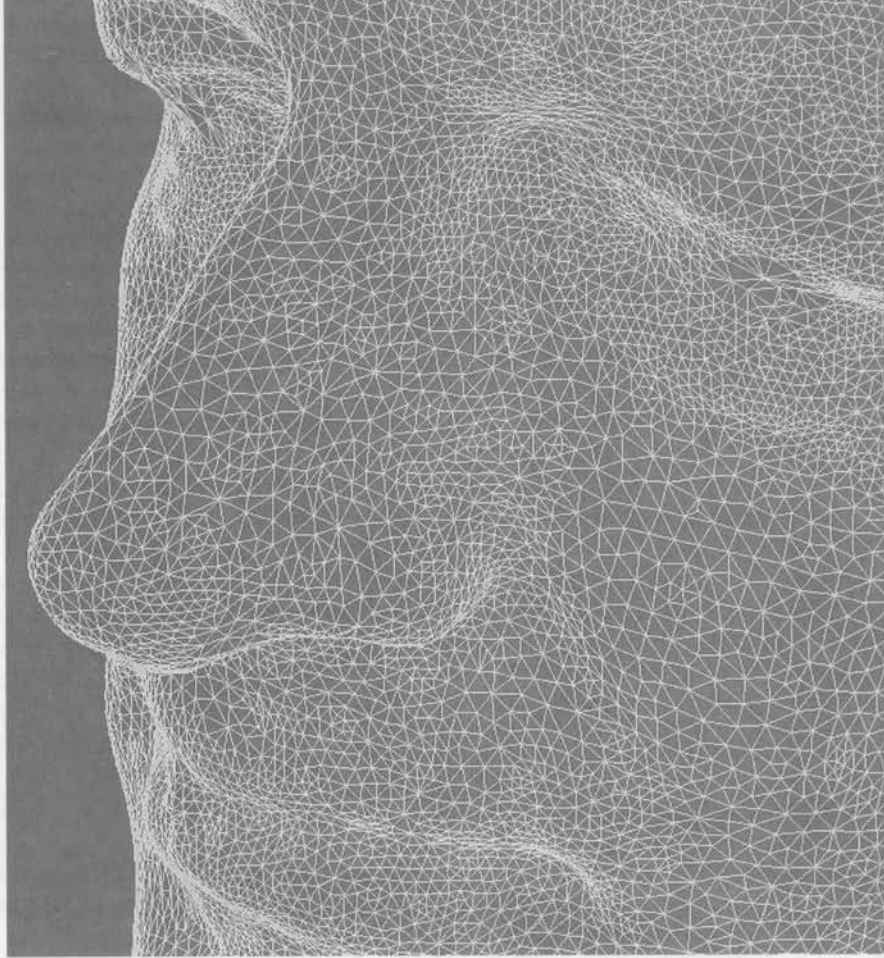


# Βιομετρική απεικόνιση

Η λεπτή γραμμή μεταξύ της επιστήμης και των ηλεκτρονικών

Από τον Δρ. Asker M. Bazen  
Πανεπιστήμιο του Twente



Η βιομετρία (ή βιομετρική) βρίσκεται αυτή την στιγμή στο κέντρο του ενδιαφέροντος, κυρίως λόγω της τάσης που υπάρχει στις αρμόδιες αρχές να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία (στο άμεσο μάλιστα μέλλον) για την έκδοση διαβατηρίων, καθώς και για πολλές άλλες εφαρμογές που σχετίζονται με την ταυτοποίηση ή την ασφάλεια. Παρ' όλα όμως αυτά, η ανάπτυξη της βιομετρίας δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί. Η απόδοση αρκετών εφαρμογών δεν είναι ακόμη ικανοποιητική και χρειάζεται αρκετή έρευνα για να φτάσουμε στις απαραίτητες βελτιώσεις. Στο άρθρο που ακολουθεί ρίχνουμε μία ματιά "εκ των έσω" στην τεχνολογία που χρησιμοποιείται σήμερα, και δεν εξετάζουμε μόνο τον πώς λειτουργεί η βιομετρία, αλλά και το γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις τα σχετικά συστήματα αποτυγχάνουν. Χωρίς βέβαια να συμφωνούμε καθόλου από την κατάχρηση που μπορεί να γίνει από τον "μεγάλο αδελφό".

Ο όρος βιομετρία ή βιομετρική αναφέρεται στην αυτόματη αναγνώριση ατόμων, βασισμένη στην μέτρηση των χαρακτηριστικών του ανθρωπίνου σώματος ή της συμπεριφοράς του. Τα πλέον φημισμένα παραδείγματα βιομετρίας είναι η αναγνώριση δακτυλικών αποτυπωμάτων, η αναγνώριση προσώπων και η σάρωση της ίριδας. Εκτός όμως από αυτά, η γεωμετρία της παλάμης, η αναγνώριση φωνής και ο θυματισμός (τα χαρακτηριστικά του τρόπου με τον οποίο ο κάθε ένας περπατάει), αποτελούν επίσης

παραδείγματα άλλων μεθόδων που χρησιμοποιούνται ή βρίσκονται στο στάδιο της έρευνας. Μία διαφορετική και σχετικά νέα μορφή βιομετρίας, είναι η αναγνώριση παλαμικών αποτυπωμάτων. Αυτή την στιγμή γίνονται διάφορα πειράματα στα οποία η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται σε πρωτότυπα πιστόλια, με σκοπό την διασφάλιση της χρήσης αυτών μόνον από εξουσιοδοτημένα άτομα, χωρίς να παρεμποδίζεται η χρήση από τον ιδιοκτήτη. Πραγματικά, ένα όπλο στο οποίο θα πρέ-

πει πρώτα να εισάγει κανείς κωδικό πριν το χρησιμοποιήσει, δεν είναι διόλου εύχρηστο σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Η αναγνώριση προσώπου και δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ίσως οι περισσότερο γνωστές μέθοδοι της βιομετρίας. Το γεγονός βέβαια αυτό, σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι είναι και οι απλούστερες μέθοδοι. Οι δύο μάλιστα συγκεκριμένες μέθοδοι παρουσιάζουν δύο επαναλαμβανόμενα προβλήματα: δύο βιομετρικές μετρήσεις στο ίδιο άτομο, ποτέ δεν δίνουν τα ίδια

ακριβώς αποτελέσματα, την στιγμή που οι βιομετρικές μετρήσεις σε διαφορετικά άτομα είναι δυνατόν να εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες. Εάν πάρουμε για παράδειγμα δύο διαφορετικές φωτογραφίες του ίδιου ατόμου, η γωνία φωτισμού ή η έκφραση του προσώπου είναι δυνατόν να διαφέρουν. Από την άλλη, οι φωτογραφίες μεταξύ αδελφών του ίδιου φύλου είναι πιθανό να παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες. Για να είναι εφικτή η αναγνώριση προσώπων παρ' όλες τις παραπάνω ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των μετρήσεων, το βιομετρικό σύστημα χρειάζεται μία έξυπνη μέθοδο που θα το βοηθήσει να αποφασίσει εάν υπάρχει επαρκής συνάφεια μεταξύ δύο μετρήσεων. Η μέθοδος αυτή έγκειται στην αξιοποίηση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της κάθε μέτρησης, και πιο συγκεκριμένα των καλούμενων χαρακτηριστικών ανυσμάτων. Το ζητούμενο είναι ο εντοπισμός των κατάλληλων χαρακτηριστικών ανυσμάτων, τα οποία αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά που οδηγούν στις μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις και στην ευκολότερη αναγνώριση.

## Αναγνώριση προσώπου

Η αναγνώριση προσώπου είναι πράγματι μία ελκυστική μέθοδος ταυτοποίησης ατόμων, η οποία κατ' αρχάς θα μπορούσε να λειτουργήσει "με διαφάνεια", χωρίς να είναι απαραίτητη η συνεργασία του ατόμου το οποίο αναγνωρίζεται. Στην πράξη βέβαια, η συγκεκριμένη τεχνική δεν έχει ακόμη εξελιχθεί στο επίπεδο που να αποδίδει αξιόπιστα. Το μεγάλο πρόβλημα στην αναγνώριση προσώπου είναι η μεγάλη διακύμανση μεταξύ φωτογραφιών του ίδιου προσώπου.

Οι αποκλίσεις που παρουσιάζονται ανήκουν σε δύο κατηγορίες: οι εγγενείς αποκλίσεις που προκαλούνται από πραγματικές μεταβολές του προσώπου (όπως για παράδειγμα η έκφραση του προσώπου, η κόμμωση, τα γένια κ.λπ.), και οι εξωγενείς αποκλίσεις που προκαλούνται από (ή κατά) την διαδικασία της αποτύπωσης του προσώπου (διαφοροποίηση του φωτισμού, στάση, ανάλυση, μερική ασάφεια κ.λπ.). Οι φωτογραφίες του **Σχήματος 1** αποτελούν ένα καλό δείγμα των αποκλίσεων αυτών.

Ανάλογα τώρα με το περιβάλλον, σημαντικό παράγοντας μπορεί να αποδειχθεί και η γήρανση. Εάν ένα σύστημα χρησιμοποιείται συχνά, τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν εύκολα ενημερώνονται αναφορικά με τις λόγω γήρανσης προκύπτουσες διαφοροποιήσεις. Στην περίπτωση όμως των βιομετρικών διαβατηρίων τα οποία εκδίδονται για διάρκεια τουλάχιστον 5 ετών, ο ρυθμός εσφαλμένης απόρριψης (false re-

jection rate, FRR), δηλαδή το ποσοστό των εσφαλμένων απορριψέων, είναι δυνατόν να φθάσει μέχρι και το 50 %. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος FRR καθώς και άλλα στατιστικά βιομετρικά μεγέθη, αναφέρονται στο ειδικό ένθετο στο άρθρο. Διαφορετικές φωτογραφίες είναι δυνατόν να έχουν μεγάλες διαφορές αλλά και μεγάλες ομοιότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι (των οποίων παρεμπιπτόντως, τα δακτυλικά αποτυπώματα είναι πάντοτε διαφορετικά). Εντυπωσιακές όμως ομοιότητες μπορεί να παρουσιάζουν και τα μέλη της ίδιας οικογένειας, ή ακόμη και άτομα εντελώς άσχετα μεταξύ τους. Ένα σχετικό παράδειγμα έχουμε στο **Σχήμα 2**. Το ερώτημα που τίθεται εδώ είναι το εξής: πρόκειται για τρεις διαφορετικές γυναίκες, τρεις διαφορετικές φωτογραφίες της ίδιας γυναίκας, ή κάποιος άλλος συνδυασμός. Η απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα παρατίθεται στο τέλος του άρθρου.

## Χαρακτηριστικά

Για την αναγνώριση προσώπου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικοί τύποι χαρακτηριστικών. Στον πρώτο τύπο έχουμε απ' ευθείας αξιοποίηση των τιμών στην κλίμακα του γκρι (υφή) της εικόνας, και σαν παράδειγμα παραθέτουμε τις εικόνες του **Σχήματος 3**. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, ο βαθμός προσαρμογής καθορίζεται από ένα τύπο στον οποίο μετέχει το άθροισμα των διαφορών (με διαφορετικό η κάθε μία βάρος) των τιμών της κλίμακας του γκρι μεταξύ των διαφόρων εικόνων. Ο δεύτερος τύπος χαρακτηριστικών βασίζεται στην γεωμετρία (**σχήμα**) του προσώπου, στον οποίο χρησιμοποιούνται κάποια τυπικά χαρακτηριστικά του προσώπου όπως είναι τα μάτια, η μύτη και το στόμα (η δεύτερη γραμμή του **Σχήματος 3**). Στο πρώτο θήμα αναζητούνται μέσα στην εικόνα τα διάφορα χαρακτηριστικά, και στο δεύτερο σχηματίζεται από τα εν λόγω χαρακτηριστικά ένα γράφημα, το οποίο συγκρίνεται με τα δεδομένα αναφοράς. Για καλύτερες επιδόσεις στην αναγνώριση, είναι δυνατόν να συνδυάσουμε και τις δύο αυτές μεθόδους, μέσα στον ίδιο αλγόριθμο. Μία νέα εξέλιξη στον τομέα της αναγνώρισης προσώπου, είναι η χρήση σαρώσεων σε τρεις διαστάσεις. Το σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζει η αναγνώριση προσώπου μέσω σαρώσεων σε τρεις διαστάσεις είναι ότι δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από μεταβολές στον φωτισμό και την στάση, αλλά η έρευνα για την βέλτιστη αξιοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου έχει μόλις αρχίσει. Λόγω πάντως του ότι στην

παρούσα φάση η αναγνώριση προσώπου δεν είναι αρκετά αξιόπιστη για εφαρμογές σε μεγάλη κλίμακα, τα πεδία στα οποία προς το παρόν βρίσκει εφαρμογή είναι ο έλεγχος πρόσβασης σε χώρους σχετικά χαμηλής ασφάλειας με μικρές ομάδες χρηστών.

## Δακτυλικά αποτυπώματα

Σήμερα πλέον τα δακτυλικά αποτυπώματα αποθηκεύονται κατά κανόνα ψηφιακά. Η διαδικασία έγκειται σε μία οπτική η χωρητική μέτρηση της επιφάνειας του δακτύλου, η οποία συνήθως καταλήγει σε μία ασπρόμαυρη εικόνα 8 ψηφίων με 500 X 500 εικονοστοιχεία. Η άκρη του δακτύλου παρουσιάζει τις (συχνά) καλούμενες κορυφές και κοιλάδες, οι οποίες σε ένα δακτυλικό αποτύπωμα εμφανίζονται ως παράλληλες καμπύλες σε μία ασπρόμαυρη δομή. Μία συνολική περιγραφή της μορφής του αποτυπώματος δίνεται από το πεδίο προσανατολισμού: την κατεύθυνση δηλαδή των γραμμών σε κάθε περιοχή του αποτυπώματος. Για την ταξινόμηση των δακτυλικών αποτυπωμάτων υπάρχουν ορισμένες βασικές κατηγορίες οι οποίες αποτελούν την ταξινόμηση κατά Henry, και στο **Σχήμα 4** περιγράφονται τρεις από τις βασικές αυτές κατηγορίες. Εννοείται ότι εντός της κάθε μίας διαφορετικής τάξης, υπάρχουν αρκετές δυνατές παραλλαγές.

Το δεύτερο επίπεδο ανάλυσης παρέχεται από τις μικρολεπτομέρειες (minutiae). Αυτές αφορούν την διαίρεση και τα καταληκτικά σημεία των γραμμών, τα οποία περιγράφουν τοπικές λεπτομέρειες του δακτυλικού αποτυπώματος. Οι μικρολεπτομέρειες αποτελούν το κύριο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται κατά την αυτόματη ταυτοποίηση δακτυλικών αποτυπωμάτων. Εκτός όμως από αυτό, ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν επίσης και την αρχική ασπρόμαυρη εικόνα, η οποία περιλαμβάνει και το μέγιστο ποσό πληροφορίας. Στο **Σχήμα 5**, έχουμε το πεδίο προσανατολισμού και τις μικρολεπτομέρειες ενός δακτυλικού αποτυπώματος.

Όπως ακριβώς και με τις άλλες μεθόδους βιομετρίας, το σημαντικότερο πρόβλημα με την αναγνώριση των δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ότι δύο αποτυπώσεις του ίδιου δακτύλου δεν είναι ποτέ ακριβώς ίδιες. Μία από τις αιτίες είναι η ποιότητα της εικόνας. Επάνω στο δάκτυλο είναι πιθανόν να υπάρχει σκόνη ή (προσωρινές) εκδορές, ο καιρός μπορεί επίσης να επηρεάσει αρνητικά το αποτύπωμα, ενώ παρεμβάλλεται επίσης ο θόρυβος μέτρησης του αισθητήρα. Εκτός όμως από όλα τα παραπάνω, πολλοί άνθρωποι έχουν "φτω-



Σχήμα 1. Διαφοροποιήσεις σε ένα πρόσωπο: έκφραση, φωτισμός και στάση

χά" δακτυλικά αποτυπώματα, τα οποία μπορεί να προέρχονται είτε από φθορά είτε από εκ φύσεως ρηχές αυλακώσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ακόμη και ένας ειδικός δυσκολεύεται να προσδιορίσει το προς τα που ακριβώς κατευθύνονται οι γραμμές. Οι συγκεκριμένες συνθήκες οδηγούν σε σφάλμα, και αποτυχημένη ή λάθος ανάλυση λεπτομερειών. Μία δεύτερη αιτία διαφοροποιήσεων στις δακτυλικές αποτυπώσεις έχει να κάνει με την διαφορετική κάθε φορά τοποθέτηση του δακτύλου επάνω στον αισθητήρα, με αποτέλεσμα την ελαφρά μεταβαλλόμενη κάθε φορά καταγραφή μέρους του αποτυπώματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι μερικώς μόνον επικαλυπτόμενες αποτυπώσεις. Τρίτος παράγοντας είναι ότι

το σύστημα έχει να αντιμετωπίσει περιστροφή, μετατροπή και μεταβολή κλίμακας των αποτυπώσεων. Το τελευταίο πρόβλημα αφορά την μη γραμμική παραμόρφωση μεταξύ δύο εκτυπώσεων, οι οποίες προκαλούνται από την ίδια την διαδικασία καταγραφής. Κατά την διαδικασία αυτή, η ελαστική τρισδιάστατη επιφάνεια του δακτύλου, υποχρεούται να γίνει επίπεδη έναντι του αισθητήρα. Κάθε φορά, το ποσοστό της επιπεδοποίησης είναι διαφορετικό, εξαρτώμενο για παράδειγμα από την πίεση που εφαρμόζεται κατά την ολίσθηση ή την περιστροφή του δακτύλου κατά την καταγραφή. Η συγκεκριμένη διαδικασία απεικόνισης του δέρματος από 3 σε 2 διαστάσεις προκαλεί μία μη γραμμική παραμόρφωση,

ειδικά στην περίπτωση δυνάμεων οι οποίες δεν είναι κάθετες προς την επιφάνεια του αισθητήρα. Και τέτοιο συμβαίνει συχνά όταν χρήστες οι οποίοι δεν θέλουν να συνεργαστούν, εφαρμόζουν υπερβολική δύναμη με σκοπό την παρεμπόδιση της αναγνώρισης. Λόγω λοιπόν όλων των προαναφερθέντων προβλημάτων, οι εικόνες των δακτυλικών αποτυπώματων δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν άμεσα, αλλά αντ' αυτού χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά τα οποία είναι λιγότερο ευαίσθητα σε παραμορφώσεις όπως είναι το πεδίο προσανατολισμού και οι μικρολεπτομέρειες.

Ειδικά μάλιστα στα συστήματα ταυτοποίησης χρησιμοποιείται το πεδίο προσανατολισμού, δηλαδή η γενική μορφή του απο-



Σχήμα 2. Παρόμοια πρόσωπα: τρεις διαφορετικές γυναίκες ή τρεις ίδιες;

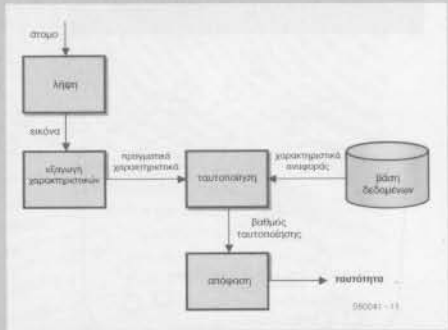


## Αναγνώριση ή όχι;

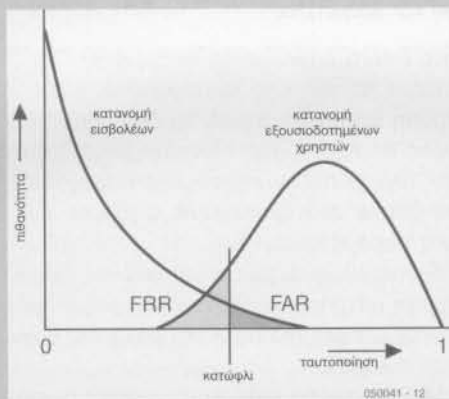
Η διαδικασία της βιομετρικής αναγνώρισης περιγράφεται στο διάγραμμα ροής του Σχήματος Α. Εδώ, τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου συγκρίνονται με χαρακτηριστικά τα οποία έχουν αποθηκευτεί νωρίτερα και το αποτέλεσμα της σύγκρισης δίνει ένα βαθμό ταυτοποίησης. Ένα κατώφλι καθορίζει εάν ο βαθμός ταυτοποίησης είναι αρκετά υψηλός ώστε το άτομο να θεωρείται ως "αναγνωρισμένο". Ανεξάρτητα του πόσο εξυπνη μπορεί να είναι η "εξαγωγή χαρακτηριστικών", υπάρχουν πάντοτε περιπτώσεις όπου δύο ανύσματα χαρακτηριστικών του ίδιου ατόμου διαφέρουν τόσο ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένας χαμηλός βαθμός ταυτοποίησης. Εκτός αυτού, υπάρχει το ενδεχόμενο δύο μετρήσεις διαφορετικών ατόμων να είναι εξαιρετικά όμοιες, στοιχείο που μοιραία οδηγεί σε υψηλό βαθμό ταυτοποίησης. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι οι βαθμοί ταυτοποίησης δεν είναι δυνατόν να διαχωρίζονται απλά από ένα κατώφλι. Ας ριζούμε μία ματιά στο Σχήμα Β.

Εδώ απεικονίζονται οι πυκνότητες πιθανότητας βαθμών ταυτοποίησης σε επιτυχημένες ή αποτυχημένες απόπειρες αναγνώρισης. Η ελαφρά σκιασμένη περιοχή αριστερά του κατωφλίου εκφράζει τον ρυθμό εσφαλμένης απόρριψης (FRR): την πιθανότητα δηλαδή ο εξουσιοδοτημένος χρήστης να απορριφθεί διότι ο βαθμός ταυτοποίησης είναι κάτω από το κατώφλι. Η έντονα σκιασμένη περιοχή στην δεξιά πλευρά εκφράζει τον ρυθμό εσφαλμένης αποδοχής (FAR): την πιθανότητα δηλαδή ο εισβολέας να γίνει αποδεκτός διότι ο βαθμός ταυτοποίησης είναι πάνω από το κατώφλι. Ρυθμίζοντας το κατώφλι έχουμε την δυνατότητα να προσαρμόσουμε την πιθανότητα σφάλματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Ένα υψηλό κατώφλι προϋποθέτει υψηλό βαθμό ομοιότητας μεταξύ των ζωντανών μετρήσεων και της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη στην βάση δεδομένων. Δεδομένου ότι με μία τέτοια ρύθμιση ο συντελεστής FAR γίνεται μικρότερος, η συγκεκριμένη επιλογή είναι κατάλληλη για εφαρμογές υψηλής ασφάλειας, ενώ το μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι ο αυξημένος συντελεστής FRR (η πιθανότητα δηλαδή ο χρήστης να χρειαστεί να υποβληθεί εκ νέου στην διαδικασία αναγνώρισης). Από την άλλη μπορούμε να επιλέξουμε ένα χαμηλότερο κατώφλι, όπου ο συντελεστής FRR θα είναι μειωμένος, μία επιλογή που είναι κατάλληλη για εφαρμογές όπου σημαντικότερη απαίτηση είναι η ευκολία πρόσβασης παρά η ασφάλεια. Το μειονέκτημα που παρουσιάζεται εδώ είναι ότι μοιραία έχουμε υψηλότερο συντελεστή FAR, γεγονός που σημαίνει ότι έχουμε αυξημένη πιθανότητα αποδοχής κάποιου μη εξουσιο-

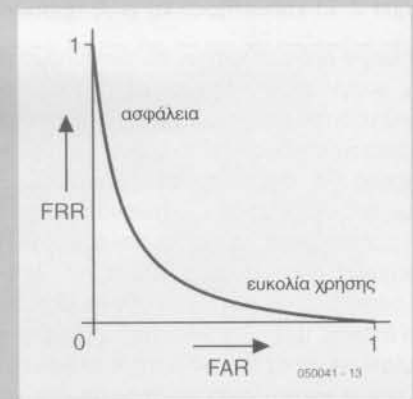
δοτημένου χρήστη. Για να έχουμε μία καλύτερη εικόνα της σχέσης μεταξύ FRR και FAR, μπορούμε να σχεδιάσουμε τα δύο μεγέθη σαν συνάρτηση του κατωφλίου. Το συγκεκριμένο γράφημα καλείται "καμπύλη λειτουργίας του δέκτη" (receiver operating curve, ROC) και εικονίζεται στο Σχήμα C.



Σχήμα Α. Σχηματικό διάγραμμα της βιομετρικής αναγνώρισης



Σχήμα Β. Πυκνότητα πιθανότητας βαθμών ταυτοποίησης από πραγματικές και εσφαλμένες απόπειρες.



Σχήμα C. Καμπύλη λειτουργίας του δέκτη (ROC).

τυπώματος. Στην βάση δεδομένων που διατηρείται, το σύνολο των αποτυπωμάτων κατηγοριοποιείται σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Henry, και όταν έλθει η ώρα να αναζητηθεί η ταυτότητα ενός συγκεκριμένου αποτυπώματος, εξετάζονται μόνον τα αποτυπώματα της αντίστοιχης κατηγορίας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή αποδοτικότητα κατά την αναζήτηση. Η μέθοδος αυτή έχει βέβαια και δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Πρώτον, υπάρχουν μόλις πέντε κατηγορίες αποτυπωμάτων και το 90 % των αποτυπωμάτων ανήκει στις τρεις από αυτές. Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο όρο θα χρειαστεί να εκτελέσουμε την αναζήτηση στο 30 % της βάσης

δεδομένων, γεγονός το οποίο δεν αποτελεί σημαντική μείωση του χρόνου αναζήτησης. Δεύτερον, υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος εσφαλμένης ταξινόμησης του δείγματος, με αποτέλεσμα να εκτελεστεί η αναζήτηση σε λάθος μέρος της βάσης δεδομένων όπου είναι μάλλον απίθανο να ταυτοποιηθεί το δείγμα. Μία εναλλακτική βέβαια λύση είναι να συγκρίνουμε το δείγμα χωρίς προηγουμένως να το εντάξουμε σε κάποια κατηγορία.

Παραμυπιπτόντως να αναφέρουμε ότι στην αναγνώριση δακτυλικών αποτυπωμάτων οι αποτυχίες είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με την αναγνώριση προσώπων. Πιο συγκεκριμένα, στην αναγνώριση δακτυλικών απο-

τυπωμάτων είναι εύκολο να επιτευχθεί ένας πολύ μικρός ρυθμός σφαλμάτων (χοντρικά FAR = 0,01 %), ενώ βέβαια εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση η κατάκτηση μικρού ρυθμού εσφαλμένων απορρίψεων στις περιπτώσεις κακών αποτυπωμάτων.

## Πολύτροπη βιομετρία

Με σκοπό την βελτίωση των δεικτών βιομετρικής αναγνώρισης, η έρευνα έχει προχωρήσει προς την πολύτροπη βιομετρία. Εδώ η αναγνώριση βασίζεται σε ένα συνδυασμό διαφορετικών βιομετρικών στοιχείων, όπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πολλοί διαφορετικοί τύποι μετρήσεων, όπως για παράδειγμα η αναγνώριση δα-



Σχήμα 3. Τα χαρακτηριστικά ενός προσώπου: υφή και γεωμετρία.

κτυλικών αποτυπωμάτων σε συνδυασμό με την αναγνώριση προσώπου (μέθοδος που ακολουθείται στα βιομετρικά διαβατήρια). Μέσω του συνδυασμού των δεικτών ταυτοποίησης δια της προαναφερθείσης μεθόδου, καταλήγουμε σε μία πιθανότητα όπου θα πρέπει τόσο το πρόσωπο όσο και τα δακτυλικά αποτυπώματα του παρεισάκτου να ομοιάζουν με αυτά του εξουσιοδοτημένου ατόμου, η οποία (πιθανότητα) είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή που θα είχαμε εάν η αναγνώριση γινόταν με ένα μόνον από τα δύο συστήματα αναγνώρισης (προσώπου ή δακτυλικών αποτυπωμάτων). Εκτός αυτού, ένα πολύτροπο σύστημα αναγνώρισης είναι πολύ περισσότερο αξιόπι-

στο έναντι εσφαλμένης απόρριψης.

Πέρα πάντως από τα παραπάνω, η πολύτροπη βιομετρία μπορεί να έχει σημαντική θέση σε συστήματα ταυτοποίησης. Πρώτα απ' όλα, ο πλέον σημαντικός παράγοντας σε τέτοια συστήματα είναι ο μικρός ρυθμός σφαλμάτων.

Εκτός όμως αυτού, η μία από τις βιομετρικές μετρήσεις (για παράδειγμα το πρόσωπο) μπορεί να παίξει τον ρόλο του αρχικού φίλτρου.

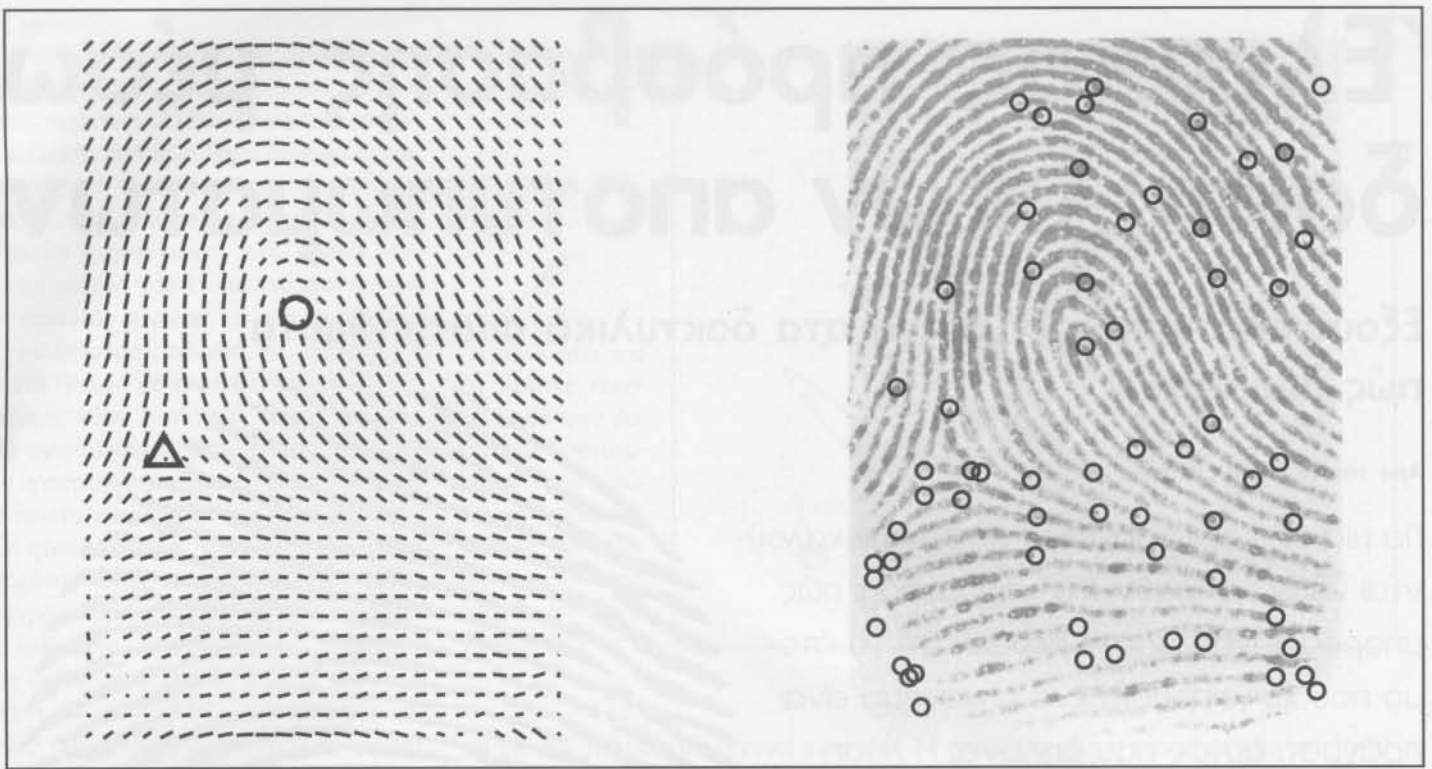
Με τον τρόπο αυτό επιταχύνεται η αναζήτηση στην βάση δεδομένων, επειδή στην επόμενη φάση αναζήτησης θα εισέρχονται μόνον οι εικόνες που καλύπτουν ένα συγκεκριμένο κατώφλι, όπου εκεί η σύγκριση

θα είναι περισσότερο σύνθετη και ακριβής (για παράδειγμα οι μικρολεπτομέρειες του δακτυλικού αποτυπώματος). Είναι πάντως σίγουρο, ότι όσο αυξάνουν οι ανάγκες βιομετρικής αναγνώρισης, η πολύτροπη βιομετρία θα συνεχίσει να καταλαμβάνει ένα διαρκώς αυξανόμενο ρόλο. (050041-1)

Η λύση στο Σχήμα 2: Με μία προσεκτική παρατήρηση των λεπτομερειών, θα διαπιστώσουμε ότι οι δύο φωτογραφίες στα δεξιά αφορούν το ίδιο άτομο ενώ η φωτογραφία στα αριστερά προέρχεται από διαφορετικό άτομο.



Σχήμα 4. Ταξινόμηση κατά Henry: δακτυλιοειδής, δεξιός βρόγχος και τόξο.



Σχήμα 5. Πεδίο προσανατολισμού και μικρολεπτομέρειες ενός δακτυλικού αποτυπώματος.

## Τύποι συστημάτων

Κατ' αρχάς, η βιομετρία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί με τρεις διαφορετικούς στόχους, οι οποίοι είναι η εξακρίβωση, η αναγνώριση και η παρακολούθηση λίστας ατόμων. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει μία διαδικασία "εγγραφής", στην οποία καταχωρούνται τα δεδομένα αναφοράς των καταγεγραμμένων χρηστών. Η εξακρίβωση -η οποία επίσης καλείται και ένα προς ένα ταυτοποίηση-, αποτελεί την απλούστερη μορφή βιομετρικής αναγνώρισης. Ο χρήστης ενημερώνει πρώτα για το ποιος είναι, εισάγοντας για παράδειγμα μία μαγνητική κάρτα ή το όνομα του, και η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για να ανακληθούν από την βάση δεδομένων τα αντίστοιχα δεδομένα αναφοράς. Στην συνέχεια ακολουθεί μία νέα βιομετρική μέτρηση του χρήστη, η οποία χρησιμοποιείται για να βεβαιώσει την ταυτότητα του, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μέτρησης με τα δεδομένα αναφοράς. Σε ένα σύστημα εξακρίβωσης τα δεδομένα αναφοράς είναι δυνατόν να βρίσκονται αποθηκευμένα σε μία κεντρική βάση δεδομένων, ή για παράδειγμα σε μία "έξυπνη" κάρτα που ο χρήστης φέρει μαζί του (καταναμημένη βάση δεδομένων). Από την άποψη της ασφάλειας προσωπικών δεδομένων η τελευταία λύση είναι προτιμητέα, δε-

δομένου ότι τα βιομετρικά δεδομένα είναι διαθέσιμα μόνον όταν το επιθυμεί ο ίδιος ο χρήστης. Σε ένα σύστημα αναγνώρισης -το οποίο καλείται σύστημα ταυτοποίησης ενός προς πολλούς-, ο χρήστης δεν χρειάζεται να δηλώσει τα στοιχεία του. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα προχωρά σε βιομετρικές μετρήσεις και οι μετρήσεις αυτές συγκρίνονται με το σύνολο των πληροφοριών που υπάρχουν καταχωρημένες στην βάση δεδομένων. Εάν βρεθεί κάποια εγγραφή η οποία συμφωνεί με τα βιομετρικά στοιχεία της μέτρησης, τότε θεωρείται ότι το άτομο έχει αναγνωρισθεί. Το πλεονέκτημα της αναγνώρισης είναι ότι είναι περισσότερο φιλική προς τον χρήστη, δεδομένου ότι αυτός δεν χρειάζεται ούτε να φέρει κάποια κάρτα, ούτε να εισάγει κάπου τα στοιχεία του. Από την άλλη βέβαια, η αναγνώριση αποτελεί ένα πολύ περισσότερο επίπονο έργο για ένα βιομετρικό σύστημα. Με την υπάρχουσα υποδομή, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν προσφέρεται για εφαρμογές ελέγχου πρόσβασης. Ένα σύστημα παρακολούθησης περιλαμβάνει μία λίστα βιομετρικών χαρακτηριστικών ατόμων τα οποία θα πρέπει να αναγνωριστούν. Τα άτομα αυτά μπορεί να είναι χρήστες οι οποίοι δεν έχουν δικαίωμα πρόσβασης σε κάποια περιοχή ή κάποια υπηρεσία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα συγκεκριμένα άτομα δεν πρόκειται να δηλώσουν την παρουσία τους



στον απαγορευμένο χώρο, γεγονός που καθιστά την εφαρμογή του συστήματος μάλλον περίπλοκη. Εκτός αυτού, ο ρόλος των πιθανοτήτων σφάλματος αντιστρέφεται. Μία αστοχία ανίχνευσης (FRR) οδηγεί σε κίνδυνο ασφάλειας, ενώ ένας εσφαλμένος συναγερμός οδηγεί σε δυσχέρεια. Η προσοχή λοιπόν του συστήματος εστιάζεται σε χαμηλό συντελεστή FRR, ενώ αντίθετα οι χρήστες θα παρακαλάνε για υψηλότερο FRR. Μία ακόμη περισσότερο σύνθετη παραλλαγή είναι η παρακολούθηση με την έννοια της επιτήρησης. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή τα πράγματα δυσκολεύουν ακόμη περισσότερο, δεδομένου ότι δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δακτυλικά αποτυπώματα αλλά μόνον εικόνες και μάλιστα από μακριά. Η βιομετρική επιτήρηση στην παρούσα φάση είναι μάλλον ανέφικτη, εκτός βέβαια και εάν έχουμε να κάνουμε με εξαιρετικά ελεγχόμενες συνθήκες.