα οποία μάλιστα μπορούμε να μεταβούμε και πολύ εύκολα, αφού η ακολουθία των επιπέδων είναι σε μορφή συνδέσμων. Πρόκειται για ένα ειδικό πλαίσιο πάνω ακριβώς από το άρθρο της σελίδας που φανερώνει πώς έφτασε ο χρήστης ως εκεί.

Ακόμη πρέπει να τονισθεί ότι οι κανόνες ομοιομορφίας και συνέπειας που στηρίζουν την ευχρηστία ως θεμελιώδεις λίθοι τηρούνται, αφού η όψη από σελίδα σε σελίδα παραμένει ίδια. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται και παραμένουν ίδια χαρακτηριστικά όπως τα χρώματα, η οικογένεια και το μέγεθος της γραμματοσειράς, τα μενού, η εμφάνιση των εσωτερικών και εξωτερικών συνδέσμων με ανοιχτό μπλε κλπ. Ακόμη για να μην συγχύζεται ο χρήστης, όλοι οι εξωτερικοί σύνδεσμοι ανοίγουν σε καινούριο ξεχωριστό παράθυρο.

Επίσης, αξίζει να σχολιαστεί ότι οι τίτλοι του παραθύρου αντιστοιχούν στους τίτλους των σελίδων και είναι αρκετά συνοπτικοί και περιεκτικοί, ώστε να κατευθύνουν το χρήστη για το τι θα συναντήσει. Επιπλέον, ο χρήστης φθάνει στην πληροφορία το πολύ με 3 βήματα.

Η διαδικτυακή εφαρμογή προσπάθησε όσο το δυνατόν να εκμεταλλευτεί το γραφικό ψηφιακό μέσο για να προσεγγίσει πιο εύκολα τον επισκέπτη και να πετύχει τον ουσιαστικό εκπαιδευτικό της ρόλο. Η παροχή βοήθειας ενισχύει την καλή σχέση με τον επισκέπτη, στην οποία συνετέλεσαν τόσο τα στοιχεία επικοινωνίας όσο ο χάρτης πλοήγησης, οι πηγές, οι σύνδεσμοι κι οι ανακοινώσεις. Ο συνολικός αριθμός των επισκέψεων και των επισκεπτών κάθε χρονική στιγμή δημιουργούν μια πρώτη εντύπωση για τους νέους χρήστες του συστήματος, που μπορεί να τους προδιαθέσει θετικά αν δουν ότι υπάρχει υψηλή επισκεψιμότητα. Τέλος, σημαντική παροχή είναι η δυνατότητα αναζήτησης, που αποτελεί κύρια προδιαγραφή του συστήματος.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της υλοποίησης

Ακολούθως παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά τη δημιουργία και τον έλεγχο του συστήματος αναγνώρισης δακτυλικών αποτυπωμάτων, σχολιάζοντας την απόδοσή του.

Η προ-επεξεργασία της εικόνας του δακτυλικού αποτυπώματος διαπιστώθηκε ότι αποτελεί το πιο χρονοβόρο κομμάτι της επεξεργασίας. Είναι σημαντική η εύρεση ενός γρηγορότερου αλγορίθμου προ-επεξεργασίας με πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στην εικόνα του δακτυλικού αποτυπώματος, από όπου κι αν προέρχεται (να μην διαφοροποιείται η ποιότητα των αποτελεσμάτων ανάλογα από τον τύπο του αισθητήρα που χρησιμοποιήθηκε για την απόκτηση του δακτυλικού αποτυπώματος).

Η εξαγωγή μικρολεπτομερειών με χρήση του Crossing Number μας εξασφαλίζει τη σωστή διάκριση των τελειωμάτων, καθώς και των διακλαδώσεων. Αυτό οφείλεται στην απλότητα των υπολογισμών που πραγματοποιούνται σε ένα πλήρως ελεγχόμενο παράθυρο 9 pixels.

Η διαδικασία της απομάκρυνσης λανθασμένων μικρολεπτομερειών εμπίπτει στον παράγοντα άνθρωπο. Αυτό οφείλεται στο ότι στη συγκεκριμένη μέθοδο αναγνώρισης η επιστημονική κοινότητα δεν έχει συγκλίνει σε κάποιο συγκεκριμένο αριθμό μικρολεπτομερειών, ο οποίος κρίνεται ιδανικός για ορθή ταυτοποίηση, αλλά κυμαίνεται σε ένα μεγάλο διάστημα, μεταξύ 20 και 70 στοιχείων μικρολεπτομέρειας. Οπότε είναι κατανοητό ότι η επιλογή του κατωφλίου για τις τρεις διαφορετικές αποστάσεις, επηρεάζει και τον αριθμό των μικρολεπτομερειών.

Ο αρχικός αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση 1:1 εικόνων του δακτυλικού αποτυπώματος είναι ιδιαίτερα απλοϊκός και βασίζεται στην πλήρη ταύτιση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των μικρολεπτομερειών. Στην πραγματικότητα δεν έχει την ικανότητα να ταυτοποιεί δακτυλικά αποτυπώματα που παρ' ότι ανήκουν στο ίδιο άτομο, έχουν υποστεί είτε μετακίνηση προς τον άξονα x, y είτε περιστροφή. Όπως αντιλαμβανόμαστε το συγκεκριμένο σημείο χρειαζόταν αναγκαία επέκταση για να μπορεί να οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα αναγνώρισης δακτυλικού αποτυπώματος.

Όσον αφορά την τελευταία προσπάθεια που συντελέστηκε για τη μονάδα αντιστοίχισης με στόχο την επαλήθευση, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πρόκειται για μια πολύ καλή προσέγγιση, που μέχρι στιγμής δεν έχει ακολουθηθεί από άλλους επιστήμονες. Είναι βέβαιο ότι περιθώρια βελτίωσης υπάρχουν, γιατί η έρευνα δε σταματά ποτέ. Πρόσθετα, δοκιμές σε εικόνες που έχουν υποστεί μικρή περιστροφή έδειξαν ότι με το συγκεκριμένο αλγόριθμο δεν είναι ανιχνεύσιμη η επαλήθευση ότι ανήκουν στο ίδιο πρόσωπο, ενώ σε ζητήματα μετακίνησης στον άξονα x, y δεν παρουσιάζει προβλήματα.

6.2 Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης

Είναι πλέον αποδεκτό ότι η μάθηση δεν είναι μια παθητική διαδικασία που βασίζεται μόνο στην απομνημόνευση, αλλά μια έντονα διαδραστική σχέση ανάμεσα στον εκπαιδευτή, τον εκπαιδευόμενο και το υλικό. Η σχέση αυτή βασίζεται στην οικοδόμηση της γνώσης του εκπαιδευόμενου και γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στην υλοποίηση μιας λειτουργικής δομής που θα αναπτύσσει σε μέγιστο βαθμό αυτή τη σχέση αλληλεπίδρασης. Η επικοινωνία της εφαρμογής με το χρήστη είναι τόσο σημαντική, όσο και το ίδιο το περιεχόμενό της. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η κατασκευή ενός ηλεκτρονικού οδηγού εκπαίδευσης, εξυπηρετώντας την προώθηση της γνώσης σε ένα πλούσιο και ελκυστικό γραφικό περιβάλλον.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική μελέτη σχετικά με την επιστήμη της Βιομετρίας, τα υπάρχοντα βιομετρικά συστήματα και τις διαδικασίες προτυποποίησης και πιστοποίησης. Όλες αυτές οι πληροφορίες συνέβαλαν επιτυχώς στην πληρέστατη ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού της Βιομετρίας στα ελληνικά και στη μετέπειτα ενσωμάτωσή τους σε οδηγό εκπαίδευσης. Παράλληλα, μέσα από αυτή την εργασία επιχειρήθηκε να περιγραφεί ακόμη, η ανάλυση απαιτήσεων, η σχεδίαση, η υλοποίηση και τέλος η αξιολόγηση μιας τέτοιας διαδικτυακής εφαρμογής, χρησιμοποιώντας το μοντέλο κύκλου ζωής της Μηχανικής Ευχρηστίας. Αυτό που επετεύχθη είναι η παροχή ενός βασικού μαθησιακού υλικού που συγκεντρώνει στοιχεία από ένα αρκετά ευρύ φάσμα πληροφοριών με αντικείμενο τη Βιομετρία, ιδανικό για προπτυχιακούς φοιτητές, αλλά και μαθητές, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του συστήματος, των χρηστών, αλλά και των κανόνων ευχρηστίας. Στο σημείο αυτό περιγράφηκε το μοντέλο σχεδίασης που χρησιμοποιήθηκε στο χτίσιμο της εφαρμογής κι πραγματοποιήθηκε αναλυτική παρουσίαση της δομημένης προσέγγισης στη δημιουργία του συστήματος.

Στόχος του συστήματος ήταν να δείξει ότι ο συνδυασμός συγκεκριμένων επιλογών, δηλαδή εργαλείων όπως το Artisteer και το Joomla με τήρηση κανόνων που επιβάλλει το μοντέλο ανάπτυξης του συστήματος, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μία λειτουργική, εύχρηστη και αποτελεσματική εφαρμογή. Η εφαρμογή καταφέρνει να προσαρμόζεται στις ανάγκες και επιθυμίες διαφορετικών ομάδων χρηστών και πετυχαίνει το διδακτικό της ρόλο, προσεγγίζοντας το χρήστη με την προώθηση βασικών αρχών αισθητικής και εστίασης προσοχής.

Η συνέπεια, η ευκολία χρήσης, η κατανοητή προς τους χρήστες γλώσσα, η οικειότητα, η αποφυγή περιττών στοιχείων, η παροχή συντομεύσεων και βοήθειας είναι μόνο κάποιες από τις βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη διαδικτυακή εφαρμογή. Επιπλέον δεν μπορεί να παραβλεφθεί ότι ο εκπαιδευτικός οδηγός είναι διαθέσιμος μέσα από το Διαδίκτυο, μια εποχή που η διάχυση γνώσης είναι αθρόα και όλες οι εξελίξεις συντελούνται και ξεκινούν από τον τομέα της Πληροφορικής και φυσικά διακινούνται, γνωστοποιούνται μέσω του Διαδικτύου. Πλέον η κοινωνία της Πληροφορίας, στην οποία ζούμε, επιτάσσει την αναγκαιότητα ψηφιοποίησης μαθησιακών δεδομένων.

Για τη συντήρηση του οδηγού εκπαίδευσης είναι απαραίτητη η διαρκής επικαιροποίηση των μαθησιακού υλικού του, αφού οι εξελίξεις σε αυτό τον κλάδο είναι

ραγδαίες. Σε αυτό το πλαίσιο υπάρχει η ιδέα για επέκταση του διδακτικού ρόλου του ιστοχώρου με προσθήκη ασκήσεων ή quiz, ώστε να γίνεται αντιληπτό το επίπεδο γνώσης των επισκεπτών με σταδιακή βελτίωση του, χωρίς την αίσθηση της πραγματικής εξέτασης, αλλά της ευχάριστης ενασχόλησης με αυτόν τον τομέα.

Ακόμη ευελπιστούμε ότι το Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική, έχοντας ωφεληθεί από την απόκτηση μιας έτοιμης εκπαιδευτικής πύλης και έχοντας στη διάθεσή του το βασικό εκπαιδευτικό υλικό για τη Βιομετρία, θα καταφέρει μελλοντικά να λειτουργήσει ως κέντρο πιστοποίησης για τη Βιομετρία και τα βιομετρικά συστήματα.

Τέλος, υπάρχει η επιθυμία για εξέλιξη της εφαρμογής. Στο τμήμα μας έχουν κατατεθεί ήδη άλλες πτυχιακές εργασίες που έχουν ασχοληθεί με άλλες βιομετρικές μεθόδους, που θα ήταν σημαντικό να συμπληρώσουν το περιεχόμενο της υλοποίησης (λογισμικού). Μελλοντικός στόχος είναι η επέκταση του εκπαιδευτικού υλικού του οδηγού εκπαίδευσης με περιεχόμενο εξειδικευμένης γνώσης, ώστε να περιλαμβάνει περισσότερες υλοποιήσεις βιομετρικών συστημάτων. Αυτό ελπίζουμε να αποτελέσει κίνητρο και να προσελκύσει περισσότερες ομάδες χρηστών.

Κλείνοντας, θα ήθελα να επισημάνω ότι η Βιομετρία και οι διαφορετικές μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί, εξαπλώνονται γρήγορα εξαιτίας της έντονης ανάγκης για ασφάλεια σε διαδικασίες με κρίσιμο περιεχόμενο. Παρ' όλα αυτά μια πτυχιακή εργασία δε προωθεί μόνο καλά αποτελέσματα, αλλά σε βοηθά να οξύνεις την κριτική σκέψη σου. Συνεπώς, η εξάπλωσή της Βιομετρίας σε πληθώρα καθημερινών εφαρμογών κρίνεται ότι πρέπει να πραγματοποιηθεί συνετά και με μέτρο, γιατί ελλοχεύει πάντα ο κίνδυνος καταπάτησης της ανθρώπινης ελευθερίας, του πιο πολύτιμου δικαιώματός μας, αφού ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα μπορεί να είναι προσβάσιμα από άτομα χωρίς κάποια δικαιοδοσία, ακόμα κι αν μας επιβεβαιώνουν για το αντίθετο. Στο βωμό της τεχνολογικής εξέλιξης δεν πρέπει να θυσιάζονται τα δικαιώματά μας, αλλά θα πρέπει η ζυγαριά να γέρνει προς το μέρος της κοινωνικής προσφοράς, ώστε αυτά που παρέχονται ως ωφέλεια να είναι περισσότερα από αυτά που θυσιάζονται. Αυτή η επιλογή ανήκει αποκλειστικά στον ίδιο τον άνθρωπο, που θα αποφασίσει να αποφύγει, να παραβλέψει ή να αποδεχτεί ότι επιτάσσει η πρόοδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Uwe Bubeck , D.S., *Biometric Authentication - Technology and Evaluation*. Term Project CS5764, Spring 2003.
2. Ανδρέας Σουρής, Δ.Π., Νίκος Γρηγοριάδης, ed. *Ασφάλεια της Πληροφορίας στους Υπολογιστές, στο Internet, στην καθημερινή μας ζωή*. Έκδοση 1^η ed. 2004, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
3. Anil K. Jain, A.R., Salil Prabhakar, *An Introduction to Biometric Recognition*. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, January 2004. **Volume 14**(No. 1, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics).
4. Yong-Ping, L., *Biometric technology overview*. Nuclear Science and Techniques, 2006. **Volume 17**(2): p. 95-105.
5. *Historical Background of Biometrics*. [cited 2010 03 February]; Available from: <http://www.computer.org/portal/web/computingnow>.
6. James Wayman, A.J., Davide Maltoni and Dario Maio (Eds), ed. *Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation*. 2005, Springer Science+Business Media.
7. *Biometrics "Foundation Documents"*. [cited 2010 15 June]; Available from: <http://www.biometricscatalog.org/NSTCSubcommittee>.
8. Anil K. Jain, P.F., Arun A. Ross, ed. *Handbook of Biometrics*. 2008, Springer Science+Business Media.
9. A. J. Mansfield, J.L.W. *Best Practices in Testing and Reporting Performance of Biometric Devices, Version 2.01*. National Physical Laboratory, NPL Report CMSC 14/02 August 2002; Available from: <http://www.cesg.gov.uk/technology/biometrics/>.
10. Council, N.S.a.T. *Biometrics overview*. 27 March 2006; Available from: <http://www.biometricscatalog.org/NSTCSubcommittee>.
11. Phillips, P.J., Martin, A., Wilson, C.L., and Przybocki, M., *An introduction to evaluating biometric systems* Computer, February 2000: p. 56-63.
12. *Index Biometrics*. [cited 2010 01 August]; Available from: <http://www.indexbiometrics.com/>.

13. Anil K. Jain, J.F., Karthik Nandakumar, *Fingerprint Matching*. IEEE Computer, Biometrics, February 2010. **Volume 43(2)**: p. 36-44.
14. Kroeker, K.L., *Graphics and Security: Exploring Visual Biometrics*. IEEE Computer Graphics & Applications, July/August 2002. **Volume 22(4)**: p. 16-21.
15. Ross, A., *Iris Recognition: The path forward*. IEEE Computer, Biometrics, February 2010. **Volume 43(2)**: p. 30-35.
16. Choras, M., *Emerging Methods of Biometrics Human Identification*, in *Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC 2007)*, IEEE, Editor. 2007. p. p.365.
17. Francesco Beritelli, S.S., *Biometric Identification Based on Frequency Analysis of Cardiac Sounds*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, September 2007. **Volume 2(No. 3)**: p. 596-604.
18. Chiang, D.C.-K.C.K. *Nist*. [cited 2010 03 August]; Available from: http://www.montgomerycollege.edu/faculty/~cchiang/public_html/.
19. *IEEE Certified Biometrics Professional (CBP) 2010 Candidate Bulletin*. 2010 [cited 2010 30 July]; Available from: <http://www.ieeebiometricscertification.org/>.
20. *CertFirst*. [cited 2010 30 July]; Available from: <http://www.certfirst.com/>.
21. *Biocertification: Certified Biometrics Security Professional Institute* [cited 2010 30 July]; Available from: <http://www.biocertification.com/>.
22. Clayton L., R.J., *Task-Centered User Interface Design, A Practical Introduction*. 1993, 1994.
23. Κοσμόπουλος, Δ. *Διαλέξεις στο Μάθημα "Ανάλυση Συστημάτων"*. in *Ανάλυση Απαιτήσεων Χρήστη, Ανάλυση Διαδικασιών, Σχεδίαση Διεργασιών*. 2009. Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.
24. Απόστολος, Ζ., *Αρχές - Απαιτήσεις Ευχρηστίας (Usability) για τη σχεδίαση Διαδικτυακών Εφαρμογών. Η περίπτωση της Εκπαιδευτικής Πύλης του ΥΠΕΠΘ.*, in *2ο Συνέδριο ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*: Σύρος.
25. Βασίλης, Λ., ed. *Ανάπτυξη και Σχεδιασμός Συστημάτων, Ανάπτυξη Πληροφοριακών Συστημάτων*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών ed. 1996. Σελίδες: 365.
26. Αναγνωστόπουλος, Χ. *Διαλέξεις Μαθήματος "Επικοινωνία Ανθρώπου Υπολογιστή"*. in *Ανάλυση Απαιτήσεων και Καθορισμός Προδιαγραφών, Χρηστικότητα*. 2009.

- Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.
27. Σακκόπουλος, Ε., *Σχεδίαση στο Web*, in *Διαλέξεις Μαθήματος "Τεχνολογίες Εφαρμογών Διαδικτύου"*. 2009: Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.
 28. *Artisteer, Web Design Revolution*. [cited 2010 30 July]; Available from: <http://www.artisteer.com/>.
 29. *Joomla! Ελληνική Κοινότητα Υποστήριξης* [cited 20 Αυγούστου 2010; Available from: <http://www.joomla.gr/>.
 30. Davide Maltoni, D.M., Anil K. Jain, Salil Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer, Editor. 1997, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
 31. Thai, R., *Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction*, in *Honours Programme*. 2003, School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia.
 32. Ravi. J, K.B.R., Venugolar. K. R, *Fingerprint Recognition Using Minutia Score Matching*. International Journal of Engineering Science and Technology, 2009. **Volume 1**(2): p. 35-42.
 33. Avinash Pokriyal, S.L., *MERIT: Minutiae Extraction using Rotation Invariant Algorithm*. International Journal of Engineering Science and Technology, 2010. **Volume 2**(7): p. 3225-3235.
 34. *FVC2006: the Fourth International Fingerprint Verification Competition*. 2006, Biometric System Laboratory - University of Bologna [cited 05 August 2010; Available from: <http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/>.
 35. Zhili, W., *Fingerprint Recognition*, in *Computer Science*. 2002, Baptist University: Hong Kong
 36. Manjjeet Kaur, M.S., Akshay Girdhar, and Parvinder S. Sandhu, *Fingerprint Verification System using Minutiae Extraction Technique*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2008. **Volume 36**.
 37. F.A. Afsar, M.A.a.M.H., Department of Computer & Information Sciences, Pakistan Institute of Engineering & Applied Sciences, Islamabad in Pakistan, *Fingerprint*

Identification and Verification System using Minutiae Matching, in *National Conference on Emerging Technologies*. 2004.

38. Amengual, J.C.J., A. Perez, J.C. Prat, F. Saez, S. Vilar, J.M., Instituto Tecnológico de Informatica (ITI), Spain, *Real-time minutiae extraction in fingerprint images*, in *Sixth International Conference on Image Processing and Its Applications*. 1997: Dublin. p. 871-875.
39. A. Jain, L.H., *On-line Fingerprint Verification*, in *13th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'96)*. 1996: Pattern Recognition and Image Processing Laboratory, Department of Computer Science, Michigan State University.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αλγόριθμος για επιλογή εικόνας, άνοιγμα και διάβασμα για περαιτέρω επεξεργασία (readim)

```
function [im] = readim

[imagefile , pathname] =
uigetfile('*.*bmp;*.BMP;*.tif;*.TIF;*.jpg', 'Open An
Fingerprint image');

if imagefile ~= 0
cd(pathname);
im = imread(char(imagefile));
end

figure('Name','Original Image','Numbertitle','On');
imshow(im);
set(gcf,'position',[1 1 400 400]);
```

Αλγόριθμος ενίσχυσης μιας εικόνας με FFT και εξίσωση ιστογράμματος (enhancement)

```
%Ayto to kommati kwdika egine symfwna me ti methologia tou
paper
%MERIT: Minutiae Extraction using Rotation Invariant Algorithm
%Avinash Pokhriyal, Sushma Lehri

function [enhancedim] = enhancement(im,k)

[n,m] = size(im);
window = zeros(n,m);
w=32;

for i=1:w:n
    for j=1:w:m

        F = fft2(im(max(1,i-w):min(n,i+w),max(1,j-w)
:min(m,j+w)));
        factor = abs(F).^k;
        block = abs(ifft2(F.*factor));
        flag = max(block(:));

        if flag == 0
            flag = 1;
        end

        block = block./flag;
        window(max(1,i-w):min(n,i+w),max(1,j-w):min(m,j+w)) =
block;

    end
end

enhancedim = window*255;
```

```
enhancedim = histeq(uint8(enhancedim));

figure('Name', 'Enhanced Image', 'Numbertitle', 'On');
imshow(enhancedim);
set(gcf, 'position', [1 1 400 400]);
```

Αλγόριθμος μετατροπής σε δυαδική εικόνα με δυναμική κατοφλίωση (binarization)

```
%Αυτό το κομμάτι κωδικά εγινε συμφώνα με τη methologia του
paper
%MERIT: Minutiae Extraction using Rotation Invariant Algorithm
%Avinash Pokhriyal, Sushma Lehri

function [bwim] = binarization(im,w)

[n,m] = size(im);
bwim = zeros(n,m);
k = w-1;

for i=1:n
    for j=1:m
        if (i+k <= n) & (j+k <= m)
            mean = mean2(im(i:i+k,j:j+k));
            bwim(i:i+k,j:j+k) = im(i:i+k,j:j+k) < mean;
        end
    end
end

figure('Name', 'Binarized Image', 'Numbertitle', 'On');
imshow(bwim);
set(gcf, 'position', [1 1 400 400]);
```

Αλγόριθμος λέπτυνσης εικόνας (thinning)

```
function thinim = thinning(im)

thinim = bwmorph(~im, 'thin', Inf);
thinim = imcomplement(thinim);

figure('Name', 'Thinned Image', 'Numbertitle', 'On');
imshow(thinim);
set(gcf, 'position', [1 1 400 400]);
```

Καθορισμός της γειτονιάς ενός pixel (neighborhood)

```
function y = neighborhood (im, i, j, x)

switch(x)
    case {1,9}
        y = im(i,j+1);
    case 2
        y = im(i-1,j+1);
    case 3
        y = im(i-1,j);
    case 4
        y = im(i-1,j-1);
```



```

case 5
    y = im(i,j-1);
case 6
    y = im(i+1,j-1);
case 7
    y = im(i+1,j);
case 8
    y = im(i+1,j+1);
end

```

Εύρεση γωνίας μικρολεπτομερειών (orientation)

```

function direction = orientation(im,i,j,cn)

direction = -1;

if (cn == 1) %για το pixel που είναι termination
    for x=1:8
        if (neighborhood(im,i,j,x) == 1)

            switch (x)
                case {1, 9}
                    direction = 0;
                case 2
                    direction = 45;
                case 3
                    direction = 90;
                case 4
                    direction = 135;
                case 5
                    direction = 180;
                case 6
                    direction = 225;
                case 7
                    direction = 270;
                case 8
                    direction = 315;
            end
        end
    end
end

else

    if (neighborhood(im, i, j, 1) & ~(neighborhood(im, i, j,
2) & neighborhood(im, i, j, 8))) )
        direction = 0;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 2) & ~(neighborhood(im, i, j,
1) & neighborhood(im, i, j, 8) & neighborhood(im, i, j, 3) &
neighborhood(im, i, j, 4)))
        direction = 45;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 3) & ~(neighborhood(im, i, j, 2)
& neighborhood(im, i, j, 4)))
        direction = 90
    end
end

```

```
end
    if (neighborhood(im, i, j, 4) & ~ (neighborhood(im, i, j,
3) & neighborhood(im, i, j, 2) & neighborhood(im, i, j, 5) &
neighborhood(im, i, j, 6)))
        direction = 135;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 5) & ~ (neighborhood(im, i, j,
4) & neighborhood(im, i, j, 6)))
        direction = 180;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 6) & ~ (neighborhood(im, i, j,
4) & neighborhood(im, i, j, 5) & neighborhood(im, i, j, 7) &
neighborhood(im, i, j, 8)))
        direction = 225;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 7) & ~ (neighborhood(im, i, j,
6) & neighborhood(im, i, j, 8)))
        direction = 270;
    end
    if (neighborhood(im, i, j, 8) & ~ (neighborhood(im, i, j,
2) & neighborhood(im, i, j, 1) & neighborhood(im, i, j, 7) &
neighborhood(im, i, j, 6)))
        direction = 315;
    end
end
end
```

Αλγόριθμος εξαγωγής μικρολεπτομερειών (extraction)

```
%Ayto to kommati kwdika egine symfwna me ti methologia tou
paper
%Thai, Raymond. Fingerprint Image Enhancement and Minutiae
Extraction

function
[termination,bifurcation,numterm,numbif,minutiae,numminutiae,c
n,direction]
= extraction(im)

[n,m] = size(im);
numterm = 1;
numbif = 1;
termination = [0,0,0,0];
bifurcation = [0,0,0,0];
minutiae = [0,0,0,0];

for i=15:(n-15)
    for j=15:(m-15)
        if (im(i,j) == 0)
            cn = 0;

            for x=1:8
                cn = cn +
abs(neighborhood(im,i,j,x) - neighborhood(im,i,j,x+1));
            end

            cn = cn/2;
```

```

                                if (cn == 1)
                                    direction =
orientation(im,i,j,cn);
                                termination(numterm, :) =
[i,j,cn,direction];
                                numterm = numterm + 1;
                                elseif (cn == 3)
                                    direction =
orientation(im,i,j,cn);
                                bifurcation(ymbif, :) =
[i,j,cn,direction];
                                numbif = numbif + 1;
                                end
                                end
                                end
                                end

numterm = numterm - 1;
ymbif = ymbif - 1;
minutiae = [termination;bifurcation];
numminutiae = numterm + ymbif;

```

Αναπαράσταση των μικρολεπτομερειών (plotminutiae)

```

function minutiaeim = plotminutiae (im,numminutiae,minutiae)

[n,m] = size(minutiae);
minutiaeim = uint8(zeros(size(im,1),size(im, 2), 3));

for i=1:n
    x = minutiae(i, 1);
    y = minutiae(i, 2);
    if (minutiae(i, 3) == 1)
        minutiaeim(x,y,:) = [ 0, 0, 255];
    else
        minutiaeim(x,y,:) = [255, 0, 0];
    end
end

figure('Numbertitle', 'On');
subplot(2,1,1), subimage(im), title('Thinned Image');
subplot(2,1,2), subimage(minutiaeim), title('Minutiae');

```

Αναπαράσταση εικόνας δακτυλικού αποτυπώματος μαζί με τις μικρολεπτομέρειες (plotminutiaeim)

```

function imwithminutiae = plotminutiaeim (thinim,minutiaeim)

[n,m] = size(thinim);
imwithminutiae = uint8(minutiaeim);

for i=1:n
    for j=1:m
        if (thinim(i,j))

```

```
        imwithminutiae(i,j,:) = [255,255,255];
    else
        imwithminutiae(i,j,:) = [0,0,0];
    end

    if ((minutiaeim(i,j,3) ~= 0) | (minutiaeim(i,j,1) ~=
0))
        imwithminutiae(i,j,:) = minutiaeim(i,j,:);
    end
end
end

figure('Name', 'Image with minutiae', 'Numbertitle', 'On');
imshow(imwithminutiae);
set(gcf, 'position',[1 1 400 400]);
```

Εύρεση ευκλείδειας απόστασης (euclidian_distance)

```
function D = euclidian_distance(minutiae1,minutiae2)

switch nargin
    case 1
        [m1,n1] = size(minutiae1);
        m2 = m1;
        D = zeros(m1,m2);

        for i=1:m1
            for j=1:m2
                if (i == j)
                    D(i,j) = NaN;
                else
                    D(i,j) = sqrt((minutiae1(i,1)-
minutiae1(j,1))^2+(minutiae1(i,2)-minutiae1(j,2))^2);
                end
            end
        end

    case 2
        [m1,n1] = size(minutiae1);
        [m2,n2] = size(minutiae2);
        D = zeros(m1,m2);

        for i=1:m1
            for j=1:m2
                D(i,j) = sqrt((minutiae1(i,1)-
minutiae2(j,1))^2+(minutiae1(i,2)-minutiae2(j,2))^2);
            end
        end
    otherwise
        error('only one or two input arguments')
end
```


**Κλήση όλων των συναρτήσεων για προ-επεξεργασία, εξαγωγή
μικρολεπτομερειών, μετα-επεξεργασία (main)**

```
function [eik,new_eikwithminutiae,new_minutiae,new_numminutiae]
= main

eik = readim;
% figure('Name', 'Histogram of Original Image', 'Numbertitle',
'On');
% imhist(eik);
% xlim([0 300])
% ylim([0 900])

eik2 = histeq(uint8(eik));
% figure('Numbertitle', 'On');
% subplot(1,2,1), subimage(eik), title('Original Image');
% subplot(1,2,2), subimage(eik2), title('Histogram
Equalization');

% figure('Name', 'Histogram after the Histogram Equalization',
'Numbertitle', 'On');
% imhist(eik2);
% xlim([0 300])
% ylim([0 900])

enhancedeik = enhancement(eik2,0.45);
% figure('Numbertitle', 'On');
% subplot(1,2,1), subimage(eik), title('Original Image');
% subplot(1,2,2), subimage(enhancedeik), title('Enhanced
Image');

bweik = binarization(enhancedeik,15);
% figure('Numbertitle', 'On');
% subplot(1,2,1), subimage(enhancedeik), title('Enhanced
Image');
% subplot(1,2,2), subimage(bweik), title('Binary Image');

thineik = thinning(bweik);
% figure('Numbertitle', 'On');
% subplot(1,2,1), subimage(bweik), title('Binary Image');
% subplot(1,2,2), subimage(thineik), title('Thinned Image');

[termination,bifurcation,numterm,numbif,minutiae,numminutiae,cn
,direction] = extraction(thineik);

minutiaeek = plotminutiae (thineik, numminutiae, minutiae);

eikwithminutiae = plotminutiaeim (thineik,minutiaeek);

D=3;
Distance = euclidian_distance(bifurcation,termination);
Falseminutiae = Distance<D;
[i,j] = find(falseminutiae);
bifurcation(i,:) = [];
termination(j,:) = [];
```

```

Distance = euclidian_distance(bifurcation);
Falseminutiae = Distance<D;
[i,j] = find(falseminutiae);
bifurcation(i,:) = [];

Distance = euclidian_distance(termination);
Falseminutiae = Distance<D;
[i,j] = find(falseminutiae);
termination(i,:) = [];

new_minutiae = [termination ; bifurcation];
[new_numminutiae,n] = size(new_minutiae);
new_minutiaeeik = plotminutiae
(thineik,new_numminutiae,new_minutiae);
new_eikwithminutiae = plotminutiaeim (thineik,new_minutiaeeik);

figure('Numbertitle', 'On');
subplot(1,2,1), subimage(eikwithminutiae), title('Image with
false minutiae');
subplot(1,2,2), subimage(new_eikwithminutiae), title('Image
after the removal of false minutiae');

% savetemplate('agnwstos 99610',termination,bifurcation);

```

Αποθήκευση σε αρχείο txt των μικρολεπτομερειών μιας εικόνας (savetemplate)

```

function savetemplate(name,termination,bifurcation)

name = strrep(name, ' ', '_');
date = datestr(now,29);
FileName = [name '_' date '.txt'];

file = fopen(FileName,'wt');
fprintf(file,'%s \n','-----
-----');
fprintf(file,'%s \n',['Name: ' name]);
fprintf(file,'%s \n',['Date: ' date]);
fprintf(file,'%s','Number of Terminations: ');
fprintf(file,'%2.0f \n',size(termination,1));
fprintf(file,'%s','Number of Bifurcations: ');
fprintf(file,'%2.0f \n',size(bifurcation,1));
fprintf(file,'%s \n','-----
-----');
fprintf(file,'%s \n','-----
-----');
fprintf(file,'%s \n','Terminations :');
fprintf(file,'%s \n',' I           J           CN
DIRECTION');
fprintf(file,'%3.0f \t %3.0f \t %3.2f \t %3.2f
\n',termination);
fprintf(file,'%s \n','-----
-----');
fprintf(file,'%s \n','Bifurcations :');
fprintf(file,'%s \n',' I           J           CN
DIRECTION');
fprintf(file,'%3.0f \t %3.0f \t %3.2f \t %3.2f

```

```
\n',bifurcation');
fclose(file);
```

Απλός αλγόριθμος αντιστοίχισης για επαλήθευση (matching)

```
clc;
clear all;
close all;

[eik1,new_eikwithminutiae1,new_minutiae1,new_numminutiae1] =
main

[eik2,new_eikwithminutiae2,new_minutiae2,new_numminutiae2] =
main

figure('Numbertitle','On');
subplot(1,2,1), subimage(eik1), title('image 1');
subplot(1,2,2), subimage(eik2), title('image 2');

figure('Numbertitle','On');
subplot(1,2,1), subimage(new_eikwithminutiae1), title('Image
with minutiae1');
subplot(1,2,2), subimage(new_eikwithminutiae2), title('Image
with minutiae2');

count = 0;
match = 0;
scorematching = 0;

for p=1:new_numminutiae1
    for k=1:new_numminutiae2
        if new_minutiae1(p,1) == new_minutiae2(k,1) &
new_minutiae1(p,2) == new_minutiae2(k,2) & new_minutiae1(p,3)
== new_minutiae2(k,3) & new_minutiae1(p,4) ==
new_minutiae2(k,4)
            count = count+1;
        end
    end
end

if (count>=0.7*(max(new_numminutiae1,new_numminutiae2)))
    match = 1;
    scorematching =
(count/(max(new_numminutiae1,new_numminutiae2)))*100;
else
    match = -1;
end

if (match == 1)
    fprintf('Ta daktylika apotypwmata anhkoyn sto idio atomo
me %d tois 100 pososto\n',scorematching);
else
    disp('Ta daktylika apotypwmata anhkoyn se diaforetiko
atomo!');
end
```

Εύρεση πίνακα συσχετίσεων (relativearray)

```
function [relative, n, numterm, numbirf] = relativearray
[eik,new_eikwithminutiae,new_minutiae,new_numminutiae] = main

[n,m] = size(new_minutiae);
relative = zeros(n,m);
new1 = sortrows(new_minutiae,3);
numterm = 0;
numbirf = 0;

for i=1:n
    if (new1(i,3) == 1)
        numterm = i;
    end
end

numbirf = n-numterm;

if (numterm>1)
    counter = 1;
    for k=1:numterm
        for l=1:numterm
            relative(counter,1) = new1(k,1)-new1(l,1);
            relative(counter,2) = new1(k,2)-new1(l,2);
            relative(counter,4) = new1(k,4)-new1(l,4);
            relative(counter,3) = new1(k,3);
            counter = counter+1;
        end
    end
end

if (numbirf>1)
    for k = numbirf:n
        for l = numbirf:n
            relative(counter,1) = (new1(k,1)-new1(l,1));
            relative(counter,2) = (new1(k,2)-new1(l,2));
            relative(counter,4) = (new1(k,4)-new1(l,4));
            relative(counter,3) = new1(k,3);
            counter = counter+1;
        end
    end
end

[numrel,col] = size(relative);
new2 = sortrows(relative,[1 2]);

for p=1:numrel-1
    for q=p+1:numrel
        if (relative(p,1) == relative(q,1) &
relative(p,2) == relative(q,2))
            relative(q,:) = [0 0 0 0];
        end
    end
end
```

Εύρεση βαθμού επιτυχών συγκρίσεων μεταξύ των συσχετίσεων με χρήση των πινάκων συσχέτισης για επαλήθευση (relativematching)

```

clc;
clear all;
close all;

[relative1,num1,numterm1,numbirf1] = relativearray;
[relative2,num2,numterm2,numbirf2] = relativearray;
[row1,col1] = size(relative1);
[row2,col2] = size(relative2);

count = 0;
match = 0;
matchp = 0;
matchk = 0;
prune = 0;
current_minu = 0;
previous_minu = 0;
scorematching = 0;

for p=1:row1
    if (relative1(p,1) ~= 0 & relative1(p,2) ~= 0)
        for k=1:row2
            if (relative1(p,1) == relative2(k,1) &
relative1(p,2) == relative2(k,2) & relative1(p,3) ==
relative2(k,3) & relative1(p,4) == relative2(k,4))
                matchp = p;
                matchk = k;
                count = count+1;
                k = row2;
                current_minu = floor(p/num1);

                if (current_minu ~= previous_minu)
                    if (current_minu>max(numterm1,numterm2))
                        prune = prune+max(numterm1,numterm2);
                    else
                        prune = prune+max(numbirf1,numbirf2);
                    end
                    previous_minu = current_minu;
                end
            end
        end
    end
end

scorematching = (prune/max(row1,row2))*100;

if (scorematching>=40)
    match = 1;
else
    match = -1;
end

if (match==1)

```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

```
    fprintf('Ta daktylika apotypwmata anhkoyn sto idio atomo
me %d tois 100 pososto epityxwn sygkrisewn\n',scorematching);
else
    fprintf('Ta daktylika apotypwmata anhkoyn se diaforetiko
atomo me mono %d tois 100 pososto epityxwn
sygkrisewn\n',scorematching);
end
```