

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1995

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΜΑΝΟΥΣΟΥ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ - ΙΑΤΡΙΚΗ. — Έρευνα στην ψηφιακή - νευρωνική επεξεργασία
άπλης ακτινογραφίας για την έγκαιρη διάγνωση του καρκίνου του μαστού,
υπό του ακαδημαϊκού κ. Πάνου Α. Λιγομενίδη*.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Ο καρκίνος του μαστού κατατάσσεται σήμερα ως η δεύτερη αιτία καρκινογένεσης θνησιμότητας στον γυναικείο πληθυσμό μετά τον καρκίνο των πνευμόνων. Υπολογίζεται ότι περίπου 150.000 νέες περιπτώσεις καρκίνου του μαστού εντοπίζονται κάθε χρόνο στις ΗΠΑ, πράγμα που σημαίνει ότι θα προσβάλλει μία στις έννέα γυναίκες στην διάρκεια της ζωής των. Ακόμα, 44.000 θάνατοι προξενούνται ετησίως από τον ίδιο καρκίνο μόνο στις ΗΠΑ, και οι αριθμοί αυτοί δείχνουν σαφή άνοδική πορεία.

Έχουν γίνει έντατικές έρευνες κατά την διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών για την ανάπτυξη μεθόδων και μέσων θεραπείας, αλλά και έγκαιρου διαγνώσεως του καρκίνου του μαστού. Μεθοδολογίες της Μοριακής Βιολογίας έχουν ανοίξει τα τελευταία χρόνια νέους δρόμους έρευνας και έχουν δώσει ελπιδοφόρα δείγματα εντυπωσιακών επιτεύξεων. Θα ήθελα να σημειώσω εδώ ότι οι μεθοδολογίες της Μοριακής Βιολογίας βασίζονται στην αποκωδικοποίηση πληροφοριών οι οποίες είναι ένσωματωποιημένες στην δομή και την συμπεριφορά του βιολογικού μας οργανισμού. Το έρευνητικό πρόβλημα μπορεί να τεθεί ως «ή αναζήτηση και η κατανόηση των μορια-

* PANOS A. LIGOMENIDES, **Research on Early Diagnosis of Breast Cancer from Computer-Aided Processing of X-Ray Images.**

κῶν καὶ βιολογικῶν **γλωσσῶν ἐπικοινωνίας**», δηλαδή τὴν ἀνάλυση καὶ ἀποκωδικοποίηση τῶν χωροχρονικῶν μορφῶν ποὺ ἀποτελοῦν τὴν ταυτότητα τοῦ βιολογικοῦ ὀργανισμοῦ μας. Αὐτὸ εἶναι ἓνα γενικότερο καὶ θεμελιῶδες πρόβλημα ἐρεύνης, τὸ ὁποῖο ἀφορᾷ τὴν ἀποκωδικοποίηση τῶν γλωσσῶν δομῆς καὶ ἐπικοινωνίας ποὺ καθορίζουν τὴν μορφογένεση καὶ τὴν ἐξέλιξη τοῦ κόσμου μας, καὶ τὸ ὁποῖο ἐπιφυλάσσεται νὰ συζητήσουμε μία ἄλλη φορά.

1.2. Ἡ σημασία τῆς ἔγκαιρης διαγνώσεως

Ἡ **ἔγκαιρη** διάγνωση ἀποτελεῖ σήμερα τὸ περισσότερο ἀποτελεσματικὸ μέσο γιὰ τὴν πρόληψη θανάτου ἀπὸ καρκίνο τοῦ μαστοῦ, καὶ εἶναι γεγονός ὅτι ἡ ἀκτινογραφικὴ ἐξέταση ἀπὸ εἰδικὸ ἱατρὸ συμβάλλει στὴν πλέον ἀποτελεσματικὴ μέθοδο ἔγκαιρης διαγνώσεως. Ὡς συνέπεια τοῦ γεγονότος αὐτοῦ, οἱ τακτικὲς ἀκτινογραφικὲς ἐξετάσεις συνιστῶνται ὡς ἡ περισσότερο ἀξιόπιστη μέθοδος διαγνώσεως τοῦ καρκίνου τοῦ μαστοῦ γιὰ τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ τοῦ γυναικείου πληθυσμοῦ. Τὴν ἀρχὴ αὕτῃ ἐπιβεβαίωσε τὸ Ἐθνικὸ Ἰνστιτοῦτο Καρκίνου (NCI) τῶν ΗΠΑ, τὸ ὁποῖο θεωρεῖ τὴν **καθιέρωση σὲ εὐρεία κλίμακα** τῆς διαγνωστικῆς ἐξετάσεως γιὰ τὸν καρκίνο τοῦ μαστοῦ ὡς μία ἀπὸ τίς μεγαλύτερες προτεραιότητες Προγράμματος Προληπτικῆς Ἱατρικῆς γιὰ τὸ ἔτος 2000.

1.3. Πρόοδος στὴν τεχνολογία τῆς ἀκτινογραφίσεως

Ἡ ἀκτινογραφικὴ τεχνολογία ἔχει νὰ ἐπιδείξει ἀλματώδη βελτίωση στὰ τελευταῖα εἴκοσι χρόνια μὲ τὴν ἀνάπτυξη εἰδικῶν ἀκτινογραφικῶν μηχανημάτων ποὺ διαθέτουν κατάλληλα σχεδιασμένες δέσμες ἀκτινοβολιῶν, μεγάλη χωρητικότητα πλέγματος (grid capability), σωστὴ συμπίεση τοῦ μαστοῦ (adequate breast compression) προκειμένου περὶ μαστογραφίας, καὶ αὐτόματο ἑλεγχὸ ἐκθέσεως στὴν ἀκτινοβολία (automatic exposure control). Ἐπὶ πλέον εἶναι εὐρέως διαθέσιμες σήμερα τεχνικὲς μεγεθύνσεως μὲ πολὺ μικρὴ ἐστιακὴ κηλίδα, καθὼς καὶ καλύτερα συστήματα φιλμ-οθόνης (film - screen systems) μὲ διαδικασίες ἐμφανίσεως τῶν φιλμ ποὺ δίδουν καλύτερη ἀντίθεση ἐντάσεως (contrast). Ἐπιπλέον, ἔχει ἐλαττωθεῖ σημαντικὰ ἡ μέση δόση τῆς ἀδενικῆς ἀπορροφίσεως ἀκτινοβολίας, γενικὰ λόγω τῆς ἀναπτύξεως ταχέως συνδυασμῶν φιλμ καὶ ὁθόνης (film-screen combinations).

Ἡ πρόοδος στὴν τεχνολογία τῆς ἀκτινογραφίσεως ἔχει καταστήσει δυνατὴ καὶ τὴν ἀπ' εὐθείας ποσοτικὴ καταμέτρηση καὶ ψηφιακὴ ἀποθήκευση τῆς ἐντάσεως τῆς ἀκτινοβολίας, καὶ ἐπομένως ἐπιτρέπει τὴν πιὸ ἀποδοτικὴν χρησιμοποίηση τῆς ἀκτι-

νοβολίας τῶν φωτονίων τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται κατὰ τὴν διάρκεια τῆς ἀκτινογραφήσεως. Αὕτῃ ἡ τεχνολογία παρέχει τὴν ἀκτινογραφικὴ ἀπεικόνιση (τὴν μαστογραφία στὴν προκειμένη περίπτωση) ἀπ' εὐθείας σὲ ψηφιακὸ ἀρχεῖο, τὸ ὁποῖο εἶναι γνωστὸ ὡς «ὕπολογιζόμενη ἀκτινογραφία» (computed radiograph), ἐπιτρέποντας ἔτσι εὐρύτερη δυναμικὴ κλίμακα ἀντιθέσεων ἐντάσεων στὴν καταγραφή, ἐπεξεργασία καὶ ἀνάδειξη τῆς εἰκόνας. Ἡ ἐνίσχυση τῶν λεπτῶν διαφορῶν τῶν ἀντιθέσεων οἱ ὁποῖες χαρακτηρίζουν τὴν διάκριση μεταξὺ κακοήθων καὶ καλοήθων ὄγκων, διευκολύνει στὴν ἀναζήτηση, τὸν ἐντοπισμὸ καὶ τὴν ταξινόμηση τῶν κωδικοποιημένων σχημάτων μὲ ψηφιακὴ ἐπεξεργασία τῆς εἰκόνας.

1.4. Ἀκτινογραφικὴ ἐξέταση ἀπὸ εἰδικὸ ἱατρὸ

Ἡ ἐμπειρικὴ ὀπτικὴ ἀκτινογραφικὴ ἀνίχνευση ἀπὸ εἰδικὸ ἀκτινολόγο ἢ ὀγκολόγο ἱατρὸ εἶναι δυνατὸ νὰ ἐπιτρέψει τὴν ἀναγνώριση καρκινικῶν ὀζιδίων κατὰ μέσο ὄρο δύο χρόνια πρὶν καταστοῦν αἰσθητὰ μὲ ψηλάφηση. Στὴν περίπτωσιν ἀνιχνεύσεως ὄγκων, ἡ ἀκτινολογικὴ ἐξέταση συνδυαζόμενη μὲ τὴν κλινικὴ ἐξέταση καὶ τὸ αὐτὸ - ψηλάφισμα τοῦ μαστοῦ, ἀποτελεῖ σήμερα τὴν πλέον ἐνδεικνύμενη καὶ ἀποτελεσματικὴ μέθοδο διαγνωστικοῦ ἐντοπισμοῦ ὄγκων στὸν μαστό.

Τὰ εὐεργετικὰ ἀποτελέσματα τῆς τακτικῆς ἀκτινολογικῆς ἐξετάσεως ἔχουν πιστοποιηθεῖ μὲ στατιστικὲς μελέτες βασισμένες σὲ ἐκτεταμένες δοκιμὲς πεδίου, οἱ ὁποῖες ἔχουν γίνῃ ἐπανειλημμένως στὸ παρελθὸν σὲ μεγάλους πληθυσμοὺς γυναικῶν ποὺ δὲν ἐνεφάνιζαν συμπτώματα καρκίνου. Οἱ στατιστικὲς αὐτὲς μελέτες ἔδειξαν, γιὰ γυναῖκες ἄνω τῶν 50 ἐτῶν καὶ πιὸ πρόσφατα γιὰ γυναῖκες ἄνω τῶν 40 ἐτῶν, ἐλάττωσιν τῆς θνησιμότητος ἀπὸ καρκίνου τοῦ μαστοῦ κατὰ 30 ἕως 40% στὶς γυναῖκες ποὺ πέρασαν τακτικὴ ἀκτινολογικὴ ἐξέταση, σὲ σύγκρισιν μὲ τὴν ὁμάδα ἐλέγχου (the control group) ποὺ δὲν ἔτυχαν ἀκτινολογικῆς παρακολούθησεως.

Ἄς σημειωθεῖ ὅτι οἱ καρκινικοὶ ὄγκοι οἱ ὁποῖοι ἐντοπίζονται μὲ ἀκτινογραφικὴ ἀνίχνευση τείνουν νὰ εἶναι μικρότερου μεγέθους καὶ σὲ λιγότερο προηγμένο στάδιο ἀπὸ ἐκείνους ποὺ ἀνιχνεύονται μὲ ψηλάφισμα τοῦ μαστοῦ. Πρέπει νὰ σημειωθεῖ, ἐν τούτοις, ὅτι περίπου 10% τῶν κλινικῶς πρόδηλων καρκίνων τοῦ μαστοῦ δὲν εἶναι ὁρατοὶ στὴν ἀκτινογραφία. Αὐτὸ συμβαίνει συχνότερα στὶς ἀσθενεῖς ποὺ ἔχουν μεγάλες ποσότητες καὶ πυκνότητα ἀδενικοῦ ἱστοῦ στὸν μαστό, ὅπως συχνὰ συμβαίνει αὐτὸ σὲ γυναῖκες πρὶν τὴν ἐμμηνόπαυσιν, ἢ σὲ γυναῖκες ποὺ ὑπόκεινται σὲ θεραπεία ἀντικαταστάσεως οἰστρογόνου οὐσίας (estrogen). Στὶς περιπτώσεις αὐτές, ἡ μεγάλη πυκνότητα τοῦ ἱστοῦ τείνει νὰ καλύψει τὴν ὑποβόσκουσα παθολογία.

Οἱ δυσκολίες καὶ τὰ λάθη τῆς ἐμπειρικῆς ὀπτικῆς ἀκτινογραφικῆς διαγνώσεως

θγκων τοῦ μαστοῦ, πέραν τῶν τεχνικῶν δυσκολιῶν ἀνιχνεύσεως, ὀφείλονται συνήθως σέ ἀνθρώπινους παράγοντες, ἰδιαίτερα ὅπως ἡ κόπωση, τὰ ὑποκειμενικά κριτήρια, οἱ παραβλέψεις καί ἡ ἀπόσπαση τῆς προσοχῆς ἀπό ἄλλα ἀντικείμενα κατὰ τήν ἀκτινολογική ἐξέταση. Ἐχει ἀποδειχθεῖ ὅτι ἡ ἐπίδραση τῶν ἀθροπίνων παραγόντων δέν σχετίζεται πολὺ μὲ τήν πείρα τοῦ ἐξεταστῆ. Οἱ πηγές τῶν σφαλμάτων ποὺ ὀφείλονται σέ ἀνθρώπινους παράγοντες παραμένουν. Τὸ γεγονὸς αὐτὸ καταδεικνύεται καί ἀπὸ τὸ πολὺ χαμηλὸ ποσοστὸ τῶν καρκινωμάτων (μόλις 10 ἕως 20%, δηλαδὴ μόλις ἓνα στὰ πέντε-μὲ-δέκα) τὰ ὁποῖα πιστοποιοῦνται μὲ ἐπακλόουθη βιοψία σὲ δείγματα μαστοῦ ὑψηλῆς ὑποψίας (τέτοια ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ «θετικὲς» ταξινομήσεις), τὰ ὁποῖα προέκυψαν ἀπὸ ἀκτινολογική διάγνωση ὀζιδίων μὴ ἀνιχνεύσιμων μὲ τὸ χέρι.

Ἡ περίπτωση ἐμπειρικοῦ ἀκτινολογικοῦ ἐντοπισμοῦ καί διαγνώσεως τῶν μικροαποτιτανώσεων (microcalcifications), ποὺ εἶναι μιὰ ἄλλη μορφή καρκίνου τοῦ μαστοῦ, παρουσιάζει ἀκόμα μεγαλύτερες δυσκολίες καί χαμηλὴ διαγνωστικὴ ἀπόδοση. Αὐτὸ ὀφείλεται κυρίως στὴν περιορισμένη ὁρατότητα καί τὴν χαμηλὴ εὐκρίνεια ποὺ προσφέρουν οἱ ἀκτινογραφίες, περιορισμοὶ ποὺ καθιστοῦν τὴν ὀπτικὴ ἀνίχνευση καί τὴν ταξινόμηση τῶν μικροαποτιτανώσεων τοῦ μαστοῦ δύσκολη καί χρονοβόρα.

1.5. Ἐπιχειρήματα γιὰ τὴν Αὐτόματη Ψηφιακὴ Ἐπεξεργασία

Ἡ ἐφαρμογὴ τῆς ψηφιακῆς ἐπεξεργασίας τῆς ἀκτινογραφίας ἔχει ἤδη 25ετὴ ἐρευνητικὴ ζωὴ. Ἐχει δώσει τὴν δυνατότητα ἐπαναστατικῶν πλεονεκτημάτων στὴν ἀνίχνευση καί τὴν διαχείριση τῶν ἀκτινογραφικῶν ἀπεικονίσεων. Τέτοια πλεονεκτήματα εἶναι: (1) Ὁ πολυδιάστατος **χειρισμὸς** τῆς εἰκόνας, ὁ ὁποῖος αὐξάνει τὴν εὐδιακρισίαν τῆς κακώσεως. (2) Ἡ **αὐτόματη** ψηφιακὴ-νευρωνικὴ διάγνωση (N.CADx), ἡ ὁποία ὑποστηρίζει τὸν ἀκτινολόγο/ὀγκολόγο ὡς «δεύτερη γνώμη» καί ἐπαυξάνει τὴν ἀπόδοση τῆς ἐμπειρικῆς ἀκτινολογικῆς ἐρμηνείας, δηλαδὴ αὐξάνει τὴν διαγνωστικὴ εὐαισθησία καί τὴν εἰδικότητα. (3) Ἡ δυνατότητα **τηλεϊατρικῆς καί τηλεδιαγνώσεως**, ὡς μέσα τὰ ὁποῖα προσφέρουν πρῶτης τάξεως ἐμπειρία καί ἱατρικὴ πραγματογνωμοσύνη, καί ἐπιτρέπουν πρόσβαση ἐξ ἀποστάσεως σὲ ἀρχεῖα εἰκόνων, ὅλα αὐτὰ στὴν διάθεση περιφερειακῶν νοσοκομείων καί Κέντρων Ὑγείας ποὺ βρίσκονται σὲ ἀπομακρυσμένες γεωγραφικὲς περιοχές. (4) Ἡ **δυναμικὴ ἀπεικόνιση** καί ὁ **δυναμικὸς χειρισμὸς** τῆς εἰκόνας σὲ πραγματικὸ χρόνο μὲ ἀποτελεσματικὰ πολυμέσα, κατὰ τὴν διάρκειαν βιοψίας, διαδικασιῶν ἐντοπισμοῦ χαρακτηριστικῶν δομῶν, χειρουργικῶν ἐπεμβάσεων καί ἄλλων κλινικῶν ἱατρικῶν πράξεων.

Πρέπει νὰ τονιστεῖ ἐδῶ, πὼς ὁ βασικὸς σκοπὸς τῆς ἐρευνας γιὰ τὴν ἀνάπτυξη συστημάτων ψηφιακῆς ἐπεξεργασίας ἀκτινογραφιῶν ἢ ἄλλων ἀπεικονίσεων ὅπως

MRI, CT, ή υπερηχογραφήσεων, είναι ή υποστήριξη του ακτινολόγου ή όγκολόγου ιατρού στην προσπάθειά του για μεγαλύτερη άποδοτικότητα και ακρίβεια. Το αυτοματοποιημένο σύστημα άνιχνεύσεως και διαγνώσεως του καρκίνου (CADx for cancer) λειτουργεί ως δεύτερη γνώμη, τραβώντας την προσοχή του ιατρού σε ύποπτες περιοχές τις οποίες θα είχε ένδεχομένως παραλείψει σε πρώτη ανάγνωση της ακτινογραφίας.

Στην προσπάθεια επιτεύξεως του σκοπού αυτού, ή ψηφιακή επεξεργασία της μαστογραφίας επιχειρεί να αύξησει την **ευσαισθησία** της διαγνωστικής εξέτασεως (λιγότεροι παραλείπομενοι καρκίνοι), και συγχρόνως να αύξησει την **ειδικότητα** της διαγνωστικής εξέτασεως για καρκίνο του μαστού (λιγότερες ψευδο-θετικές περιπτώσεις), έτσι ώστε να ελαττώσει ακόμα περισσότερο τόν αριθμό των άσκοπων και πολυέξοδων βιοψιών βελόνας ή βιοψιών άνοικτής επεμβάσεως σε περιπτώσεις αύψηλής ύποψιας». Έπενθυμίζω ότι σήμερα μόνο μία στις πέντε-μέ-δέκα τέτοιες βιοψίες άνακαλύπτουν καρκίνο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που ή ακτινογραφία είναι δυσδιάκριτη, όπως συμβαίνει σε γυναίκες με πυκνούς άδενικούς ιστούς, ή σε περιπτώσεις που ή ταξινόμηση είναι δύσκολη, όπως συμβαίνει στην διάγνωση των μικροαποτιτανώσεων. Να σημειωθεί ότι ή διάγνωση των μικροαποτιτανώσεων, ή οποία είναι ιδιαίτερα δύσκολη, άποτελεί τόν ιδεώδη στόχο για **αυτόματη ψηφιακή επεξεργασία** της μαστογραφίας και άνάδειξη της εικόνας, γιατί οι μικροαποτιτανώσεις άποτελούν συνήθως τις πλέον **πρώρες**, και συχνά τις μόνες, ακτινογραφικές ενδείξεις έντοπισμού έγκαιρου και κλινικώς θεραπεύσιμου καρκίνου του μαστού.

Αυτές οι επιδιώξεις θα επιτευχθούν μόνο με την **στενή συνεργασία** μεταξύ των επιστημόνων και των τεχνολόγων της πληροφορικής άφ' ενός, και των ακτινολόγων και όγκολόγων ιατρών οι οποίοι ειδικεύονται στην έρμηνεία της μαστογραφίας άφ' έτέρου. Στο σημείο αυτό θέλω να εκφράσω τις εύχαριστίες μου στους ιατρούς και τους πανεπιστημιακούς καθηγητές της ιατρικής, οι οποίοι ύποστηρίζουν την προσπάθεια προσαρμογής μου στο ιατρικό περιβάλλον της Ελλάδος και μου προσφέρουν με συγκινητικό ένδιαφέρον και άνιδιοτέλεια τις πολύτιμες ειδικές ιατρικές γνώσεις των καθώς και πρόσβαση σε ακτινογραφίες και ιατρικά δεδομένα. Η έρευνα, ό πειραματισμός και οι δοκιμές πεδίου, χωρίς την άuthεντία και την ύποστήριξη των ειδικών ιατρών θα ήσαν άγονες προσπάθειες (επί χάρτου) και άσκήσεις στην ματαιοπονία. Περισσότερο άπό όλους, όμως, οι ιατροί συνάδελφοί μου της Τάξεως των Θετικών Έπιστημών της Ακαδημίας, οι Ακαδημαϊκοί Κύριοι Γρηγόριος Σκαλκιάς, Κωνσταντίνος Τούντας, Νικόλαος Ματσανιώτης και ό ιδιαίτερα άγαπητός σε όλους μας Γεώργιος Μερίκας, με ύποστήριξαν και με ένθάρρυναν σε πολλές δύσκολες ώρες, όταν ή ύποστήριξή των άποδείχτηκε άποφασιστική.

1.6. *Ευρεία εφαρμογή της ακτινολογικής εξέτασεως («massive screening»)*

Ἡ ανάπτυξη ἀποδοτικοῦ συστήματος αὐτομάτου ἐντοπισμοῦ καὶ διαγνώσεως τοῦ καρκίνου τοῦ μαστοῦ θὰ προωθήσει σημαντικὰ καὶ τὴν δυνατότητα δημόσιου προγράμματος προληπτικῆς ἱατρικῆς. Θὰ ἐλαττώσει τὸν χρόνο καὶ τὸ κόστος τῆς διαγνωστικῆς εξέτασεως, καὶ θὰ βοηθήσει τὸν εἰδικὸ ἱατρὸ ἐπισύροντας τὴν προσοχή του σὲ περιοχὲς ὑψηλῆς ὑποψίας, ὥστε νὰ ὁδηγήσει στὸν ἀκτινολόγο καὶ τὸν ὀγκολόγο ἱατρὸ τὴν πλειοψηφία τῶν περιπτώσεων ποὺ σήμερα περνοῦν ἀπαρατήρητες, πρὶν εἶναι πολὺ ἀργά.

Νὰ δοῦμε τώρα, σὲ συντομία, τὶς μεθοδολογίες ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν Αὐτόματη Διάγνωση τοῦ Καρκίνου τοῦ Μαστοῦ.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΔΙΑΓΝΩΣΕΩΣ ΚΑΚΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ

2.1. *Οἱ Μορφές τοῦ Καρκίνου τοῦ μαστοῦ*

Οἱ μορφές τὶς ὁποῖες ψάχνουν οἱ ἀκτινολόγοι κατὰ τὴν διάρκεια τῆς ἀκτινολογικῆς εξέτασεως τοῦ μαστοῦ ἔχουν κωδικοποιηθεῖ σὲ δύο βασικὲς κατηγορίες, τοὺς «ὄγκους» ἢ «μάζες», καὶ τὶς «μικροαποτιτανώσεις». Ἡ κάθε μία κατηγορία ἔχει ἐρευνηθεῖ σὲ ἔκταση ἀπὸ τὴν τεχνολογία τῆς αὐτόματης διαγνώσεως μὲ ψηφιακὴ ἐπεξεργασία (CADx).

2.2. *Ἡ ἐμφάνιση ὄγκων στὴν ἀκτινογραφία*

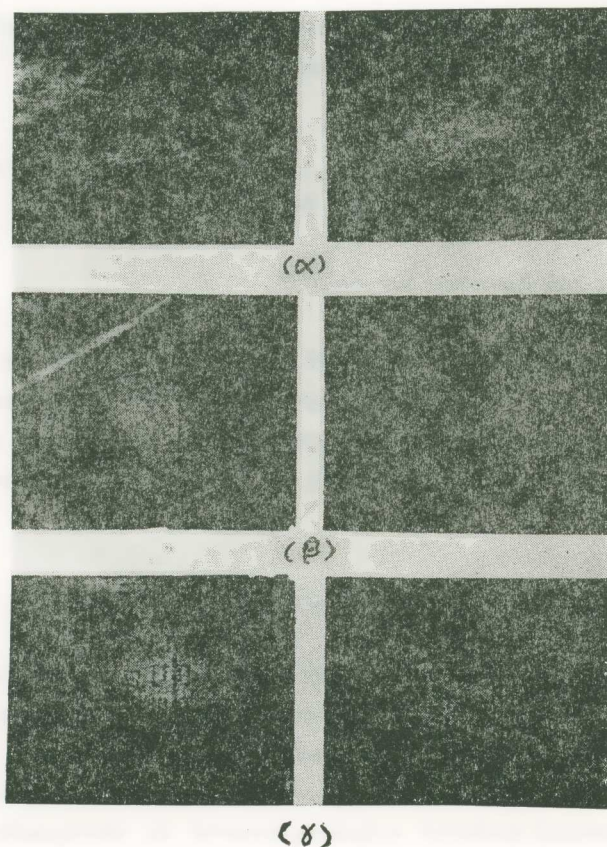
Ἡ κατηγορία τῶν «περιγεγραμμένων κακώσεων», αὐτῶν ποὺ χαρακτηρίζονται καὶ ὡς «ὄγκοι», περιλαμβάνει τὰ ἰνοαδενώματα, τὶς κύστες, καὶ τὰ καρκινικὰ ὀζίδια, δείγματα τῶν ὁποίων φαίνονται στὴν Εἰκόνα 1.

Στὴν περίπτωσι τῶν περιγεγραμμένων κακώσεων περιλαμβάνονται καὶ οἱ ὄγκοι χαρακτηριστικοῦ ἀκιδωτοῦ σχήματος, γνωστοὶ ὡς «ἀστεροειδεῖς κακώσεις». Τὸν ἐντοπισμὸ ἀστεροειδοῦς ὄγκου μὲ ψηφιακὴ ἐπεξεργασία ἀκτινογραφίας δείχνει ἡ Εἰκόνα 2.

Οἱ ἀστεροειδεῖς εἶναι οἱ πλέον δυσδιάκριτοι, περίπλοκοι καὶ ποικιλόμορφοι ὄγκοι, ὥστε νὰ ἀποτελοῦν τὶς πλέον δύσκολες περιπτώσεις ἀνιχνεύσεως ὀζιδίων. Γιὰ τὴν αὐτόματη ἀνίχνευση καὶ ἀνάλυση τῶν ἀστεροειδῶν κακώσεων δίδεται ἰδιαίτερη προσοχή στὰ διακριτικὰ χαρακτηριστικὰ των, ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατό νὰ ἐπι-

τρέψουν τήν αναγνώρισή των. Οἱ ἀλγόριθμοι, πού συχνά χρησιμοποιοῦνται στήν ἀνίχνευση ἀστεροειδῶν, βασίζονται στήν **ἀσυμμετρία** πού παρατηρεῖται μεταξύ τῶν λοξῶν μεσοπλάγιων (mediolateral oblique - MLO) ἀκτινογραφικῶν ὤψεων τοῦ ἀριστεροῦ καί τοῦ δεξιοῦ μαστοῦ, ὅπως θά δοῦμε σέ λίγο. Παρά τήν σχετική ἐπιτυχία,

Πρὸ - ἐπεξεργασμένη εἰκόνα

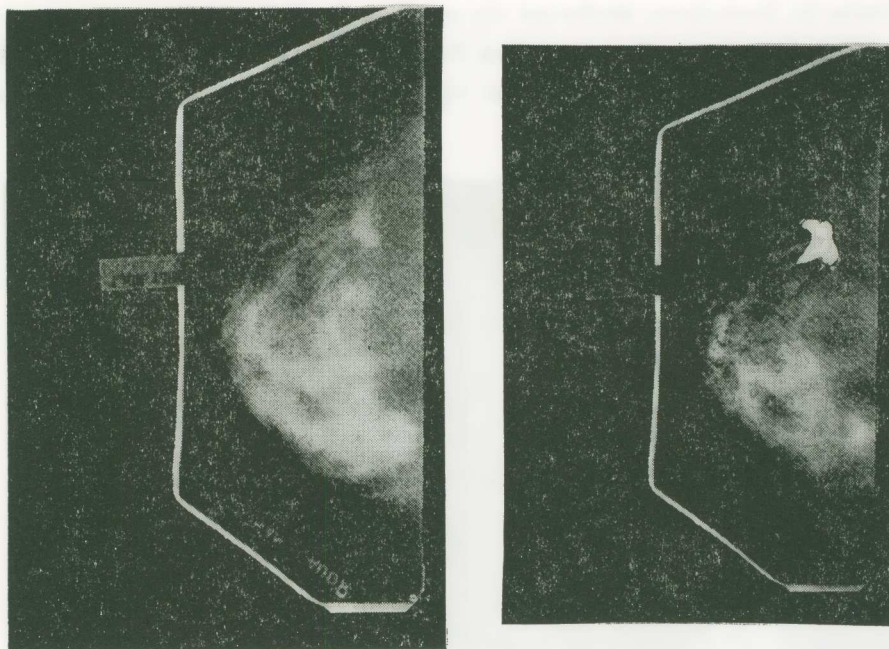


Εἰκόνα 1. Τρεῖς τύποι νεοπλασμάτων (ὄγκων) : α) Κύστις, β) Ἴνοαδένωμα, γ) Καρκίνος.

ἡ ἀποτελεσματικότητα τῶν ἀλγορίθμων αὐτῶν ἀμφισβητεῖται σέ περιπτώσεις κακώσεων ἑνθετων σέ ἀδενικές περιοχές πού ὑπάρχουν καί στοὺς δύο μαστούς.

Ἡ διάγνωση τῶν ἀστεροειδῶν κακώσεων εἶναι ιδιαίτερα σημαντική λόγω τοῦ

γεγονότος ότι ή πλειοψηφία τών όγκο-καρκινωμάτων τοῦ μαστοῦ προδίδονται ένω-
ρίς από άστεροειδείς κακώσεις, οί όποίες είναι κακοήθεις, τόσο συχνά, ώστε μόνο σε
σπάνια περίπτωση δέν απαιτοῦν άμεση βιοψία.



Εικόνα 2. Άστεροειδής όγκος: α) άρχική εικόνα, β) διαμερισμένη εικόνα.

2.3. Μεθοδολογίες αυτόματης διαγνώσεως όζιδίων τοῦ μαστοῦ

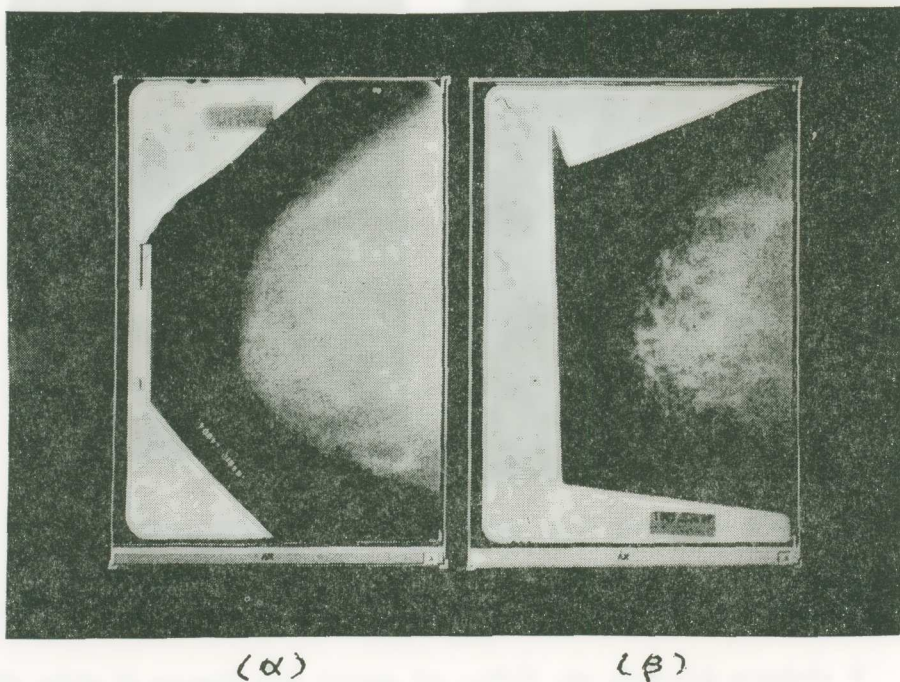
Η αυτόματη άνίχνευση τών όζιδίων τοῦ μαστοῦ είναι δύσκολη εξ αίτίας τής όπτικής μεταβλητότητας τοῦ φυσιολογικοῦ ίστοῦ τοῦ μαστοῦ, έπως δείχνει ή εικόνα 3, καί τών περιορισμῶν στην δυνατότητα διακρίσεως καί τής εντάσεως άντιθέσεως (resolution and contrast) από τούς όποίους άκόμα πάσχει ή άκτινογραφική άπο-
τύπωση.

Σκοπός έδῶ είναι ή άνίχνευση καί ταξινόμηση τών τριῶν συνηθισμένων περι-
γεγραμμένων κακώσεων τοῦ μαστοῦ, τών ίνοαδενομάτων (fibroadenomas), τών
κύστεων καί τών καρκινικών όζιδίων.

Η συνήθης μεθοδολογία ψηφιακής-νευρωνικής έπεξεργασίας άπλῆς άκτινο-
γραφίας για αυτόματη διάγνωση καρκινικών όζιδίων τοῦ μαστοῦ παρουσιάζεται
στην άκόλουθη Εικόνα 4.

Ἡ μεθοδολογία αὐτή, εἶναι περίπου ἡ ἴδια μὲ τὴν μεθοδολογία καὶ τὴν τεχνολογία ποὺ ἀκολουθήσαμε στὴν ἀνάπτυξη τοῦ αὐτόματου διαγνωστικοῦ συστήματος τοῦ καρκίνου τῶν πνευμόνων (Ἰπποκράτη-πν). Ἡ ἰδιαιτερότητα τῆς ἐκάστοτε ἐρευνητικῆς προσπάθειας βρίσκεται στὴν εὕρεση καὶ ἀνάπτυξη τῶν ἰσχυρῶν ἀλγορίθμων οἱ ὅποιοι θὰ ὑλοποιήσουν ἀποδοτικὰ τὴν μεθοδολογία αὐτή.

Ἡ διαδικασία περιέχει οὐσιαστικὰ δύο φάσεις: Ἡ πρώτη φάση τῆς ψηφιακῆς ἐπεξεργασίας τῆς εἰκόνας περιλαμβάνει τὴν **Προ-επεξεργασία**, τὸ **Διαμερισμὸ** (Se-



Εἰκόνα 3. Δύο φυσιολογικὲς μαστογραφίες: α) μὲ φόντο χαμηλῆς ὑφῆς, β) μὲ φόντο ὑψηλῆς ὑφῆς.

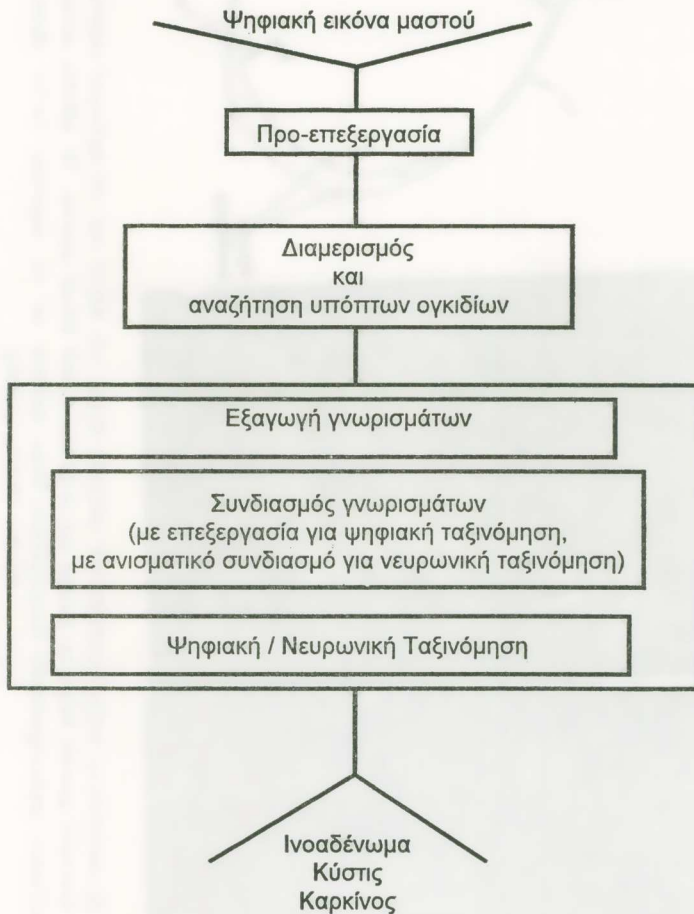
gmentation), καὶ τὴν Ἀναζήτηση καὶ Ἐντοπισμὸ «Υπόπτων Περιοχῶν Ὁξιδίων».

Ἡ δεύτερη φάση ἀφορᾷ τὴν ἐξαγωγή γνωρισμάτων καὶ ἰδιοτήτων ἀπὸ τὰ ὑποπτα ὀξίδια, καὶ τὴν ταξινομήσή των μὲ μεθόδους ψηφιακῆς ἢ νευρωνικῆς ἐπεξεργασίας.

1η φάση: Οἱ διαδικασίες τῆς προε-ἐπεξεργασίας ἀφοροῦν τὴν κανονικοποίηση καὶ τὴν ποιοτικὴ ἀνάδειξη τῆς εἰκόνας [5]. Ὁ διαμερισμὸς τῆς εἰκόνας καὶ ἡ ἀναζήτηση περιοχῶν ὑπόπτων ὀξιδίων εἶναι ἴσως ἡ περισσότερη κρίσιμη καὶ δύσκολη

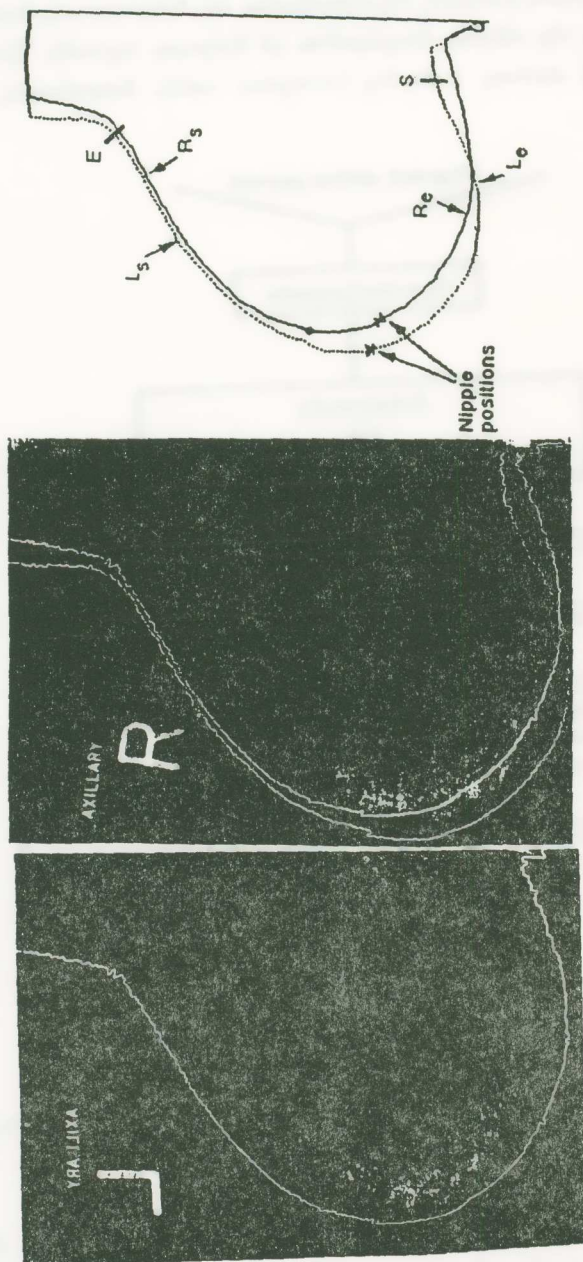
λη πράξη, από την έπιτυχία τής οποίας έξαρτάται ή έλάττωση τών «ψευδο-άρνητικών» διαγνώσεων, δηλαδή ή αύξηση τής ευαισθησίας τής διαγνωστικής διαδικασίας[6].

Ό διαμερισμός τής εικόνας έπιχειρείται με διάφορες τεχνικές. Ένας αλγόριθμος διαμερισμού τής εικόνας, ό όποιος ύπόσχεται καλές δυνατότητες αποδόσεως



Εικόνα-διάγραμμα 4. «Ψηφιακή-Νευρωνική Έπεξεργασία Άκτινογραφίας για την Ταξινόμηση Όζιδίων τοῦ Μαστοῦ».

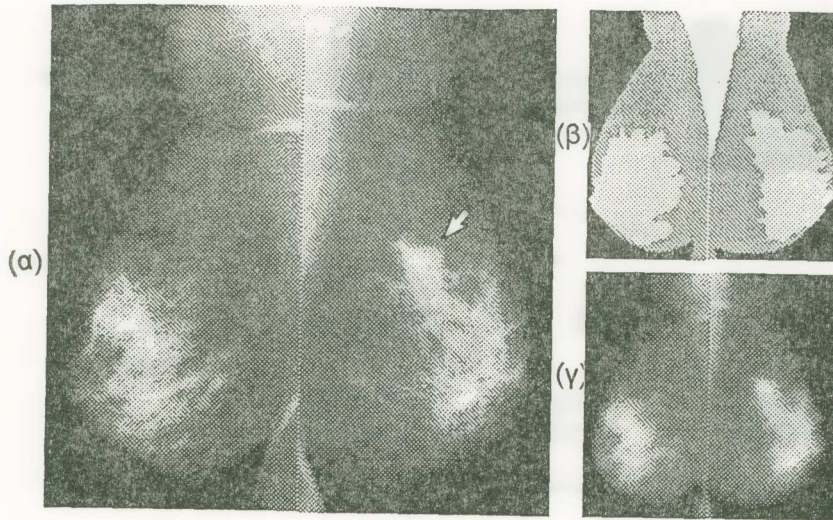
καί με τόν όποιο πειραματιζόμεθα, άφορά στην «Μέθοδο τής Αυτόματης Παράταξης, Εύθυγράμμισης, καί τής Αναζήτησης Άσυμμετρίας». Οι άκόλουθες εικόνες 5,6,7 έπιδεικνύουν τήν διαδικασία αναζήτησεως άσυμμετριών σέ έπεξεργασμένη εικόνα.



Εικόνα 5. Εικόνες τῆς μεσοπλάγιας λοξῆς (mediolateral oblique) ὀφειοῦ τοῦ δεξιοῦ καὶ τοῦ ἀριστεροῦ μαστοῦ, ποὺ δείχνουν τὰ ὅρια. Τὸ ὅριο τοῦ ἀριστεροῦ μαστοῦ δείχνεται ἐπίσης καὶ στὴν εἰκόνα τοῦ δεξιοῦ μαστοῦ. Ἡ μέθοδος καταγραφῆς τῶν ὀρίων χρησιμοποιοῦν τὸ ταίριασμα χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων, ὅπως φαίνεται μὲ τὲς καμπύλες $LS-Le$ (ἀριστερὸς μαστὸς) καὶ $Rs-Re$ (δεξιὸς μαστὸς).

"Άλλες τεχνικές διαμερισμοῦ βασίζονται σὲ μεθόδους ἐπεξεργασίας μιᾶς μοναδικῆς εἰκόνας (Methods of Single Image Processing).

2η φάση: Ἡ ἐξαγωγή χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων (characteristic features) κατὰ τὴν 2η φάση τῆς ἐπεξεργασίας τῆς ἀκτινογραφίας ἀφορᾷ στὴν ἀναζήτηση μορφολογικῶν γνωρισμάτων, τὰ ὁποῖα θὰ δώσουν τὶς ἀπαιτούμενες πληροφορίες γιὰ τὴν ἐπιτυχή ταξινόμηση τῶν ὑπόπτων περιοχῶν ποὺ ἤδη ἐντοπίστηκαν. Ἀπὸ τὶς ποικίλες τεχνικές ἐξαγωγῆς χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων καὶ ταξινομή-



Εἰκόνα 6. Αὐτόματη ἀνίχνευση ἀσυμμετρίας με ἀναφορά σὲ ἀνατομικὰ γνωρίσματα. (α) Ἡ ἀνωμαλία σημαδεύεται με τὸ βέλος, (β) σὲ μελέτη σχήματος, (γ) σὲ μελέτη πυκνότητος.

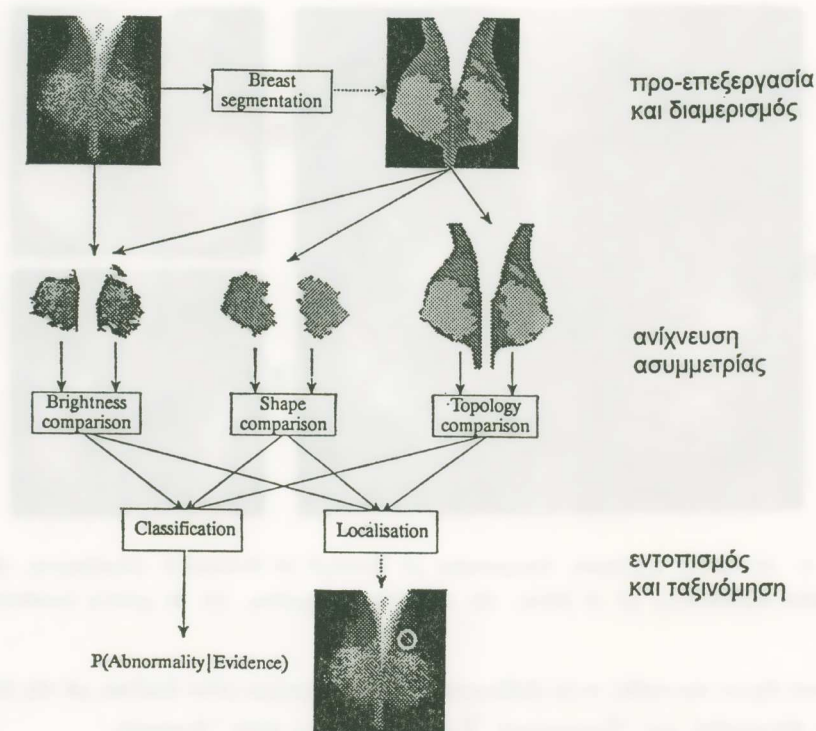
σεως ποὺ ἔχουν προταθεῖ στὴν βιβλιογραφία, ἀναφέρουμε μόνο ἐκεῖνες με τὶς ὁποῖες ἔχουμε ἀσχοληθεῖ στὸ Ἑρευνητικὸ Ἐργαστήριό μας στὴν Ἀμερική.

Τέτοια εἶναι ἡ Μέθοδος Ταξινομήσεως με Bayesian Λογισμό Γραμμικῶν ἢ Δευτεροβάθμιων Συναρτήσεων Κατανομῆς τῶν Πυκνοτήτων τῆς Σχετικῆς Πιθανότητας (Conditional Probability Density Functions), με βάση τὸ Μέγεθος, τὸ Σχήμα καὶ τὴν Κατανομὴ τῆς Ἐντάσεως στὴν περιοχὴ τῆς διαμερισμένης εἰκόνας.

"Ἄλλη εἶναι ἡ Μέθοδος Ταξινομήσεως με Ἀνάλυση Γραμμικῆς Διακρίσεως (Linear Discriminant Analysis), ἡ ὁποία ἀναφέρεται σὲ ταξινόμηση βασισμένη σὲ Ἀνάλυση Διακρίσεως σὲ ὡρο γνωρισμάτων (feature space), με Εὐκλείδειο μέτρο καὶ με βάση παραμέτρους σχήματος, ὄγκου, κλπ., σὺν τὴν ἡλικία τοῦ ἐξεταζόμενου ἀτόμου.

Είναι, επίσης, ή Μέθοδος Ταξινομήσεως με 'Ανάλυση Κατανομών στὸν Χῶρο (Cluster Classification Analysis), βασιζόμενη στὸν καθορισμὸ τοῦ ἄμεσου γείτονα «the k-nearest neighbor algorithms».

Καί εἶναι, ἐπίσης, καί ἡ Μέθοδος Ταξινομήσεως με Νευρωνικά Δίκτυα, δηλαδή με τὸν καθορισμὸ, κατὰ τὸ πλεῖστον πειραματικά, τῆς τοπολογίας, τῆς δυναμικῆς, καί τοῦ ἀλγορίθμου ἐκπαίδευσως, τοῦ πλέον ἀποδοτικοῦ νευρωνικοῦ δικτύου ταξινομήσεως.



Εικόνα 7. Σχηματικό διάγραμμα αὐτομάτου ἀνιχνεύσεως ἀσυμμετρίας ἀνατομικῶν γνωρισμάτων καί ταξινομήσεως. Ὑπὸ: διαμερισμὸς σὲ ἀνατομικά ὁμογενεῖς (λιπαρὲς - μὴ λιπαρὲς) περιοχές. Μέση: ἀνίχνευση ἀσυμμετρίας με σύγκριση διαφόρων γνωρισμάτων σὲ μὴ λιπαρὲς περιοχές.

Κάτω: συνδυασμὸς τῶν ἐνδείξεων γιὰ ἐντοπισμὸ ὑπόπτων περιοχῶν καί ταξινόμηση.

2.4. Ἡ ἐμφάνιση μικροαποτιτανώσεων στὴν ἀκτινογραφία

Ἡ ἄλλη κατηγορία τῶν μορφῶν τοῦ καρκίνου τοῦ μαστοῦ σὲ ἀκτινογραφίες ἀφορᾷ τὶς «μικροαποτιτανώσεις - microcalcifications». Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς

πρώιμους καρκίνους του μαστού ανιχνεύονται από την παρουσία μικροαποτιτανώσεων που σχετίζονται με καρκίνο του μαστού, δείγματα των οποίων φαίνονται στην Εικόνα 8.

2.5. Μεθοδολογίες Ψηφιακής-Νευρωνικής Έπεξεργασίας (N.CADx) για την ανίχνευση και ταξινόμηση μικροαποτιτανώσεων

Οι μικροαποτιτανώσεις εντοπίζονται δύσκολα, και ταξινομούνται σε καλοήθειες ή κακοήθειες άκρως πιο δύσκολα. Οι συνήθεις δυσκολίες στον εντοπισμό είναι οι εξής: (1) οι μικροαποτιτανώσεις είναι πολύ μικρά αντικείμενα, μέσης τιμής διαμέτρου περίπου 0,3 του χιλιοστού, ή οποία υπολογίζεται παίρνοντας υπ' όψη και την συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων μεγεθών (weighted average). (2) Ο θόρυβος που αναπόφευκτα περιέχουν οι ακτινογραφίες, και το πολύ ιστῶδες (textured) φόντο της φυσιολογίας του μαστού. (3) Η αδυναμία να χρησιμοποιηθεί ή δοκιμασμένη τεχνική αποκοπής του θορύβου και αναδείξεως της εικόνας με τον προσδιορισμό κατωφλίου αποκοπής, λόγω της μεγάλης ανομοιογένειας της φωτεινότητας του θορύβου, ή οποία σε περιοχές της εικόνας μπορεί να υπερβαίνει την φωτεινότητα των μικροαποτιτανώσεων. Η τεχνική αυτή καθίσταται δυνατή μόνο τοπικά, με δυναμική προσαρμογή συνήθως υπό την καθοδήγηση του χρήστη-ιατρού. (4) Οι πολύ μικρές μικροαποτιτανώσεις παρέχουν συχνά χαμηλή φωτεινή αντίθεση, ή οποία μπορεί να είναι πολύ κοντά στο όριο του θορύβου.

Οι Εικόνες 8 και 9 δείχνουν παραδείγματα μικροαποτιτανώσεων οι οποίες ανιχνεύονται κατά την διάρκεια της αναδείξεως της εικόνας.

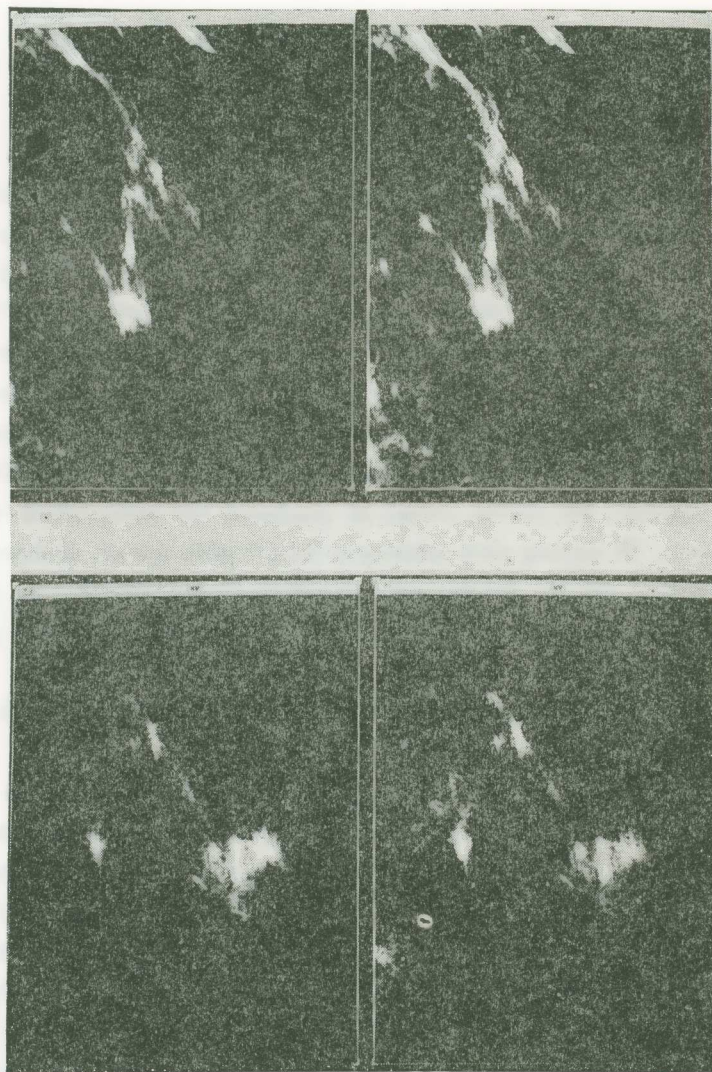
Η ταξινόμηση και διάγνωση των μικροαποτιτανώσεων δύναται να γίνει πιο αποτελεσματική και αποδοτική αν οι αποτιτανώσεις μπορούν να **εντοπιστούν ξεκαί-ρα** από ένα σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας της ακτινογραφίας, αν μάλιστα το αυτόματο σύστημα εντοπισμού καθοδηγείται με αλληλοεπίδραση (interactively) και on-line από τον ακτινολόγο/όγκολόγο. Η αξιόπιστη, εν τούτοις, **ταξινόμηση** των εντοπισμένων μικροαποτιτανώσεων με **αυτόματα** επεξεργασία, ψηφιακή ή νευρωνική, παραμένει ένα δύσκολο όσο και προκλητικό έρευνητικό πρόβλημα, στο οποίο έχει επιτευχθεί μόνο περιορισμένης εκτάσεως πρόοδος επιλύσεώς του μέχρι σήμερα.

Οι περισσότερες από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση και την ανάλυση μικροαποτιτανώσεων με ψηφιακή επεξεργασία ακτινογραφικών εικόνων με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ξεκινούν με διαμερισμό (segmentation) της ψηφιδοποιημένης γκριζας (grey-level) εικόνας σε περιοχές που περιέχουν μικροαποτιτανώσεις. Ακολουθεί ή εξαγωγή (extraction) χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και γνωρι-

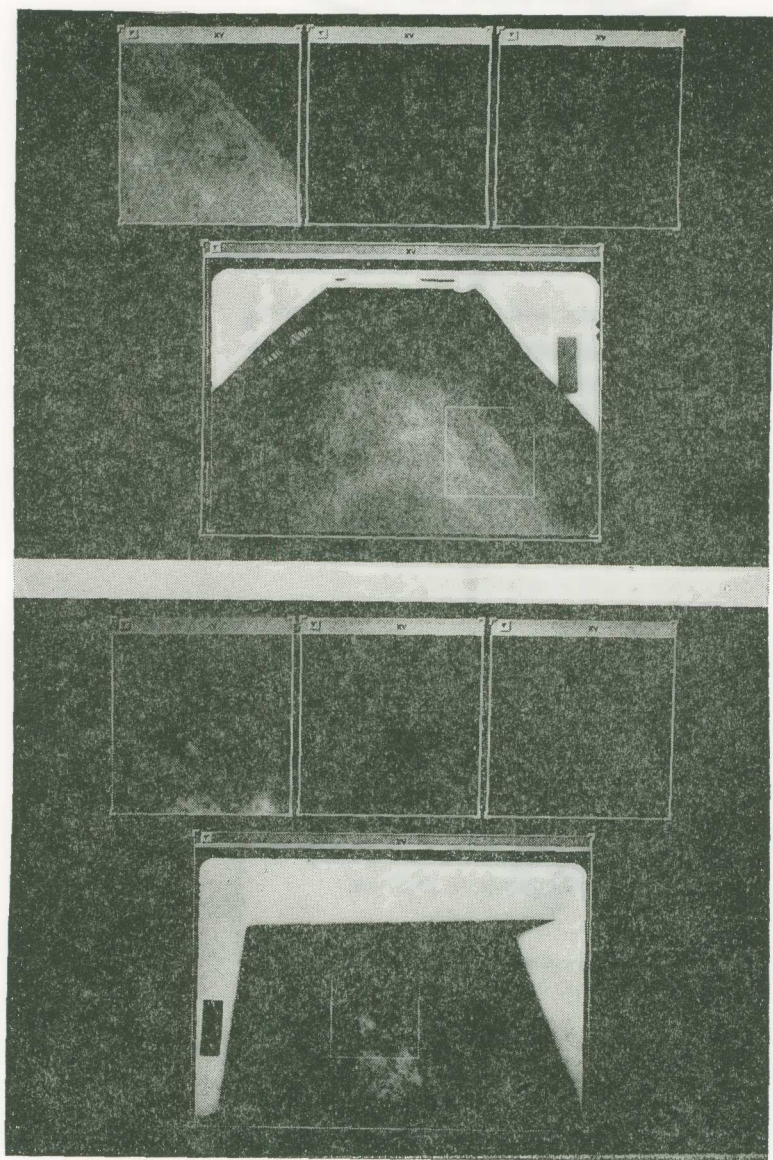
Κανονικοποίηση



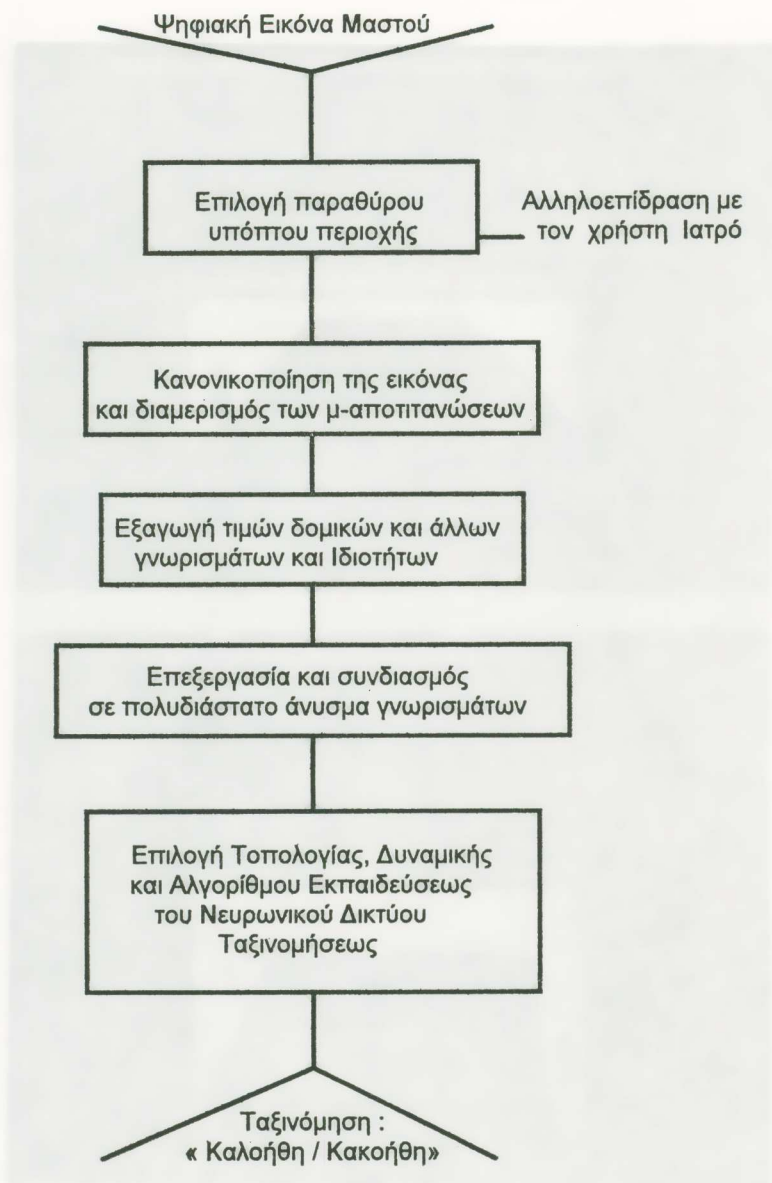
Ανάδειξη εικόνας



Εικόνα 8. Μαστογραφίες με μικροαποτιτανώσεις που εντοπίζονται κατά την διάρκεια άνιχνεύσεως, πριν τὸν διαμερισμὸ (segmentation).



Εικόνα 9. Έντοπισμός μικροαποτιτανώσεων με ψηφιακή επεξεργασία της εικόνας σε μαστό χαμηλής (όνω) και υψηλής (κάτω) ύψους.



Εικόνα 10. Διάγραμμα διαλογικής (interactive-on-line) ψηφιακής-νευρωνικής (N. CADx) επεξεργασίας ακτινογραφίας για την ταξινόμηση μικροαποτιτανώσεων του μαστού.

σμάτων (features) τών μικροαποτιτανώσεων που έχουν ανιχνευθεῖ. Ἐπειδή, ὅμως, οἱ ἀκτινογραφικὲς ἀπεικονίσεις συνήθως παρουσιάζουν πολὺ ἀσαφεῖς (poorly defined) ιδιότητες καὶ γνωρίσματα μικροαποτιτανώσεων, ἡ ἐξαγωγή γνωρισμάτων ἢ ὁποία στηρίζεται σὲ διαδικασία διαμερισμοῦ (segmentation) δὲν ἔχει δώσει μέχρι σήμερα ικανοποιητικὰ ἀποτελέσματα. Τὸ διάγραμμα τῆς ἐπεξεργασίας τῆς μαστογραφίας γιὰ τὸν ἐντοπισμὸ καὶ τὴν ταξινόμηση τών μικροαποτιτανώσεων φαίνεται στὴν Εἰκόνα 10.

Ἐδῶ παρατηρεῖ κανεῖς τὴν ἴδια περίπου μεθοδολογία τὴν ὁποία δείξαμε προηγουμένως γιὰ τὴν ἀναγνώριση ὄγκων τοῦ μαστοῦ, ὅπου ὅμως μπορεῖ νὰ παρεμβάλλεται on-line καὶ ἡ συνεργατικὴ ἀλληλοεπίδραση τοῦ χρήστη ἱατροῦ.

Θὰ κλείσω τὴν παρουσίαση τοῦ θέματός μου μὲ λίγα λόγια ποὺ ἀφοροῦν τὶς δι-
κές μας ἔρευνες, τὶς προοπτικὲς καὶ τὰ προβλήματα ποὺ ἀντιμετωπίζουμε.

3. ΟΙ ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΑΣ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Οἱ ἔρευνές μας γιὰ τὴν ἀνάπτυξη τοῦ συστήματος «Ἰπποκράτης-μστ», διαγνώσεως καρκίνου τοῦ μαστοῦ μὲ ψηφιακὴ-νευρωνικὴ ἐπεξεργασία (N.CADx) ἀκτινογραφιῶν, βρίσκονται ἀκόμα σὲ πρῶμο στάδιο σὲ σύγκριση μὲ τὶς προχωρημένες ἔρευνες ἀναπτύξεως τοῦ Ἰπποκράτη-πν διαγνώσεως καρκίνου τών πνευμόνων, οἱ ὁποῖες ὅπωςδήποτε εἶχαν ἀρχίσει νωρίτερα [1]. Καὶ στὴν περίπτωσή αὐτή, ὁ στόχος μας εἶναι ἡ ἀνάπτυξη **οἰκονομικῶν** μέσων ἐγκαιρῆς διαγνώσεως τοῦ καρκίνου ἀπὸ ἀπλὴ ἀκτινογραφικὴ ἀπεικόνιση, δηλαδὴ ἓνα διαγνωστικὸ σύστημα (Εἰκ. 11), τὸ ὁποῖο θὰ λειτουργεῖ σὲ προσωπικὸ ὑπολογιστὴ, δὲν θὰ ἀπαιτεῖ εἰδικὲς γνώσεις χειρισμοῦ, θὰ ἐπιτρέπει τὴν εὐρεία ἐφαρμογὴ προγράμματος Προληπτικῆς Ἰατρικῆς, καὶ θὰ παραπέμπει στὸν εἰδικὸ ἱατρὸ τὴν πλειοψηφία τών περιπτώσεων («ὕψηλὸ κινδύνου») ποὺ σήμερα περνοῦν ἀπαρατήρητες.

Παράλληλα μὲ τὴν θεωρητικὴ διερεύνηση τοῦ θέματος, πειραματιστήκαμε ἐπιλεκτικὰ μὲ μερικὲς τεχνικὲς ἀνιχνεύσεως καὶ ἐξαγωγῆς χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων, ὅπως ἀνέφερα προηγουμένως στὴν συνοπτικὴ παρουσίαση τών μεθοδολογιῶν.

Τὸ διάγραμμα τῆς Εἰκόνας 12 δείχνει τὸ γενικὸ πλάνο τών ἀλγορίθμων ποὺ ἀκολουθοῦμε καὶ τών τεχνολογιῶν ποὺ ἐφαρμόζουμε.

Ἡ διαγνωστικὴ διαδικασία περιλαμβάνει τὴν βαθμίδα τῆς ἀναδείξεως τῆς εἰκόνας καὶ ἐντοπίσεως τών ὑπόπτων περιοχῶν, καὶ τὴν βαθμίδα τῆς ταξινομήσεως.

Ὁ Ἰπποκράτης-μστ παρέχει σὲ μορφὲς κειμένου καὶ γραφικῶν τὰ διαγνωστικὰ στοιχεῖα τῆς ψηφιακῆς-νευρωνικῆς ἐπεξεργασίας τῆς μαστογραφίας ὡς ἔξοδος τῆς βαθμίδας νευρωνικῆς ταξινομήσεως (Εἰκόνα 12). Σὲ αὐτὰ περιλαμβάνονται:

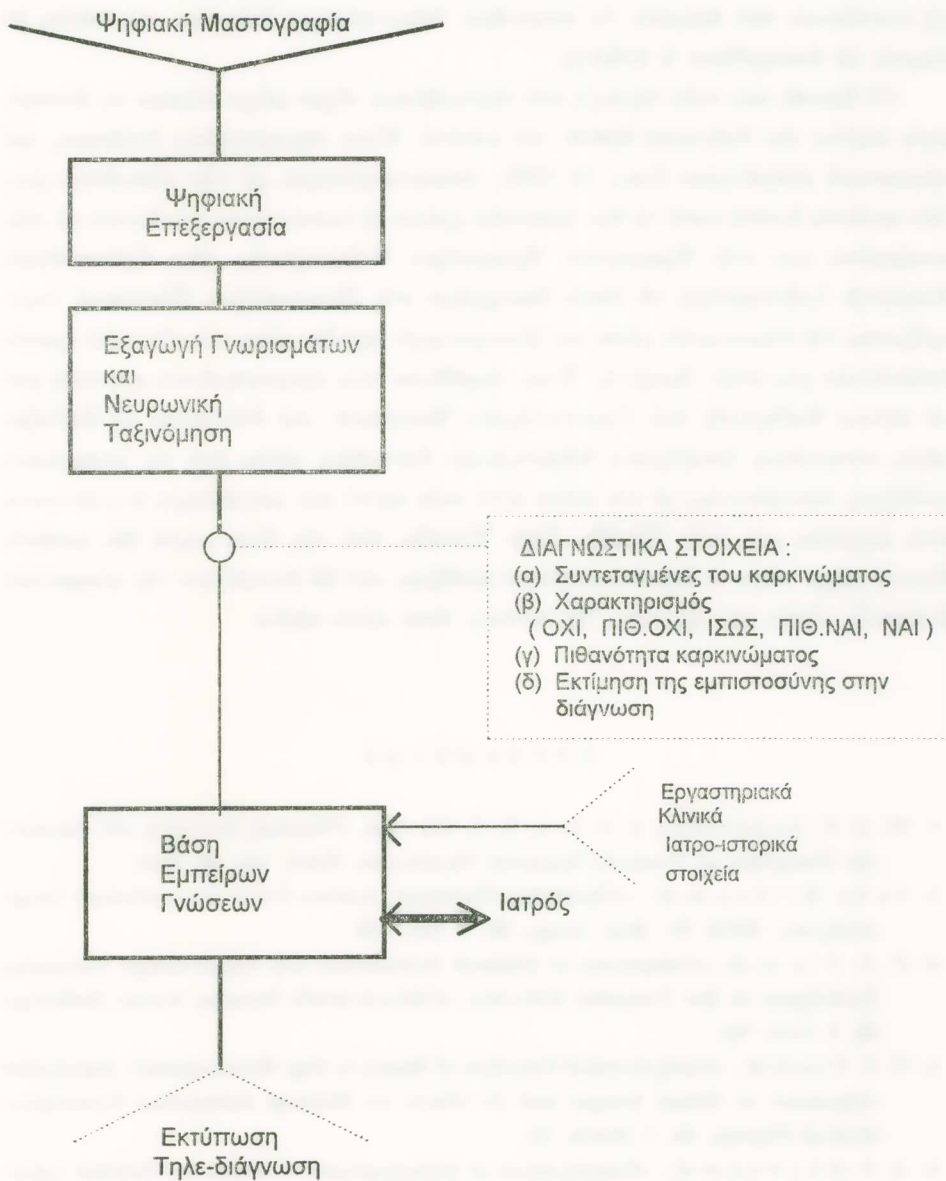
- 1) 'Η ακριβής **θέση** τοῦ καρκινώματος.
- 2) 'Η ταξινόμηση σὲ ἓνα ἀπὸ τοὺς πέντε **χαρακτηρισμοὺς** (labels): (OXI, ΠΙΘΑΝΩΣ OXI, ΙΣΩΣ, ΠΙΘΑΝΩΣ ΝΑΙ, ΝΑΙ), ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὶς ἀκόλουθες περιοχὲς πιθανοτήτων, (0-12.5 - 37.5 - 62.5 - 87.5 - 100%).
- 3) 'Η τιμὴ τῆς **πιθανότητας** κακοήθειας (malignancy), τὴν ὁποία τὸ σύστημα προσδίδει στὴν ὑποπτη περιοχὴ.
- 4) 'Η ποσοτικὴ ἐκτίμηση τῆς **ἐμπιστοσύνης** τὴν ὁποία προσδίδει τὸ σύστημα στὴν ἀξιοπιστία τῆς **ιδικῆς** του παραπάνω διαγνώσεως.



Εἰκόνα 11. «Τὸ ἐπιτραπέζιο σύστημα 'Ἰπποκράτης»

Παρατηρήστε ὅτι ὁ 'Ἰπποκράτης τοῦ μαστοῦ περιλαμβάνει καὶ Βάση 'Εμπείρων Γνώσεων (EKB), ἡ ὁποία θὰ ἐπεξεργάζεται τὰ πρῶτα διαγνωστικὰ στοιχεῖα ποὺ παρέχονται ἀπὸ τὴν βαθμίδα τῆς νευρωνικῆς ταξινομήσεως, τὰ ὁποῖα ὑπολογίστηκαν μὲ μόνη πηγὴ πληροφοριῶν τὴν ἀκτινογραφία (ἴσως καὶ τὴν ἡλικία τῆς ἀσθενοῦς).

'Η Βάση 'Εμπείρων Γνώσεων θὰ σχεδιαστεῖ ἔτσι ὥστε νὰ ἀξιοποιεῖ τὴν **καλύτερη διαθέσιμη ἱατρικὴ ἀθθεντία** (the best available medical expertise) καὶ θὰ χρησιμοποιηθεῖ, ὅταν χρειάζεται, γιὰ τὴν ἄρση διαγνωστικῶν ἀσαφειῶν, ἀξιοποιώντας ἐργαστηριακὰ, κλινικὰ, ἢ καὶ ἀπλῶς ἱατρο-ἱστορικὰ δεδομένα τῆς ἀσθενοῦς. 'Η Βάση 'Εμπείρων Γνώσεων θὰ χρησιμοποιεῖται, ἐπίσης, στὴν παροχὴ πληροφοριῶν,



Εικόνα 12. Γενικό διάγραμμα επεξεργασίας πληροφοριών του διαγνωστικού συστήματος
Ίπποκράτης-μστ.

ένδιαμέσων διαγνωστικών αποτελεσμάτων και αιτιολογήσεων, αλλά και στην παροχή συστάσεων που άφοροῦν τις περαιτέρω ένδεικνύμενες ενέργειες, τις όποϊες θα έπρεπε νά ακολουθήσει ή άσθενής.

Οί έρευνές μας στην περιοχή που περιγράψαμε, είχαν μέχρι σήμερα ως αντίκειμενο κυρίως την διάγνωση **όγκων** τοῦ μαστοῦ. Είναι περιορισμένης έκτάσεως, και οὔσιαστικά σταμάτησαν όταν, τό 1993, έπαναπατρίστηκε με την οικογένειά μου. Δέν κατέστη δυνατό κατά τά δύο τελευταία χρόνια νά λειτουργήσω άποδοτικά με τούς συνεργάτες μου στο Έρευνητικό Έργαστήριο Κυβερνητικῆς (the Cybernetics Research Laboratory), τό όποιο διατηροῦμε στο Πανεπιστήμιο Maryland, περιορίζοντας την επικοινωνία μέσω τοῦ ηλεκτρονικοῦ ταχυδρομείου και τών πολῶ άραιῶν επισκέψεών μου στην Άμερική. Έτσι, παρέδωσα τούς προχωρημένους φοιτητές μου σε άλλους Καθηγητές τοῦ Πανεπιστημίου Maryland, και άποφεύγω νά αναλάβω νέους συνεργάτες, ύποψήφιους διδακτορικῶν διατριβῶν, κάτω από τις ύπάρχουσες συνθήκες, επιτρέποντας με τόν τρόπο αυτό στον έαυτό μου μεγαλύτερη συγκέντρωση στις άσχοιίες μου στην Έλλάδα. Στην Έλλάδα, από την άλλη μεριά, δέν κατέστη δυνατό μέχρι τώρα νά δημιουργηθοῦν οί συνθήκες που θα επιτρέψουν την οὔσιαστική ανάπτυξη αὐτῶν τών έρευνῶν. Έν τούτοις, *dum spiro spero*.

REFERENCES

1. Η. Α. Λιγομενίδης, J. S. Lin, Y. S. Chio u, «Εγκαιρη Διάγνωση τοῦ Καρκίνου τῶν Πνευμόνων με Ψηφιακή-Νευρωνική Τεχνολογία», ΠΑΑ, τόμ. 69, 1994.
2. Judy Kilday et al., «Classifying Mammogr. Lesions Using Computerized Image Analysis», IEEE Tr. Med. Imag., 12, 4 Dec. '93.
3. F. F. Yin et al., «Comparison of Bilateral Subtraction and Single-Image Processing Techniques in the Computer Detection of Mammografic Masses», Invest. Radiology 28, 6 June '93.
4. F. F. Yin et al., «Computerized Detection of Masses in Dig. Mammograms: Automated Alignment of Breast Images and its effects on Bilateral Subtraction Technique», Medical Physics, 21, 3 March '94.
5. A. P. D h a w a n et al., «Enhancement of Mammographic Features by Optimal Adaptive Neighborhood Image Processing» IEEE Trans. Med. Imaging, 5, 8-15, 1986.
6. S. L a i et al., «On Techniques for Detecting Circumscribed Masses in Mammograms», IEEE Trans. Med. Imaging, 8, 377-386, 1989.
7. S. S h a p i r o et al., «Ten to Fourteen Year Effect of Screening on Breat Cancer Mortality», J. Nat. Cancer Inst., 69, 349-355, 1982.
8. L. T a b a r et al., «The Swedish Two County Trial of Mammographic Screening for

- Breast Cancer: Recent Results and Calculation of Benefit», *J. Epid. Com. Health*, **43**, 107-114, 1989.
9. S. Shapiro et al., (Eds), **Periodic Screening for Breast Cancer**, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1988.
10. A. Feig, «Decreased Breast Cancer Mortality Through Mammographic Screening: Results of Clinical Trial», *Radiology*, **167**, 659-665, 1988.
11. L. Tabar and P. B. Dean, **Teaching Atlas of Mammography**, Thieme-Straton, New York, 1983.

S U M M A R Y

Research on Early Diagnosis of Breast Cancer from Computer-Aided Processing of X-Ray Images

Currently, mammography is the best method for the detection of breast cancer. However, the radiologist fails to detect 10 to 30% of cancer cases in first trial, with two-thirds of them being detected retrospectively. It is believed that computerised analysis of radiographic images will assist the radiologist as a «second opinion» in detecting lesions and in making improved diagnostic decisions. It is also expected that automated analysis of radiographic images using digital-neural technology will increase the efficiency and effectiveness of wide range, massive mammographic screening. In this presentation we examine the state-of-the-art in Computer-Aided Diagnosis (CADx) technology for breast cancer detection and classification, and we briefly report on our own research on this subject.