

Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας



# Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στον πραγματικό κόσμο

Χάρης Γεωργίου (MSc, PhD)

# Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας

## Στόχοι:

- Πρώτος “καθολικός” φορέας εκπροσώπησης πτυχιούχων Πληροφορικής.
- Αρμόδιος φορέας εκπροσώπησης επαγγελματιών Πληροφορικής.
- Αρμόδιος επιστημονικός “συμβουλευτικός” φορέας για το Δημόσιο.
- Αρωγός της Εθνικής Ψηφιακής Στρατηγικής & Παιδείας της χώρας.



## Τομείς παρέμβασης

Ποιοι είναι οι κύριοι τομείς παρεμβάσεων της ΕΠΕ;

- 1 Εθνική Ψηφιακή Στρατηγική & Οικονομία
- 2 Εργασιακά (ΤΠΕ), Δημόσιος & ιδιωτικός τομέας
- 3 Παιδεία (Α', Β', Γ')
- 4 Έρευνα & Τεχνολογία
- 5 Έργα & υπηρεσίες ΤΠΕ
- 6 Ασφάλεια συστημάτων & δεδομένων
- 7 Ανοικτά συστήματα & πρότυπα
- 8 Χρήση ΕΛ/ΛΑΚ
- 9 Πνευματικά δικαιώματα
- 10 Κώδικας Δεοντολογίας (ΤΠΕ)
- 11 Κοινωνική μέριμνα (ICT4D)



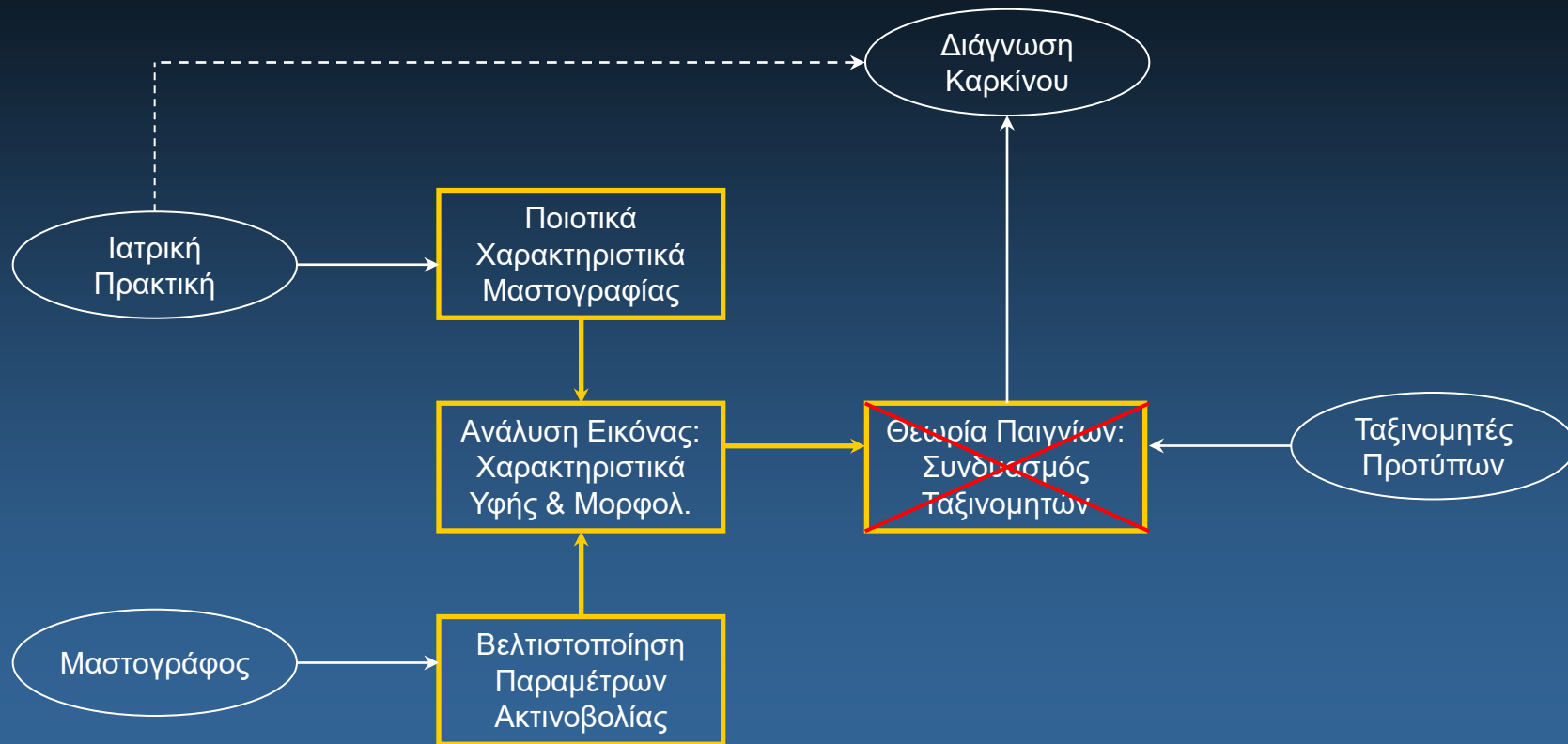


**Harris Georgiou (MSc, PhD)** – <https://github.com/xgeorgio/info>

- R&D: Associate post-doc researcher and lecturer with the University Athens (NKUA) and University of Piraeus (UniPi)
- Consultant in Medical Imaging, Machine Learning, Data Analytics, Signal Processing, Process Optimization, Dynamic Systems, Complexity & Emergent A.I., Game Theory
- HRTA member since 2009, LEAR / scientific advisor
- HRTA field operator (USAR, scuba diver)
- Wilderness first aid, paediatric (child/infant)
- Humanitarian aid & disaster relief in Ghana, Lesvos, Piraeus
- Support of unaccomp. minors, teacher in community schools
- Streetwork training, psychological first aid & victim support
- 2+ books, 160+ scientific papers/articles (and 5 marathons)

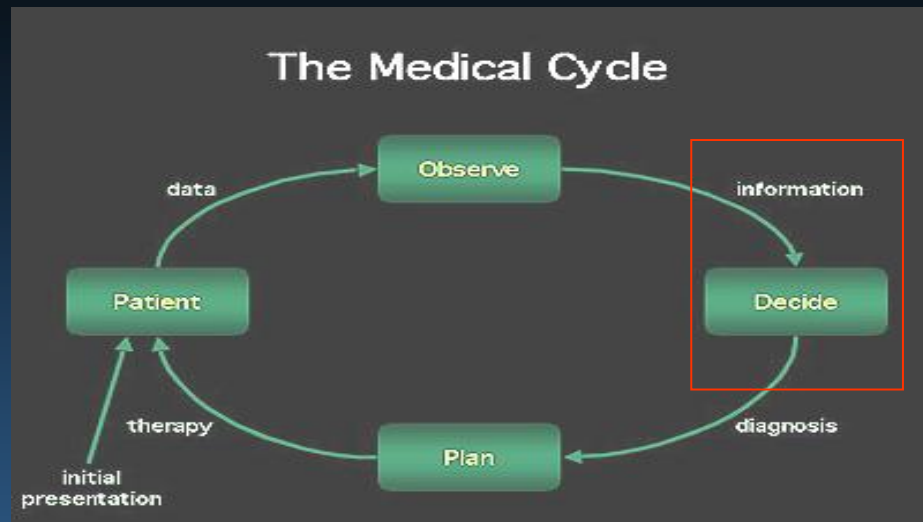
## Περιεχόμενα:

- Ιατρικά απεικονιστικά συστήματα, διάγνωση μέσω Η/Υ, καρκίνος του μαστού, μαστογραφία
- Ποιοτικά χαρακτηριστικά μαστογραφικής εικόνας, τεχνικά θέματα διασφάλισης ποιότητας εικόνας
- Βελτιστοποίηση πρωτογενών δεδομένων: εκτίμηση παραμέτρων ακτινοβολίας και έλεγχος παραμέτρων έκθεσης
- Χαρακτηρισμός νεοπλασιών στη μαστογραφία: ανάλυση υφής και σχήματος εντοπισμένων μαζών



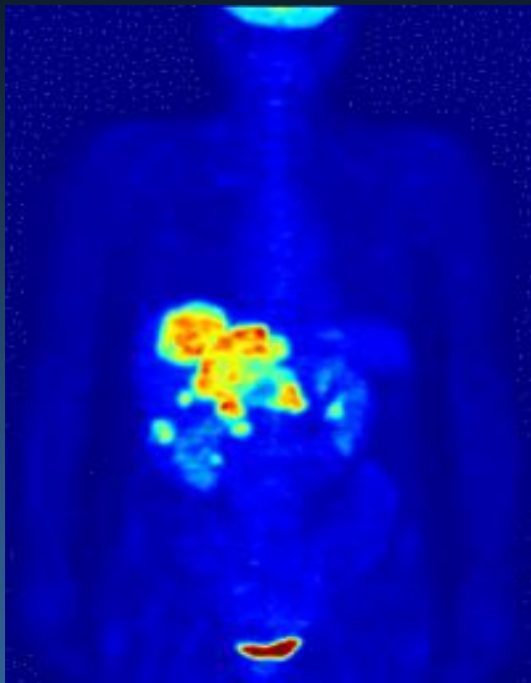
## Ιατρική διάγνωση μέσω Η/Υ – Απεικονιστικά Συστήματα

- Πρώτες εργασίες από δεκαετία '60 (Xerography)
- Ανάπτυξη κυρίως την δεκαετία του '80 (digital image processing)
- Computer Aided Diagnosis (CAD), Automated Computer Diagnosis (ACD)



- Πρώτο εμπορικό CAD (1993) για MC: 87% sensitivity, 1 fp/exam
- Σημερινά συστήματα: 98% για MC (85% για μάζες), 0,25 fp/exam
- Κύριο ενδιαφέρον (X-ray CAD): θώρακας & μαστός (68%, RSNA 2000-2005)
- Απεικονιστικές τεχνολογίες: X-ray, CT, MRI, US, PET, SPECT
- Αναπαράσταση πληροφορίας σε 2-D (imaging) και 3-D (tomography)
- Μελλοντική προοπτική: ενσωμάτωση με PACS (συστήματα CBIR)

## Ανάλυση Ιατρικής Εικόνας μέσω Η/Υ



Παράδειγμα τρισδιάστατης ανακατασκευής μαγνητικής τομογραφίας (γυναίκα) – *Wikipedia.org*

- Εικόνα (2-D): Επικαλυπτόμενες δομές ιστών
  - Τομογραφία (3-D): Όγκος πληροφοριών
  - Διαφορετικές τεχνολογίες απεικόνισης
  - Διαφορετικά διαγνωστικά χαρακτηριστικά
  - Η διαγνωστική πληροφορία συνήθως δεν είναι καλώς ορισμένη (θόρυβος, ασάφειες δομών)
  - Η διαγνωστική διαδικασία είναι συνήθως ασαφής, πολύπλοκη και βασίζεται στην εμπειρία (ιατρός)
- ⇒ Η χρήση Η/Υ επιτρέπει την αυτόματη επεξεργασία και ενοποίηση (τομογραφία) μεγάλου όγκου δεδομένων απεικόνισης
- ⇒ ...αλλά εξακολουθεί να έχει σημαντικούς περιορισμούς ως προς τη σημασιολογική ερμηνεία τους (διαγνωστική πληροφορία)

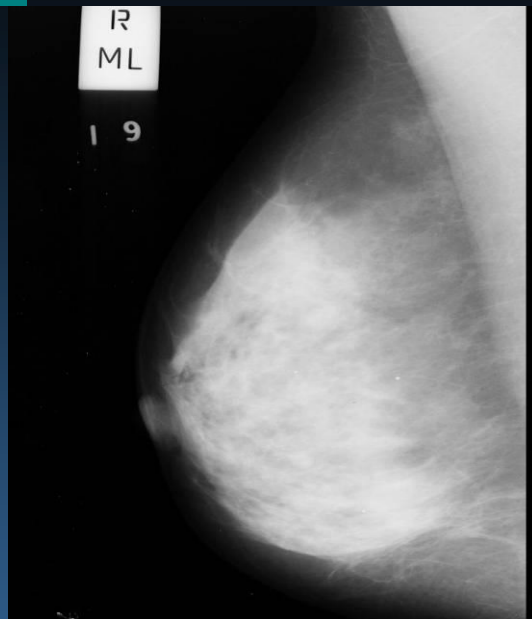


## Καρκίνος Μαστού – Μαστογραφία

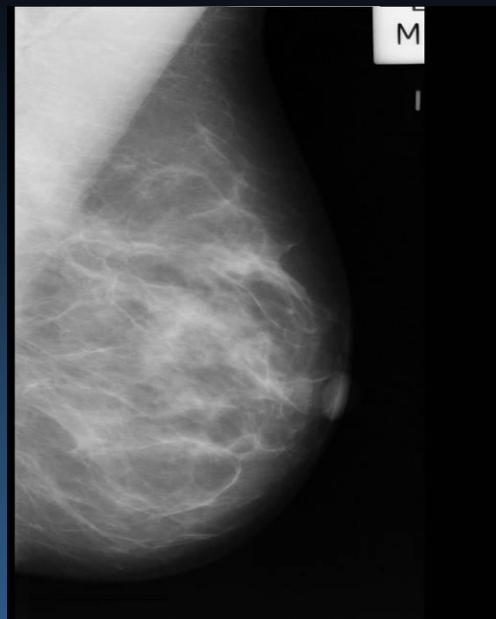
- Καρκίνος μαστού: 2<sup>η</sup> αιτία θανάτου παγκοσμίως από καρκίνο (γυναίκες), μετά τον καρκίνο του πνεύμονα
- Επιδημιολογία: 9-11% στο γενικό πληθυσμό (γυναίκες), αφορά πάνω από 250.000 περιστατικά κάθε χρόνο στις χώρες της Ε.Ε.
- Επιβιωσιμότητα: 95-98% (5ετίας), 18-30 χρόνια από την εμφάνιση
- Κρίσιμος παράγοντας: έγκαιρος εντοπισμός σε πρώιμο στάδιο
- Κρίσιμη ηλικία: 50+ ετών, προληπτικός έλεγχος από 40+ (1-2ετίας)
- Μέθοδοι εντοπισμού: BSE, μαστογραφία σάρωσης (προληπτικός έλεγχος)

## Επιθυμητά στοιχεία CAD (εντοπισμός/διάγνωση)

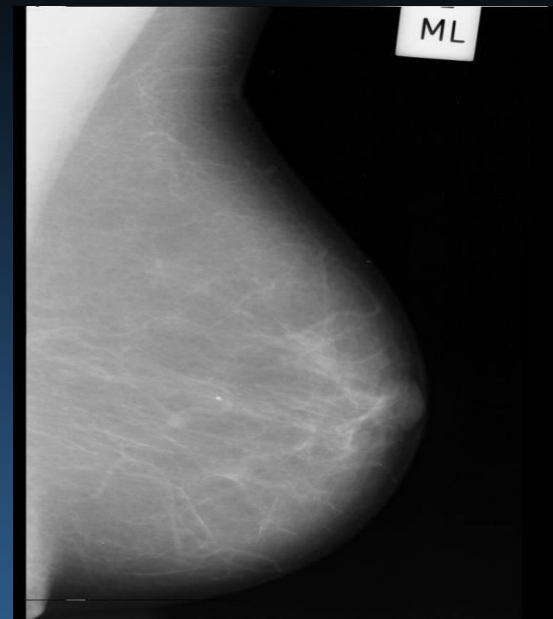
- ανίχνευση σε πρώιμο στάδιο (high sensitivity)
- χαμηλό αριθμό εσφαλμένων εντοπισμών (low false positives)
- εύκολη απόρριψη των fp (μικρός χρόνος επισκόπησης)
- χαμηλό κόστος εξέτασης (εφαρμογή ως προληπτική διαδικασία)
- χαμηλή ακτινοβολία (εφαρμογή στο γενικό πληθυσμό)



Μαστογραφία (MLO) υψηλής πυκνότητας (D)



Μαστογραφία (MLO) μέσης πυκνότητας (G)

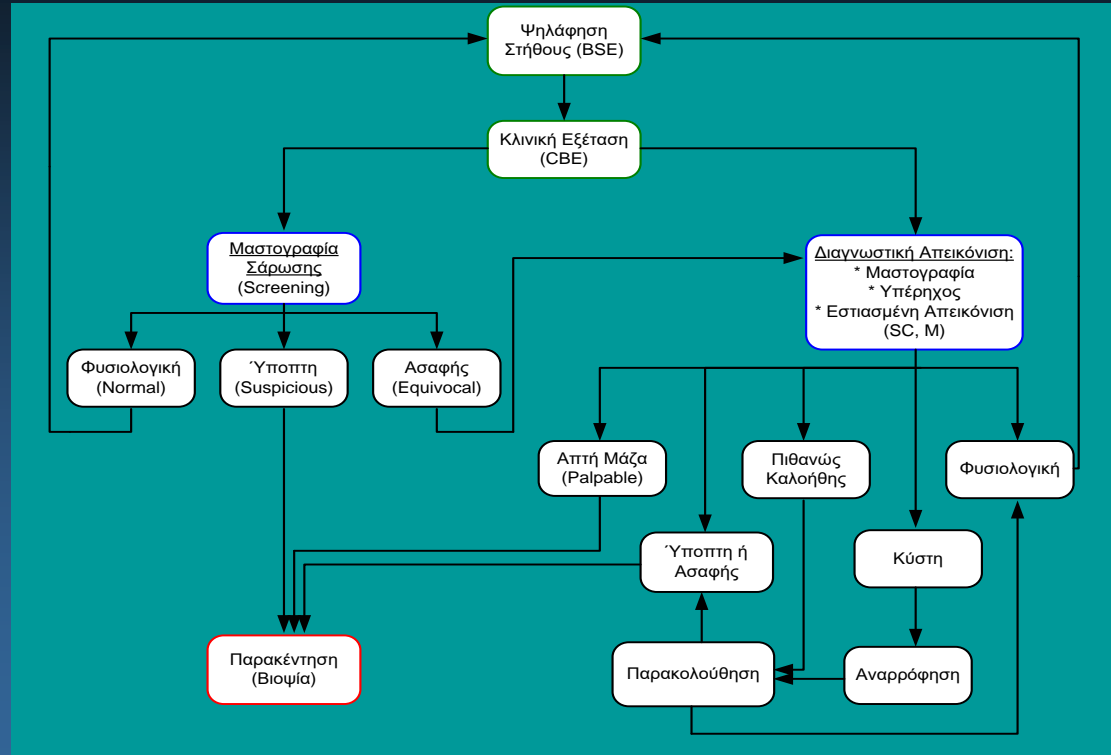


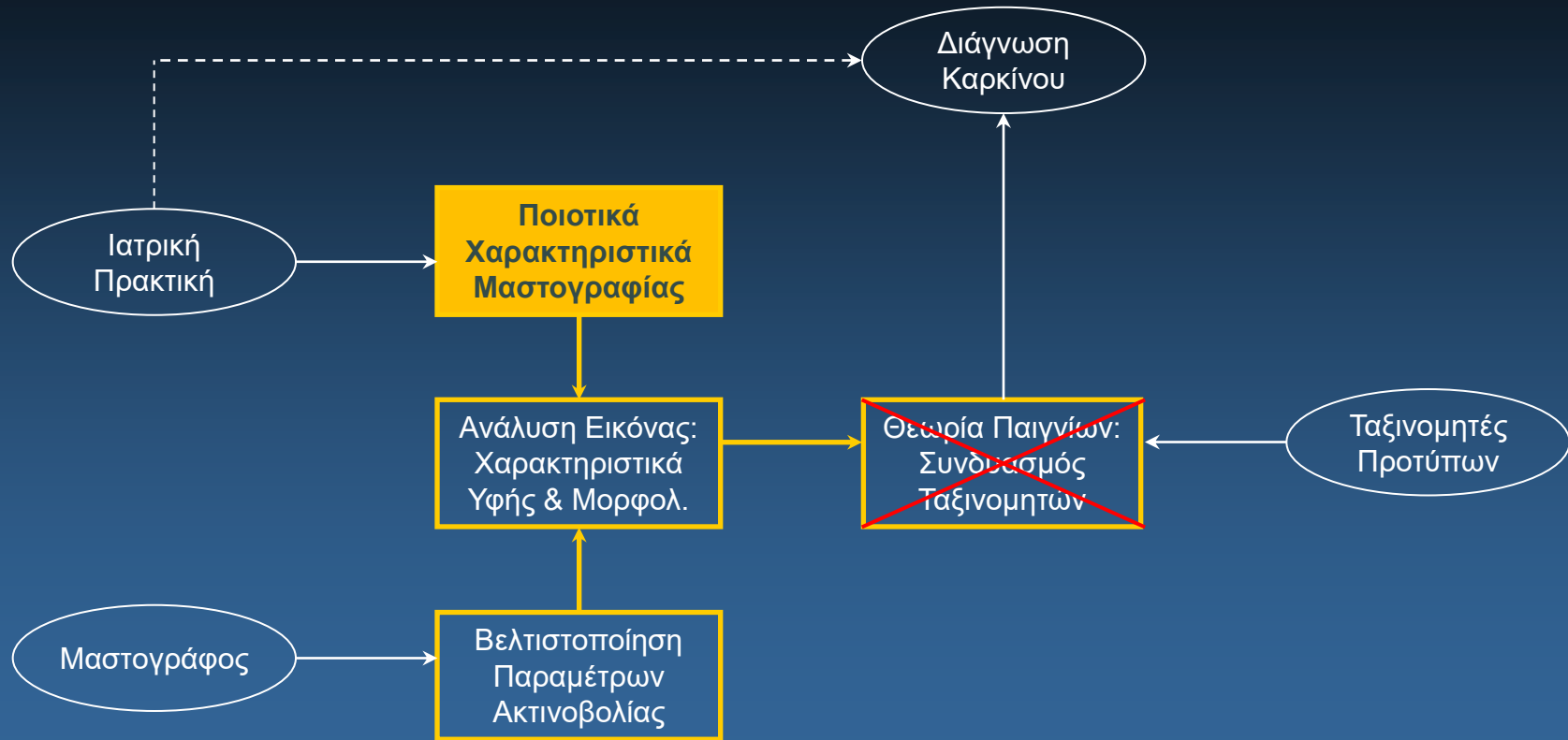
Μαστογραφία (MLO) χαμηλής πυκνότητας (F)

- Το φόντο (κενή περιοχή) γύρω και έξω από τον μαστό (background)
- Η κύρια περιοχή του μαστού (breast area)
- Η θωρακικός μυς (pectoral muscle)
- Οι περιοχές του δέρματος (skin) και της θηλής (nipple)
- Εσωτερικές δομές του μαστού (μαστικοί αγωγοί, αγγεία, αδενικοί ιστοί, λιπώδεις περιοχές, ...)

## Είδη εντοπισμένων αλλοιώσεων

- Νεοπλασίες σε μορφή **διακριτών μαζών** (mass lesions)
- Δομές αστεροειδούς μορφής (stellate formations)
- Σχηματισμούς λεμφαδενωμάτων (lymphadenoma patterns)
- Αποτιτανώσεις και μικροαποτιτανώσεις (micro-calcifications)
- Αρχιτεκτονικές αλλοιώσεις (architectural distortions)
- Ασυμμετρίες μεταξύ των μαστών (breast asymmetries)





## Στόχοι μελέτης (I)

1. Επιλογή ποιοτικών παραμέτρων των σημαντικότερων κλινικών ευρημάτων σε μαστογραφική εικόνα
2. Συσχέτιση με την υφή (texture) και το σχήμα (morphology) εντοπισμένων νεοπλασματικών μαζών
3. Αξιολόγηση συσχέτισης των ευρημάτων ως προς την παθολογία (καλοήθεια ή κακοήθεια) μέσω στατιστικής ανάλυσης & ταξινομητών

## Αποτελέσματα διαδικασίας (I)

- Λίστα με τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά ευρημάτων που σχετίζονται:
  - με την υφή ή την μορφολογία της εντοπισμένης μάζας
  - με την διαπιστωμένη παθολογία (καλοήθεια/κακοήθεια)
- Αξιολόγηση σημαντικότητας (χρησιμότητας) των επιλεγμένων χαρακτηριστικών σε συστήματα CAD/ADC

## Λίστα μαστογραφικών ευρημάτων

- Αρχική λίστα περιελάμβανε 31 χαρακτηριστικά, σε σχέση με εντοπισμένη μάζα (tumor), αποτιμώσεις (MC), δευτερεύοντα ευρήματα (distortions), ιατρικό ιστορικό (patient data) και παθολογία (benignancy/malignancy)
- Εστίαση κυρίως σε ευρήματα που σχετίζονται με την ίδια την εικόνα (image content) παρά τα συμπληρωματικά στοιχεία (annotation)

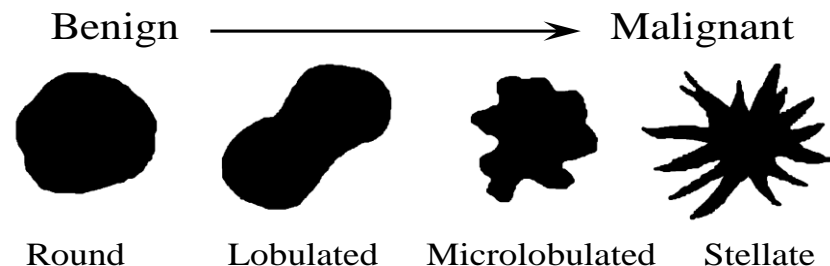
## Βάση μαστογραφικών εικόνων

- Αρχική συλλογή από 1350 μαστογραφίες φιλμ
- Ιστολογικά επιβεβαιωμένη παθολογία σε όλες τις περιπτώσεις
- Ψηφιοποίηση (scanning) σε 63,5  $\mu\text{m}$  (400 dpi), 8-bit grayscale
- Καθορισμός περιγράμματος εντοπισμένων μαζών (high-resolution)
- Συνοδευτική λίστα ποιοτικών χαρακτηριστικών για κάθε εικόνα
- Επιλογή 130 ως τελικό σύνολο, χωρίς ασάφειες στην περιγραφή
- Αντιπροσωπευτικό ως υφή & μορφολογία μάζας, πυκνότητα, παθολογία

Κλινικό Χαρακτηριστικό	Πεδίο Τιμών
Ηλικία ασθενούς	(πραγματική τιμή)
Παρουσία μάζας	Ναι / Όχι
Παρουσία Μικροαποτιτανώσεων	Ναι / Όχι
Ποσοστό λιπώδους ιστού εντός της μάζας	0%...100%
Σαφήνεια περιγράμματος	0%...100%
Πυκνότητα ιστού μάζας	«L» (hypo) / «M» (iso) / «H» (hyper)
Ομοιογένεια ιστού μάζας	1...10
Μορφολογικός τύπος σχήματος περιγράμματος	1 (round) / 2 (lobulated) / 3 (microlobulated) / 4 (stellate)
Ιστολογική διάγνωση	«B» (benign) / «M» (malignant)

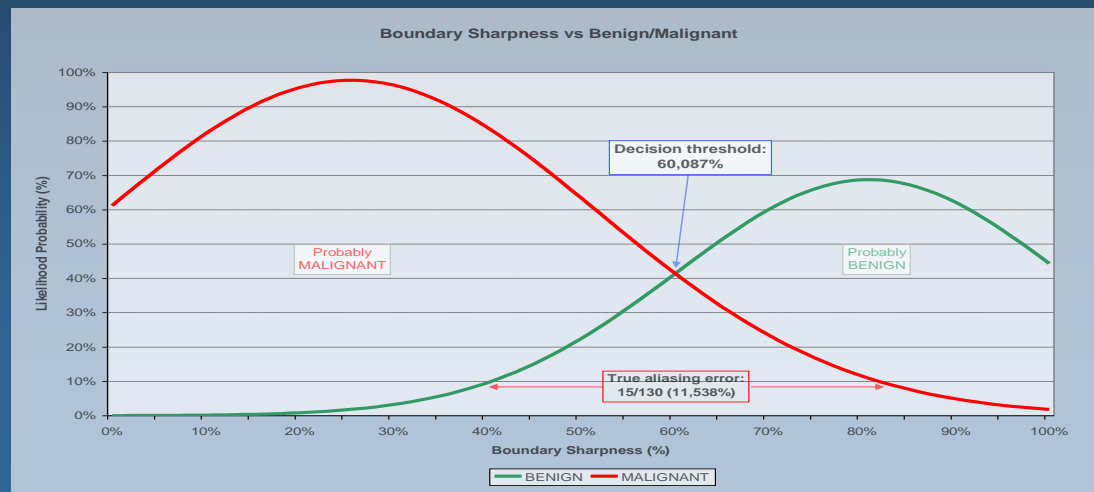
Τελική λίστα επιλεγμένων χαρακτηριστικών:

- 7 σχετιζόμενα με υφή ή μορφολογία
- 1 από ιστορικό ασθενούς (ηλικία)
- 1 τελικής παθολογίας («output»)



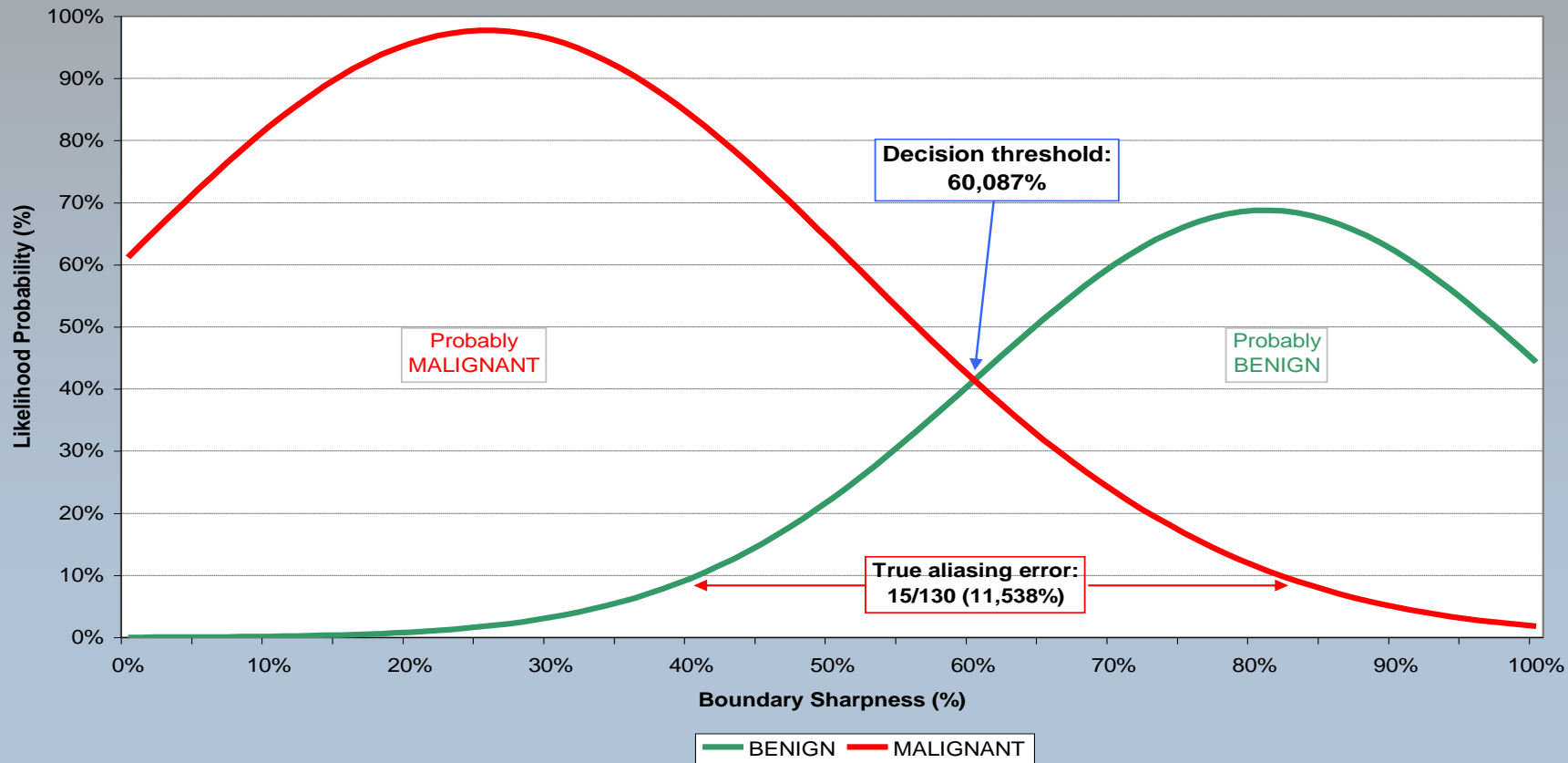
### Ταξινόμηση Χαρακτηριστικών βάσει στατιστικής διαχωριστικής ικανότητας (διάγνωση)

T-test	F-test	Διπλή Κανον. Καταν.	MANOVA
Σαφήνεια ορίων	Πυκνότητα μάζας	Τύπος σχήματος	Τύπος σχήματος
Τύπος σχήματος	Σαφήνεια ορίων	Σαφήνεια ορίων	Σαφήνεια ορίων
Ηλικία ασθενούς	Τύπος σχήματος	Ηλικία ασθενούς	Ηλικία ασθενούς
Ομοιογένεια μάζας	Ομοιογένεια μάζας	Ομοιογένεια μάζας	Ποσοστό λίπους
Πυκνότητα μάζας	Αποπιτανώσεις? (Y/N)	Πυκνότητα μάζας	Αποπιτανώσεις? (Y/N)
Ποσοστό λίπους	Ηλικία ασθενούς	Ποσοστό λίπους	Ομοιογένεια μάζας
Αποπιτανώσεις? (Y/N)	Ποσοστό λίπους	Αποπιτανώσεις? (Y/N)	Πυκνότητα μάζας

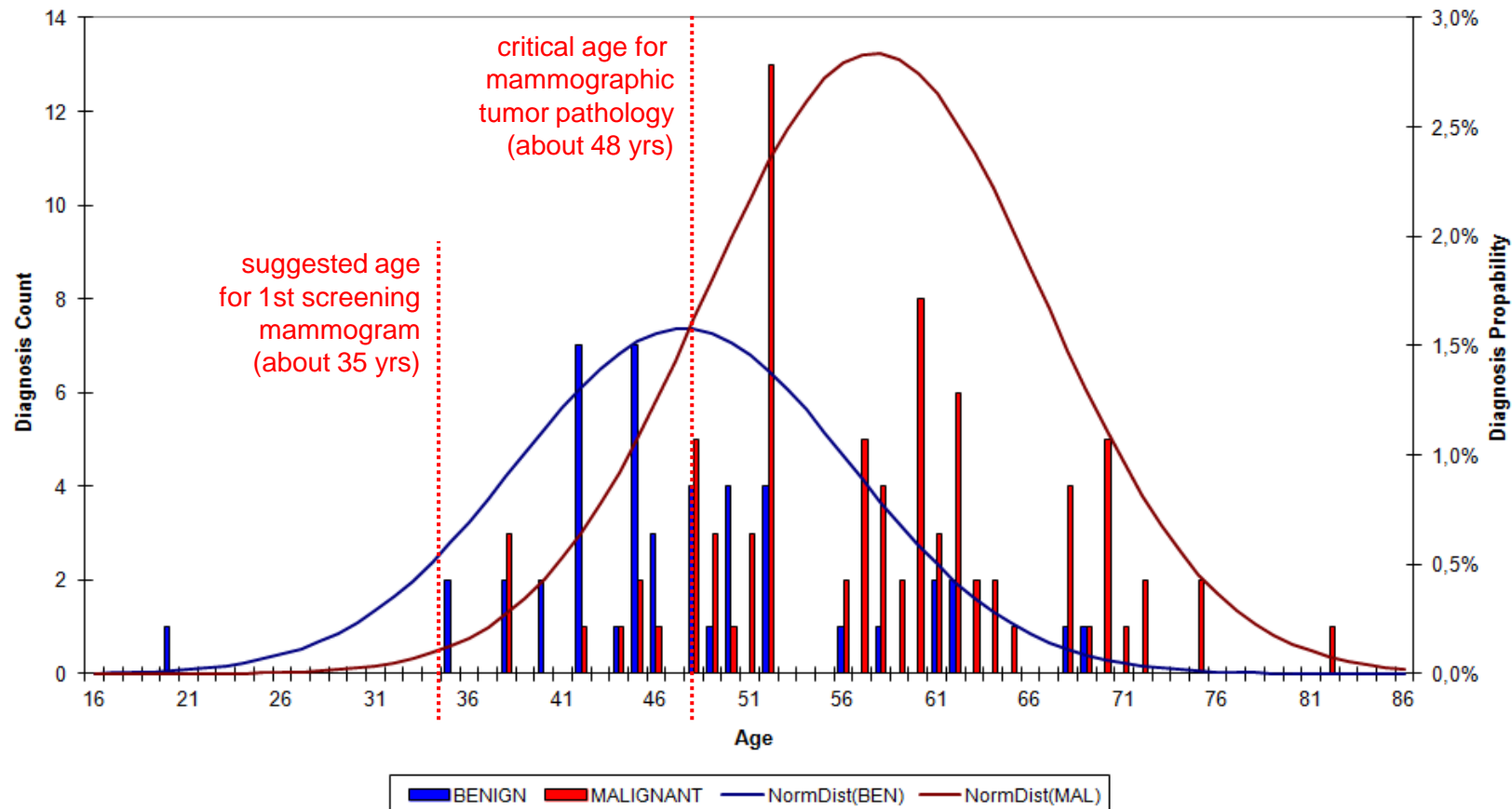




## Boundary Sharpness vs Benign/Malignant



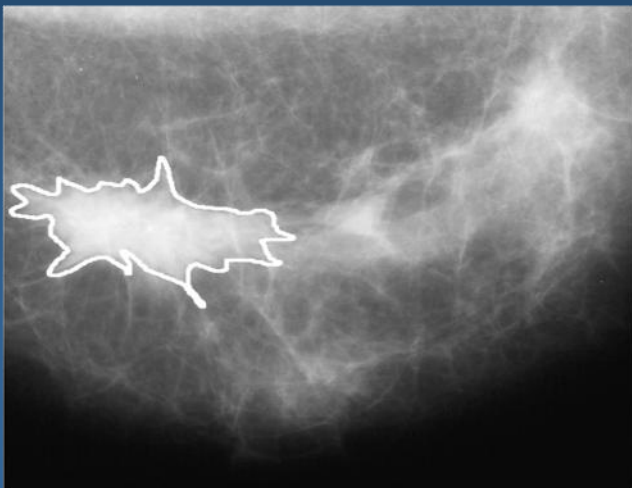
### Age Distributions vs Benign/Malignant



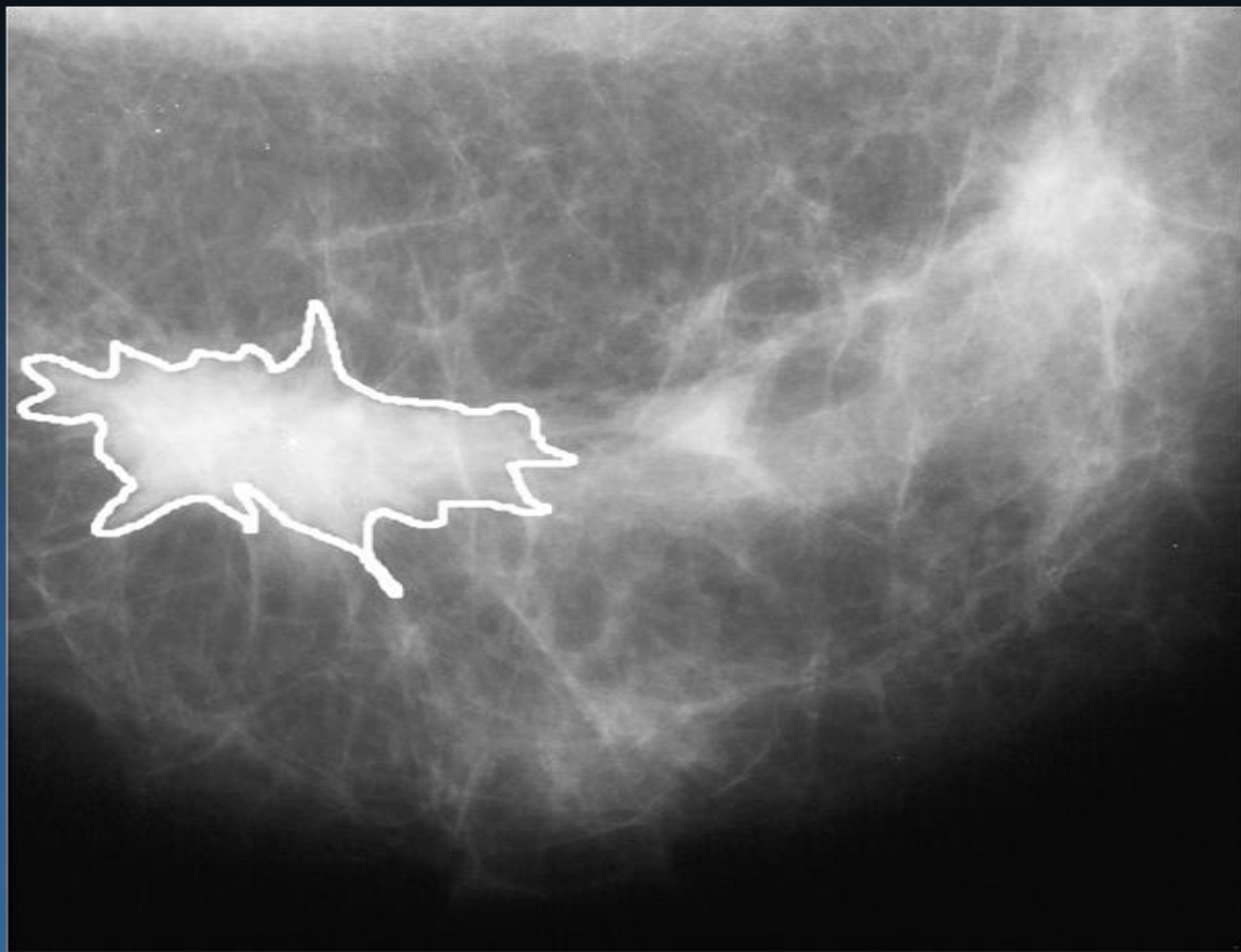
Χαρακτηριστικά (μεμονωμένα)	Ποσοστό επιτυχούς διάγνωσης (LSMD)
<u>Τύπος σχήματος</u>	<u>93,1%</u>
Σαφήνεια ορίων	86,1%
Ποσοστό λίπους	74,6%
Πυκνότητα μάζας	73,1%
Ομοιογένεια μάζας	73,1%
<u>Ηλικία ασθενούς</u>	<u>68,5%</u>
Αποπιτανώσεις? (Y/N)	60,8%

Διάγνωση (μάζα)	Τύπος Σχήματος (συνδυασμένος)	
	Round + Lobulated	Microlobulated + Stellate
Καλοήθης	<b>43</b> 88%	<b>3</b> 4%
Κακοήθης	<b>6</b> 12%	<b>78</b> 96%

class boundary: 2,226 (1...4)  
errors = 9 (6,923%)

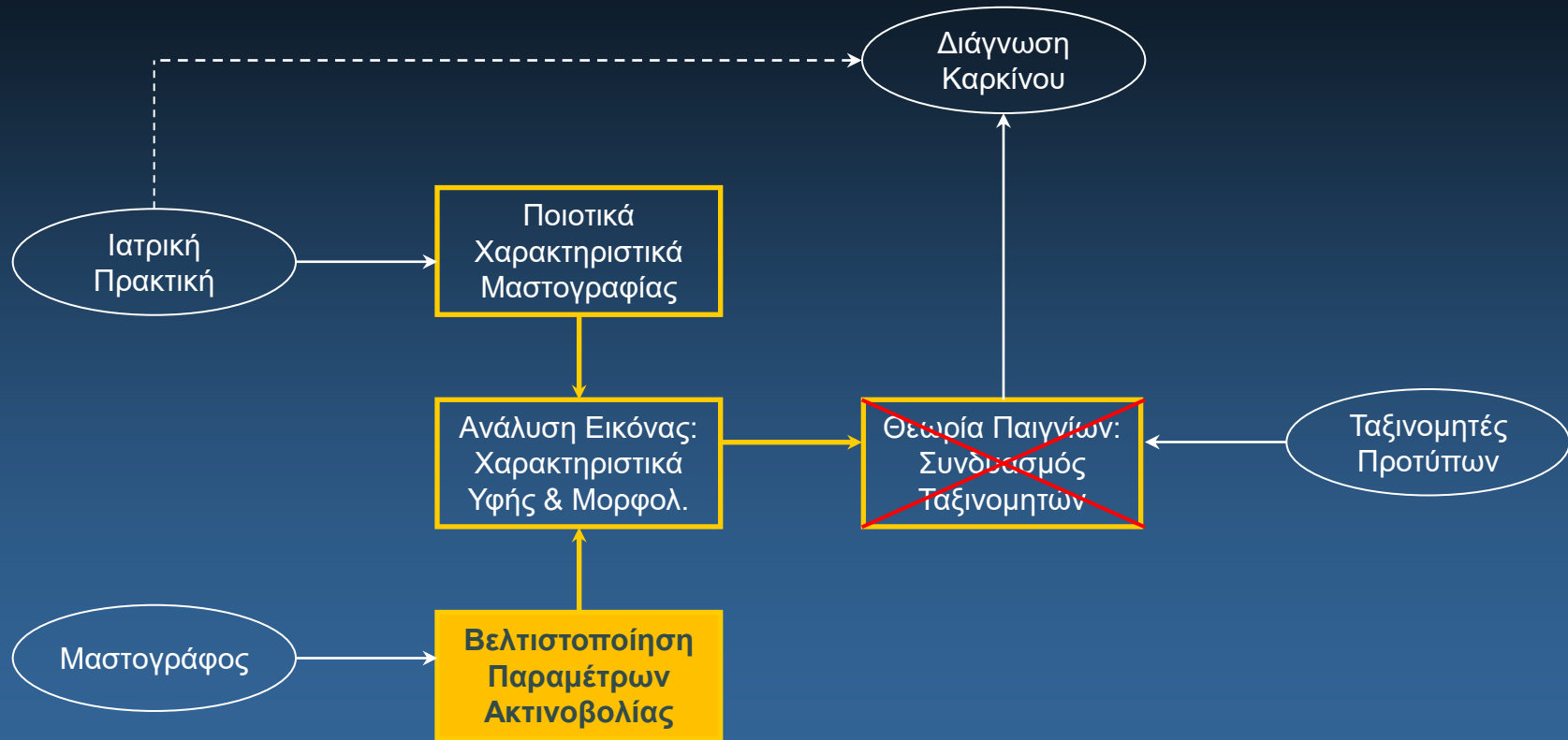


Ταξινόμηση: Πρόβλεψη παθολογίας μάζας		
Μοντέλο Ταξινομητή	Ποσοστό επιτυχίας (%) χωρίς πληροφ. «τύπος σχήματος»	Ποσοστό επιτυχίας (%) με πληροφ. «τύπος σχήματος»
LDA	87,69%	93,85%
k-NN	91,54%	93,08%
LSMD	89,23%	93,08%
MLP	91,54%	91,54%
RBF	90,77%	91,54%
C-SVM/RBF	<b>93,85%</b>	<b>94,62%</b>



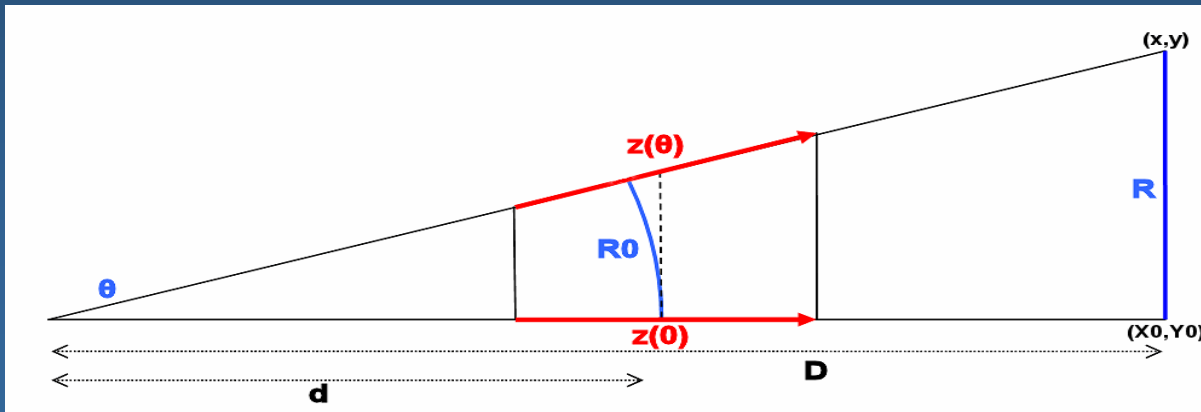
Βασικό ερώτημα:

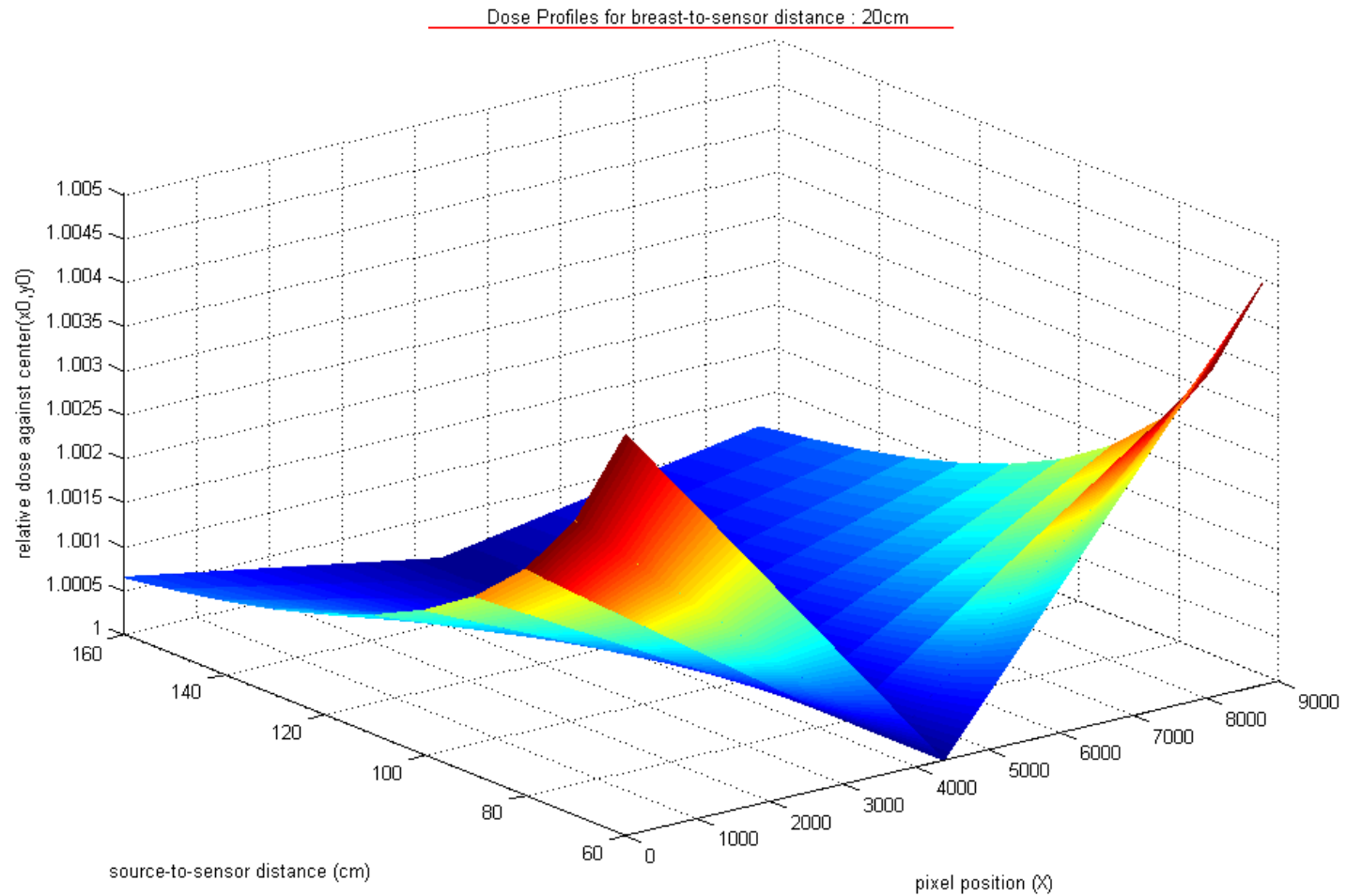
Πως «μεταφράζουμε» αυτό  
το περίγραμμα σε δεδομένα  
εκπαίδευσης μοντέλων  
Μηχανικής Μάθησης ?



## Παραμορφώσεις εικόνας στο επίπεδο καταγραφής (pixels):

1. Ατέλειες υλικού (ασυμμετρίες ανιχνευτών, παραμορφώσεις, ...)
2. Σύνθετος θόρυβος (συστήματος + τυχαίος/θερμικός)
3. Σχετική μετακίνηση αντικειμένου ως προς τους ανιχνευτές
4. Θόρυβος "Salt & Pepper" (bad pixels) → Προσοχή, ίσως πρόκειται για MC
5. Μη-γραμμικό προφίλ ισχύος στο επίπεδο καταγραφής
6. Μη-γραμμικό προφίλ απορρόφησης ακτινοβολίας (μαστός)
7. Γεωμετρικές παραμορφώσεις (pinhole X-ray model)





## Καταγραφή & διόρθωση εικόνας (image restoration)

raw image  
acquisition

noise  
reduction

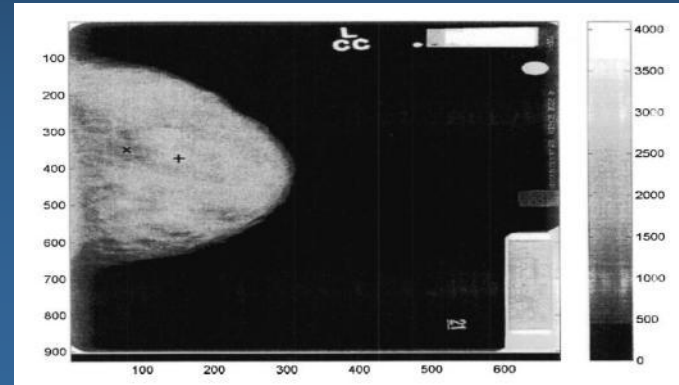
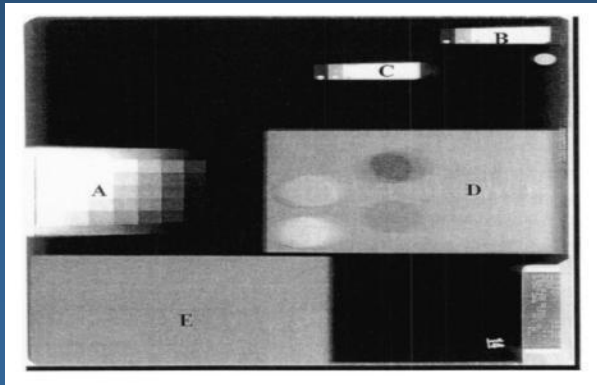
move/PSF  
correction

feature  
extraction

sensor-field  
correction

spot/pixel  
correction

gain/pixel  
correction





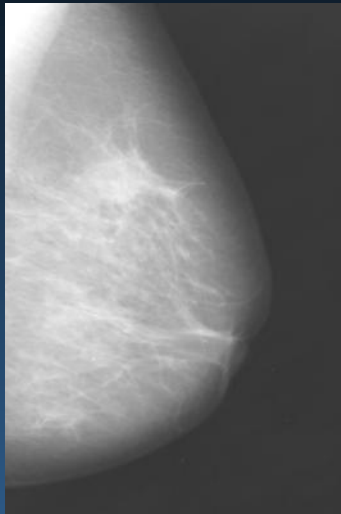
## Στόχοι μελέτης (II)

1. Μοντελοποίηση και προσομοίωση της διαδικασίας ακτινοβόλησης & καταγραφής στη μαστογραφική εικόνα
2. Πειραματική μελέτη στατιστικών υφής (texture) ως προς τα επίπεδα ακτινοβολίας (kVp, mA, sec) και τους τύπους του μαστικού ιστού
3. Επιλογή των «καταλληλότερων» ως δεδομένα εισόδου σε σύστημα αυτόματου ελέγχου ακτινοβολίας (content-based AERC)

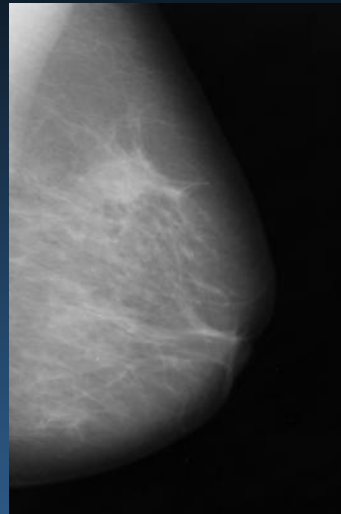
## Αποτελέσματα διαδικασίας (II)

- Λίστα με τα αποδοτικότερα χαρακτηριστικά υφής (1<sup>st</sup> order statistics)

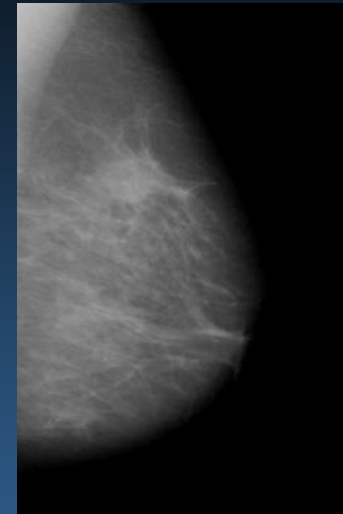
## Μοντέλο προσομοίωσης ακτινοβολίας (μαστογραφία)



25 kVp / 75 mAs  
(προσομοίωση)



27 kVp / 125 mAs  
(πραγματική)

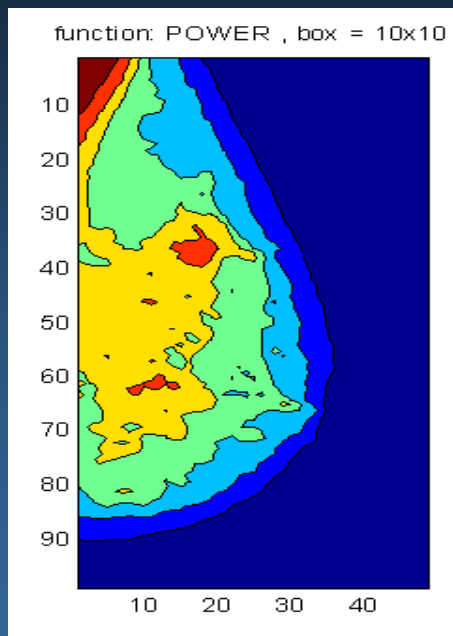


29 kVp / 200 mAs  
(προσομοίωση)

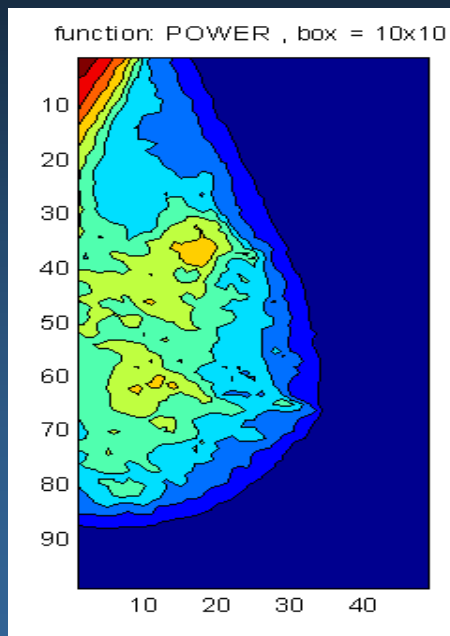
- Χρήση αρχικής εικόνας-βάσης με «σωστή» ρύθμιση παραμέτρων
- Προσομοίωση διαδικασίας ακτινοβολήσης σε 4 επιμέρους στάδια
- Μοντελοποίηση ψηφιακής καταγραφής (digital sensors)
- Τελική εικόνα προσομοιάζει το αντίστοιχο αποτέλεσμα σε διαφορετικό επίπεδο ακτινοβολήσης, δηλαδή διαφορετικές τιμές kVp/mAs

## Αναπαράσταση αρχικής εικόνας βάσει στατιστικών υφής

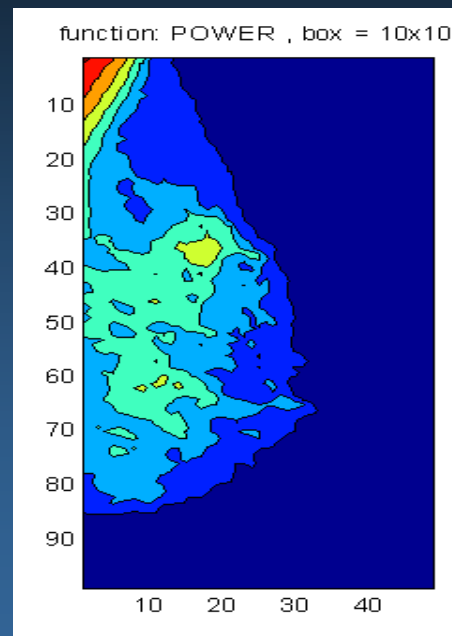
Συνάρτηση: F07 (POWER) / boxsize: 10 ( $\Rightarrow$  «καλή» συμπεριφορά)



25 kVp / 75 mAs



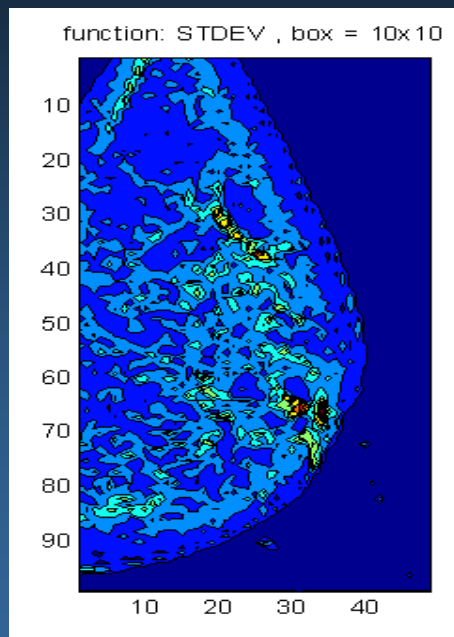
27 kVp / 125 mAs



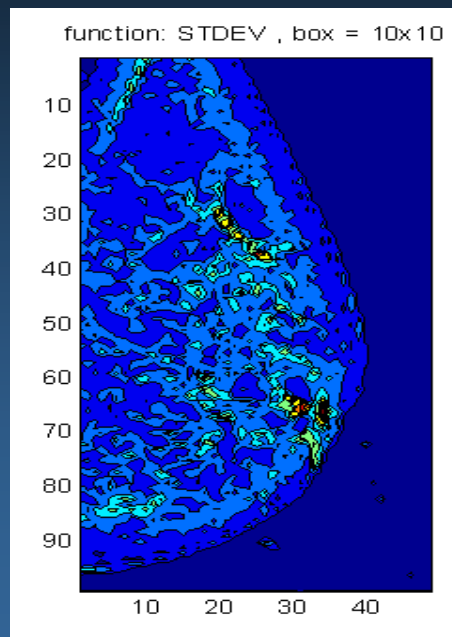
29 kVp / 200 mAs

## Αναπαράσταση αρχικής εικόνας βάσει στατιστικών υφής

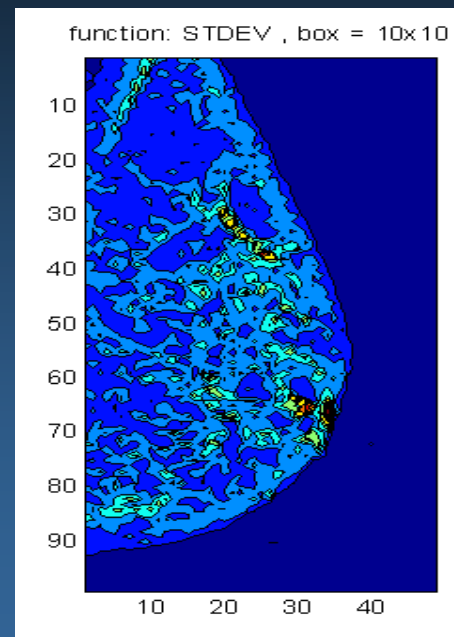
Συνάρτηση: F04 (STDEV) / boxsize: 10 ( $\Rightarrow$  «κακή» συμπεριφορά)



25 kVp / 75 mAs



27 kVp / 125 mAs

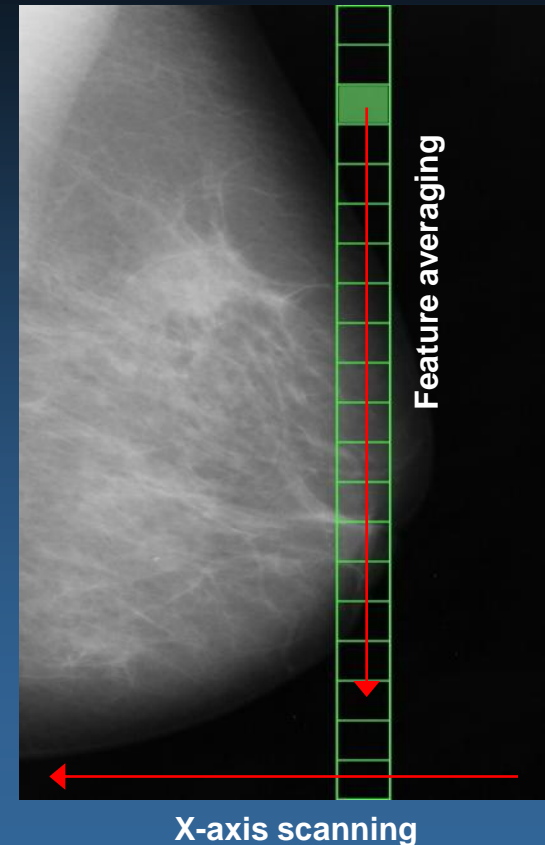
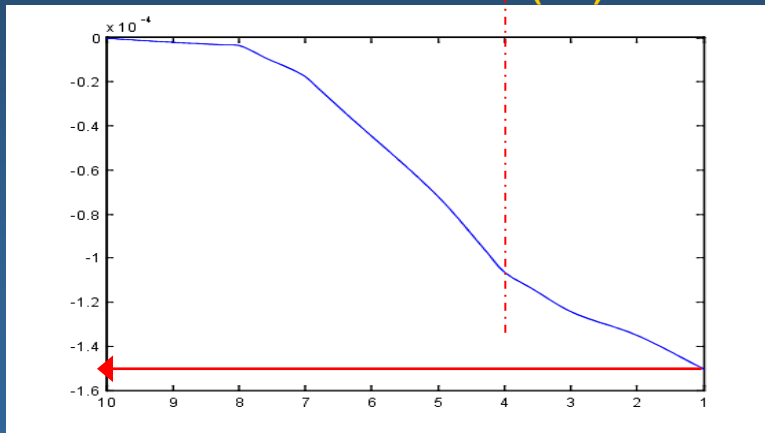


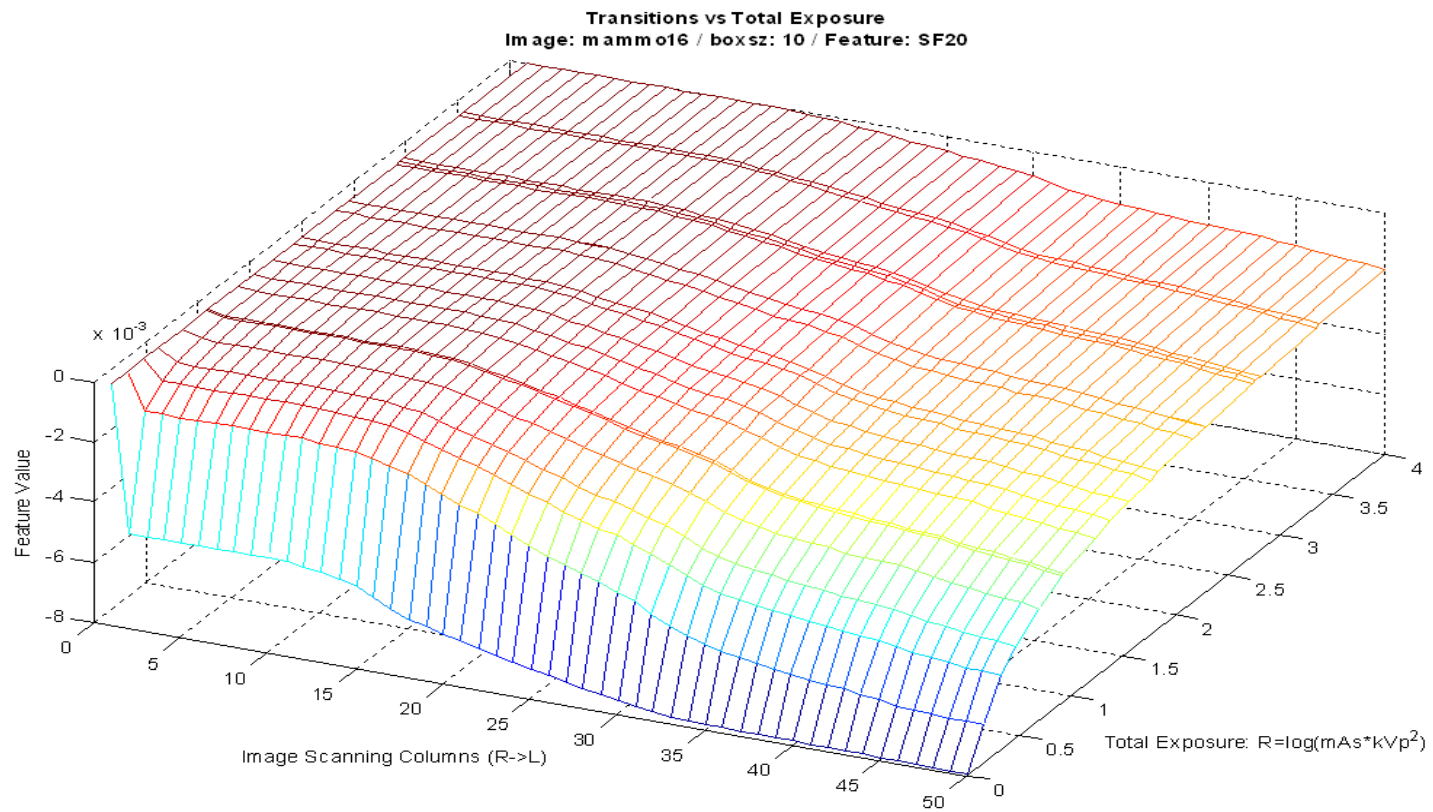
29 kVp / 200 mAs

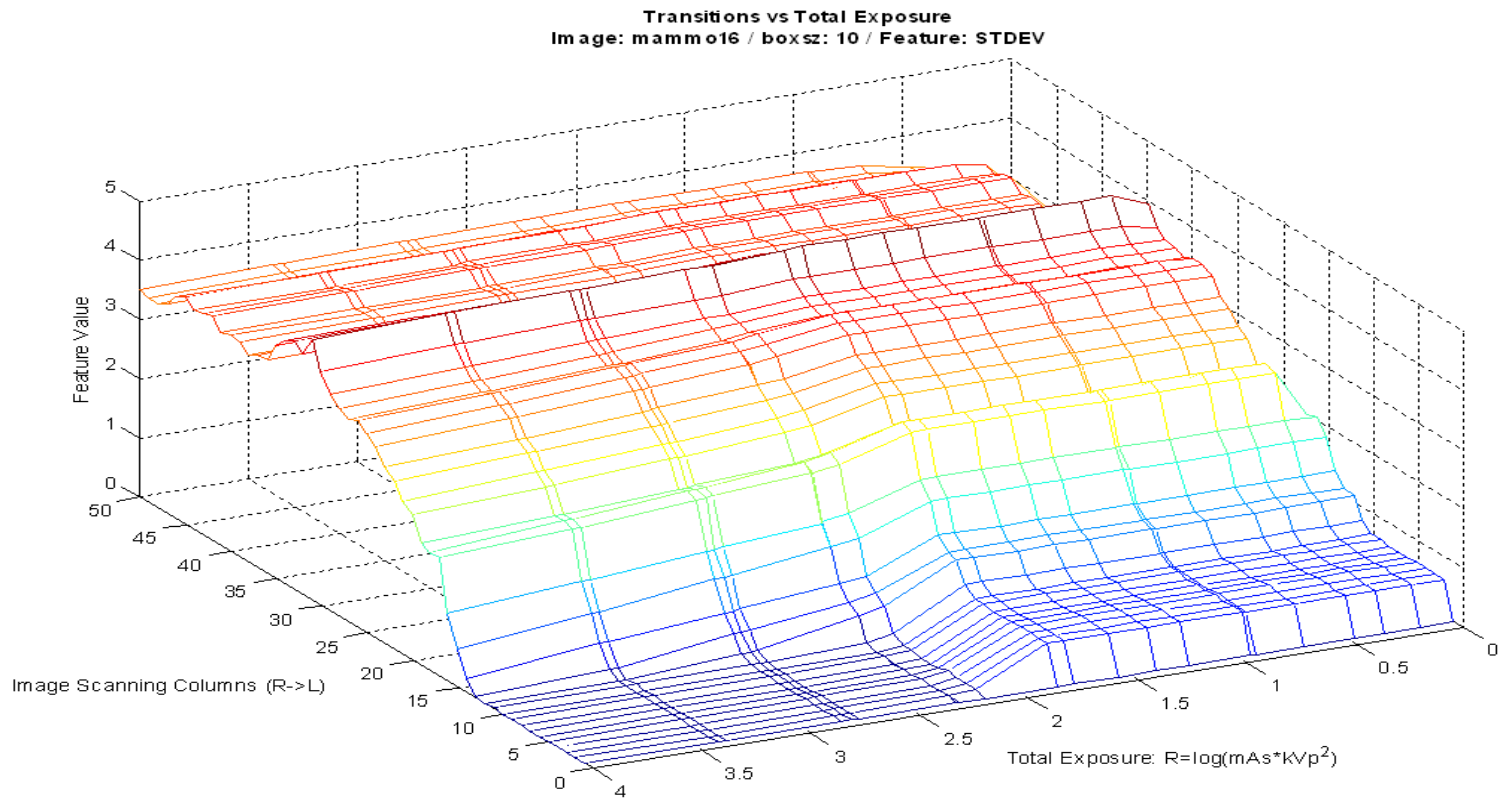
## Μοντέλο σάρωσης-εκτίμησης στατιστικών υφής

1. Υπολογισμός συνάρτησης υφής σε υποπεριοχή
2. Άθροιση τιμών κατά στήλη ( $\Rightarrow$  μονοδιάστατο σήμα)
3. Υπολογισμός και αποθήκευση μέσης τιμής
4. Τελικό αποτέλεσμα: μονοδιάστατο σήμα (1-D curve)

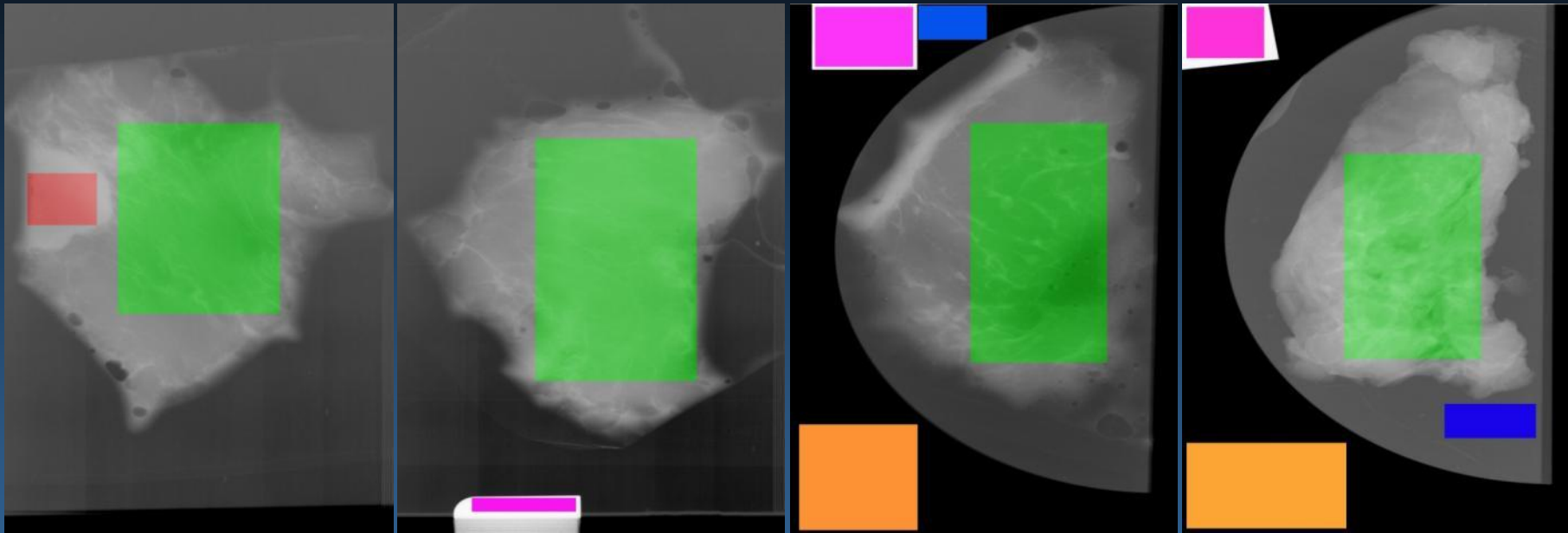
Feature value transition (1-D)







## Επικύρωση μοντέλων και επιλεγμένων συναρτήσεων υφής



U01

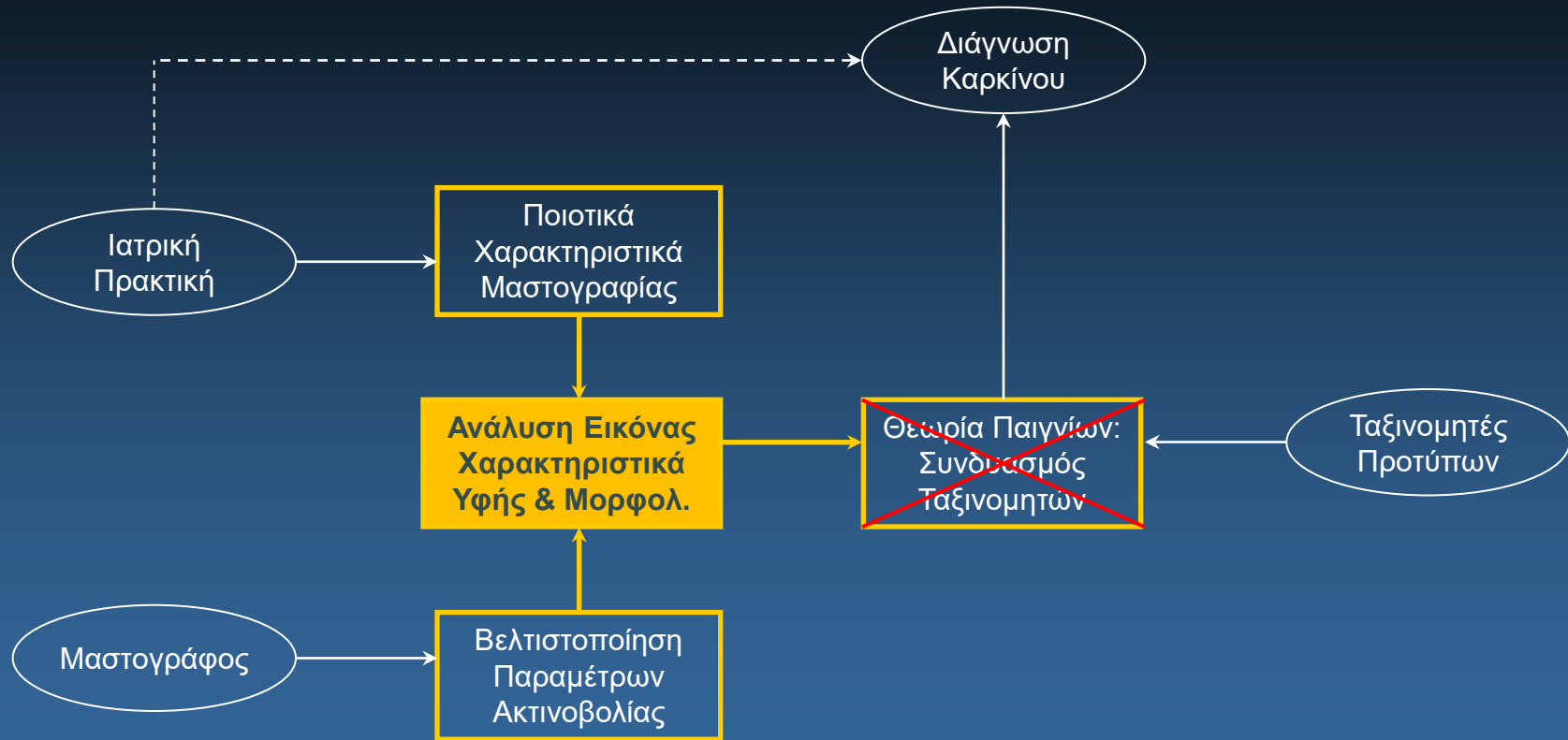
U02

U03.02

U04.03

- Χρησιμοποίηση νέας βάσης εικόνων (breast tissue samples)
- Έλεγχος συναρτήσεων υφής σε διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος
- Επικύρωση αποτελεσμάτων ως προς: breast tissue, pre-processing (gamma correction)





## Στόχοι μελέτης (III/α) – Ανάλυση Υφής Μάζας

1. Διερεύνηση συναρτήσεων υφής (περιεχόμενο) και των παραμέτρων τους (κλίμακα, δειγματοληψία, κτλ) σε σχέση με τη διαγνωστική τους ικανότητα
2. Διερεύνηση των δεδομένων υφής μέσω τεχνικών στατιστικής ανάλυσης
3. Εφαρμογή διαφόρων τύπων γραμμικών και μη γραμμικών ταξινομητών (classifiers) και αξιολόγησή τους ως input σε συστήματα CAD/ACD

## Στόχοι μελέτης (III/β) – Ανάλυση Μορφολογίας Μάζας

1. Διερεύνηση συναρτήσεων μορφολογίας (σχήμα) και των παραμέτρων τους (κλίμακα, δειγματοληψία, κτλ) σε σχέση με τη διαγνωστική τους ικανότητα
2. Διερεύνηση των δεδομένων μορφολογίας μέσω τεχνικών στατιστικής ανάλυσης
3. Εφαρμογή διαφόρων τύπων γραμμικών και μη γραμμικών ταξινομητών (classifiers) και αξιολόγησή τους ως input σε συστήματα CAD/ACD



## Επιλεγμένα Χαρακτηριστικά Υφής Μάζας (MANOVA top-10)

20-pixel box size (1,270 mm)

FeatureID	Description
<u>86</u>	SDGM contrast, mean, $d=3$
<u>4</u>	Graylevel mean value
<u>9</u>	SDGM, angular 2nd moment, range, $d=1$
<u>80</u>	RLM non-uniformity, mean, $d=2$
82	RLM percentage, mean, $d=2$
<u>50</u>	SDGM correlation, mean, $d=2$
92	SDGM invar.diff.moment, mean, $d=3$
74	RLM short run emphasis, mean, $d=2$
<u>73</u>	SDGM max.correl.coeff, range, $d=2$
<u>120</u>	RLM percentage, mean, $d=3$

50-pixel box size (3,175 mm)

FeatureID	Description
<u>80</u>	RLM non-uniformity, mean, $d=2$
<u>20</u>	SDGM sum of variances, mean, $d=1$
<u>3</u>	Graylevel max value
<u>90</u>	SDGM sum sqr. variance, mean, $d=3$
<u>81</u>	RLM non-uniformity, range, $d=2$
6	Graylevel histogram skewness
15	SDGM sum sqr. variance, range, $d=1$
36	RLM short run emphasis, mean, $d=1$
<u>63</u>	SDGM entropy, range, $d=2$
<u>72</u>	SDGM max.correl.coeff, mean, $d=2$

Dataset Configuration	20-pixel box size		50-pixel box size	
	LDA classifier	LSMD classifier	LDA classifier	LSMD classifier
distances: {1} 1st order stats: NO	51,1%	55,1%	62,3%	62,3%
distances: {1,2,3} 1st order stats: NO	60,8%	60,8%	66,8%	66,8%
distances: {1,2,3} 1st order stats: YES	62,6%	62,6%	69,0%	69,0%

optimize dataset configuration via fast ML models

Classifier	20-pixel box dataset	50-pixel box dataset
LDA	62,6%	69,0%
LSMD	62,6%	69,0%
<i>k</i> -nn	80,3%	83,6%
NN/RBF	71,3%	72,8%
NN/MLP	74,4%	78,2%
C-SVM/RBF	<b>80,4%</b>	<b>83,9%</b>

train best ML models for top performance

## Αξιολόγηση αποτελεσμάτων (III/a) ως προς:

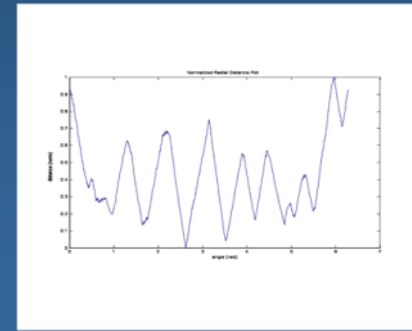
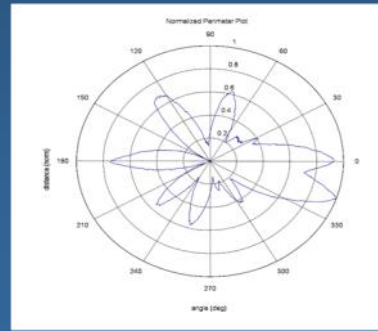
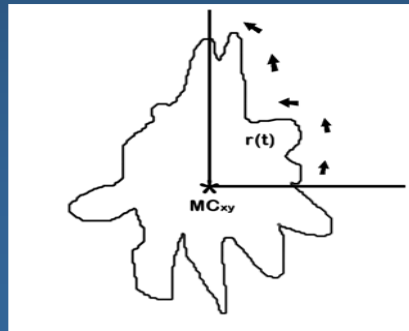
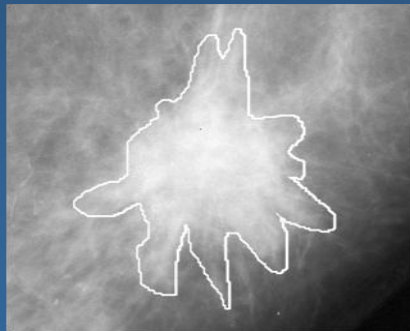
1. μέγεθος παραθύρου δειγματοληψίας (box size)
2. κλίμακα επεξεργασίας σε επίπεδο pixels ( $d=1,2,3$ )
3. επιλογή βέλτιστων συναρτήσεων υφής
4. απόδοση διαφόρων πρότυπων ταξινομητών

## Βασικά Συμπεράσματα (III/a):

- Η επιλογή βέλτιστων συναρτήσεων υφής εξαρτάται από το μέγεθος του παραθύρου δειγματοληψίας και την κλίμακα επεξεργασίας pixels
- Μεγαλύτερο παράθυρο δειγματοληψίας σημαίνει αποτύπωση δομών σε μεγαλύτερη φυσική κλίμακα, δίνοντας γενικά καλύτερα αποτελέσματα
- Η μείωση της αρχικής διάστασης (120) σε top-20 ή top-10 μέσω MANOVA δεν επηρεάζει σημαντικά το dataset FD (περιγραφική ικανότητα)
- Αξιόλογα αποτελέσματα ταξινόμησης παθολογίας (texture-only)

## Ανάλυση Μορφολογίας Μάζας ως προς την Παθολογία

- Ανάκτηση 1-διάστατου σήματος από παρυφή (περίγραμμα μάζας)
  - Σειριακή αποτύπωση παρυφής (παραμετρική, σταθερού βήματος)
  - Καταγραφή ακτινικών αποστάσεων
- Υπολογισμός στατιστικών χαρακτηριστικών καμπύλης
- Φασματική ανάλυση σήματος (Fourier, wavelets)
- Ανάλυση μορφοκλασματικής (fractal) διάστασης δεδομένων
- Παραγωγή τελικού συνόλου δεδομένων



## Dataset fractal analysis

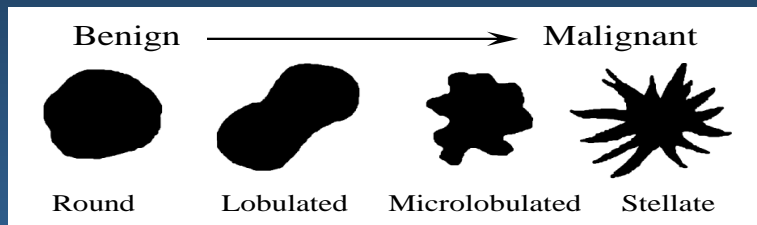
$D_2$ value	complete set	MANOVA top-20
Qualitative properties set	3,18	—
Morphological features set	4,11	2,71

- Αρχικό σύνολο μορφολογικών χαρακτηριστικών (217) περιλαμβάνει στατιστικά από το αρχικό σήμα (radial distance) και φασματικούς μετασχηματισμούς του (DFT, DWT)
- DWT: 4-level, 5 kernels (haar, sym2, coiflet1, biorth1.5, dmey)
- Κάθε 1-D σήμα (αναπαράσταση) της παρυφής της μάζας κωδικοποιείται μέσω 7 συναρτήσεων-μετρικών μορφολογίας της καμπύλης (mean, stdev, circularity, area ratio, entropy, zc-count, roughness index)



## Ταξινόμηση ως προς τον **τύπο σχήματος**

Classifier model	Success rate (%)
LDA	66,90%
<i>k</i> -nn	67,70%
LSMD	<b>72,30%</b>
NN/MLP	<b>72,30%</b>
NN/RBF	67,70%



### Σημαντικότερες μετρικές (συνολικά):

- ✓ zc-count (μόνο για τύπο σχήματος)
- ✓ roughness index (μόνο για παθολογία)
- ✓ mean value (και για τα δύο)
- ✓ area ratio (και για τα δύο)

Από ποιοτικά χαρακτηριστικά  
(περιγραφή ακτινολόγου):

C-SVM/RBF:

93,85% (no shape type)

94,62% (with shape type)



## Ταξινόμηση ως προς την **παθολογία**

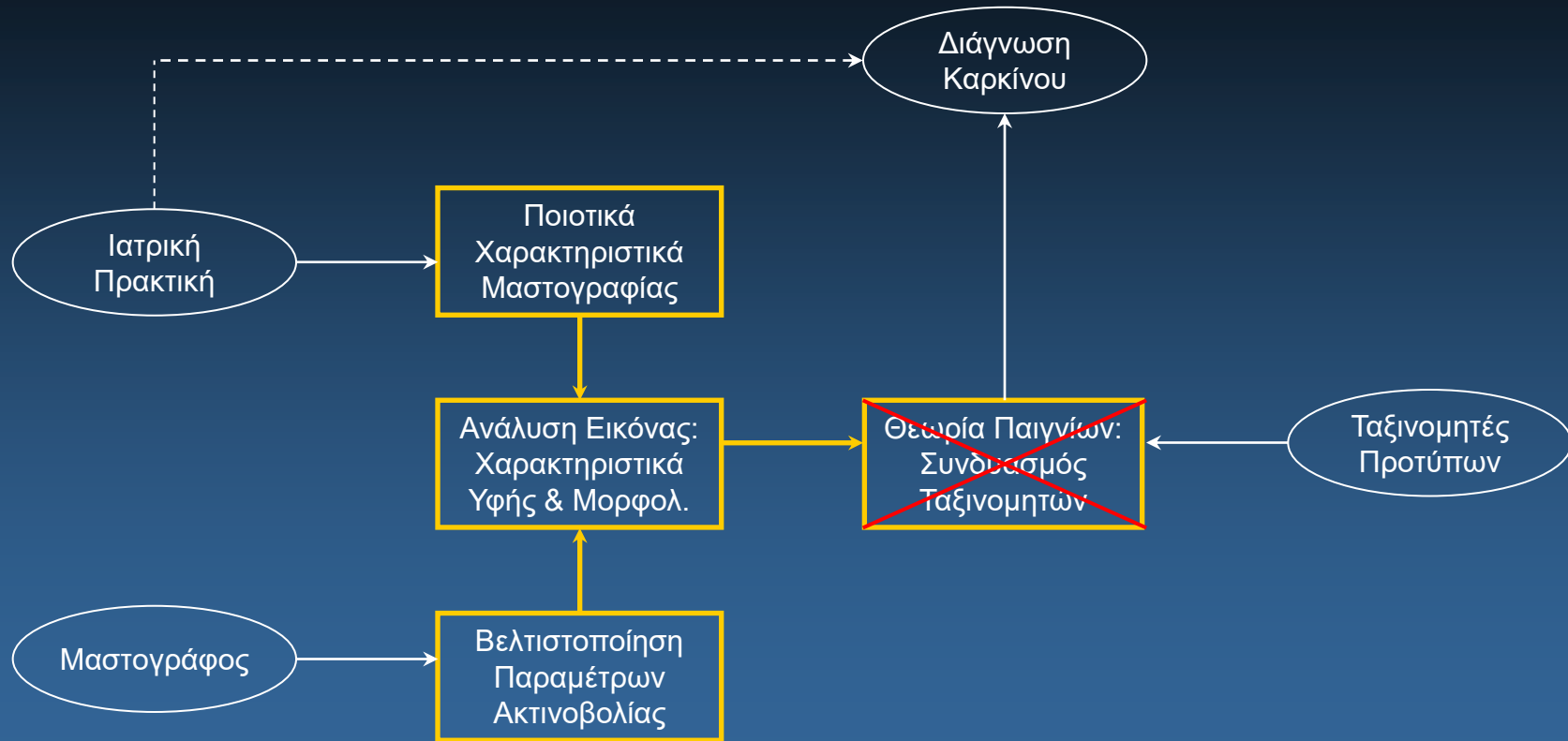
Classifier model	Success rate (%)
LDA	89,23%
<i>k</i> -nn	85,38%
LSMD	88,46%
NN/MLP	89,23%
NN/RBF	83,85%
<b>C-SVM/RBF</b>	<b>91,54%</b>

## Αξιολόγηση αποτελεσμάτων (III/β) ως προς:

1. αναπαράστασης παρυφής σε διαφορετικά πεδία (radial, DFT, DWT)
2. επίπεδα ανάλυσης στο πεδίο DWT (1-4)
3. επιλογή βέλτιστων συναρτήσεων μορφολογίας (7)
4. απόδοση διαφόρων πρότυπων ταξινομητών

## Βασικά Συμπεράσματα (III/β):

- Ο τύπος σχήματος (1-4) της μάζας επιβεβαιώνεται ως πολύ σημαντικός
- DFT: μείωση του resolution σε 128 είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση (-22%...-26%) των ποσοστών επιτυχίας (περιγραφικής ικανότητας)
- Η μείωση της αρχικής διάστασης (217) σε top-20 μέσω MANOVA επηρεάζει σημαντικά το dataset FD, αλλά όχι απαραίτητα και την περιγραφική ικανότητα του τελικού συνόλου δεδομένων (βλ. ταξινόμηση)
- Αξιόλογα αποτελέσματα ταξινόμησης παθολογίας (shape-only)



## Σύνοψη:

- Ιατρικά απεικονιστικά συστήματα, διάγνωση μέσω Η/Υ, καρκίνος του μαστού, μαστογραφία
- Ποιοτικά χαρακτηριστικά μαστογραφικής εικόνας, τεχνικά θέματα διασφάλισης ποιότητας εικόνας
- Βελτιστοποίηση πρωτογενών δεδομένων: εκτίμηση παραμέτρων ακτινοβολίας και έλεγχος παραμέτρων έκθεσης
- Χαρακτηρισμός νεοπλασιών στη μαστογραφία: ανάλυση υφής και σχήματος εντοπισμένων μαζών

```

MOVE 1 TO DATA-C(N-T).
ADD 1 TO N-CHANGED.
GO TO LOOP-SCAN.
SELECT-CLZ.
ADD DATA-X(N-T) TO SUMZ-X.
ADD DATA-Y(N-T) TO SUMZ-Y.
ADD 1 TO N-CLZ.
IF DATA-C(N-T) EQUAL 2 GO TO LOOP-SCAN.
MOVE 2 TO DATA-C(N-T).
ADD 1 TO N-CHANGED.

```

```

LOOP-SCAN
AD
GO
www STE
END-SC
CO
CO
CO
CO
91 id : Integer := 0; -- target ID (counter)
92 det : Integer := 0; -- detection slots in sequence
93 pwr : Integer := 0; -- rel. power of detection
94 pwr0 : Integer := detlimit; -- rel. power baseline (adapt
95 disp : Boolean := False; -- target reporting (flag)
96
97 begin
98 -- process the FOV slots --
99 for p in 1..(seekerData'Length)-1 loop
100 -- rel. power is current detection 'step'
101 pwr := abs(seekerData(p+1)-seekerData(p));
102 if pwr >= detlimit then
103 -- detection valid, continue analysis
104 if pwr > pwr0+detlimit then
105 -- strong new 'step' from baseline (new target)
106 pwr0 := pwr;
107 det := det + 1;
108 disp := True;
109 end if;
110
111 det := 0;
112 -- check
113 if (det = 0) then
114 id := id + 1;
115 -- ad
116 disp := True;
117 pwr0 := detlimit;
118 end if;

```



**Ada**  
In Strong Typing We Trust

apnea coding



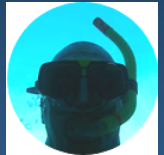
**how it works:  
IR spin-scan missile seeker**

- Minimum Distance Classifier (MDC) in **Ada**
- Kmeans clustering in **COBOL**
- Bi-directional Associative Memory (BAM) in **Arduino/C**
- Linear Regression in **SQL, Matlab**
- k-nearest-neighbor Classifier in **SQL**
- ...

YouTube:

**@ApneaCoding**

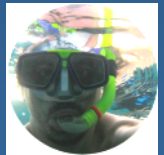
<https://www.youtube.com/@apneacoding>



Github:

**@xgeorgio**

<https://github.com/xgeorgio>



## Σχετικές δημοσιεύσεις εργασιών σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια (1/3)

G. Li, J. Verheij, P.F. van der Stelt, R. Speller, J. Griffiths, M. Metaxas, G. Royle, F. Psomadellis, R. Turchetta, A. Fant, S. Theodoridis, H. Georgiou, G. Hall, J. Ostby, H. Schulerud, F. Triantis, N. Manthos, R. Longo, C. Venanzi, *Subjective image quality of lateral cephalometric radiographs with and without applying a predicting model*, Chinese Journal of Dental Research, Vol.11, N.2, pp. 96-100, 2008.

J.A. Griffiths, C. Venanzi, R.D. Speller, G.J. Royle, M.G. Metaxas, C. Esbrand, P.F. van der Stelt, G. Li, H. Verheij, R. Turchetta, A. Fant, P. Gasiorek, S. Theodoridis, H. Georgiou, D. Cavouras, G. Hall, M. Noy, J. Jones, J. Leaver, D. Machin, S. Greenwood, M. Khaleeq, J. Ostby, H. Schulerud, F. Triantis, A. Asimidis, D. Bolanakis, N. Manthos, R. Longo, A. Bergamaschi, *Design and characterization of the I-ImaS multi-element x-ray detector system*, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 55, issue 3, pp. 827-832 (doi:10.1109/TNS.2008.2000477).

J.A. Griffiths, M.G. Metaxas, S. Pani, H. Schulerud, C. Esbrand, G.J. Royle, B. Price, T. Rokvic, R. Longo, A. Asimidis, E. Bletsas, D. Cavouras, A. Fant, P. Gasiorek, H. Georgiou, G. Hall, J. Jones, J. Leaver, G. Li, D. Machin, N. Manthos, J. Matheson, M. Noy, J.M. Ostby, F. Psomadellis, P.F. van der Stelt, S. Theodoridis, F. Triantis, R. Turchetta, C. Venanzi, R.D. Speller, *Preliminary images from an adaptive imaging system*, Physica Medica, Volume 24, Issue 2, June 2008, Pages 117-121 (doi:10.1016/j.ejmp.2008.01.003).

H. Georgiou, M. Mavroforakis, N. Dimitropoulos, D. Cavouras, S. Theodoridis, *Multi-scaled Morphological Features for the Characterization of Mammographic Masses Using Statistical Classification Schemes*, Artificial Intelligence in Medicine, 41 (1) (2007) pp.39-55 (doi:10.1016/j.artmed.2007.06.004).

M. Mavroforakis, H. Georgiou, N. Dimitropoulos, D. Cavouras, S. Theodoridis, *Mammographic Masses Characterization, based on Localized Texture and Dataset Fractal Analysis, Using Linear, Neural and SVM Classifiers*, Artificial Intelligence in Medicine, Vol 37 (2) (2006) 145-162. (doi:10.1016/j.artmed.2006.03.002).

M. Mavroforakis, H. Georgiou, N. Dimitropoulos, D. Cavouras, S. Theodoridis, *Significance Analysis of Qualitative Mammographic Features Using Linear Classifiers, Neural Networks and Support Vector Machines*, European Journal of Radiology, 54 (2005) 80-89. (doi:10.1016/j.ejrad.2004.12.015).

## Σχετικές δημοσιεύσεις εργασιών σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια (2/3)

R. Longo, M. Metaxas, C. Esbrand, S. Pani, H. Schulerud, T. Rokvic, A. Asimidis, E. Bletsas, D. Cavouras, A. Fant, P. Gasiorek, H. Georgiou, J. Griffiths, G. Hall, J. Jones, J. Leaver, G. Li, D. Machin, N. Manthos, M. Noy, J.M. Ostby, F. Psomadellis, G. Royle, R. Speller, P.F. van der Stelt, S. Theodoridis, F. Triantis, R. Turchetta, C. Venanzi,  
*Preliminary images from an adaptive imaging system*, Xth European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) Congress, First European Conference on Medical Physics, 20-22 September 2007 @ Pisa, Italy.

Harris Georgiou, Michael Mavroforakis, Sergios Theodoridis,  
*A Game-Theoretic Approach to Weighted Majority Voting for Combining SVM Classifiers*,  
 Int. Conf. on ANN (ICANN), 10-13 September 2006 @ Athens, Greece. Ref: S.Kollias et al. (Eds): ICANN 2006, Part I, LNCS 4131, pp. 284-292, 2006.

H. V. Georgiou, M. E. Mavroforakis, D. Cavouras, N. Dimitropoulos, S. Theodoridis,  
*Multi-scaled Mammographic Mass Shape Analysis and Classification Using Neural Networks*,  
 14th International Conference on Digital Signal Processing (DSP-2002). Topics: Biomedical Signal and Image Processing. July 1-3, 2002 @ Santorini.

H. Schulerud, J. Thielemann, T. Kirkhus, K. Kaspersen, J. Ostby, M. Metaxas, G. Royle, J. Griffiths, E. Cook, C. Esbrand, S. Pani, C. Venanzi, P. van der Stelt, G. Li, R. Turchetta, S. Theodoridis, H. Georgiou, G. Hall, M. Noy, J. Jones, F. Triantis, A. Asimidis, N. Manthos, F. Triantis, R. Longo, A. Bergamaschi, R. Speller,  
*Adaptive Image Content-based Exposure Control for Scanning Applications in Radiography*,  
 Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS), August 28-31 2007 @ Delft University, Delft, the Netherlands.

R. Longo, D. Cavouras, C. Esbrand, I. Evangelou, A. Fant, P. Gasiorek, H. Georgiou, G. Hall, J. Jones, J. Leaver, J. Griffiths, D. Machin, N. Manthos, M. Metaxas, M. Noy, J.M. Ostby, F. Psomadellis, T. Rokvic, G. Royle, H. Schulerud, R. Speller, P.F. van der Stelt, S. Theodoridis, F. Triantis, R. Turchetta, C. Venanzi,  
*A Scanning System For Intelligent Imaging: I-ImaS*,  
 SPIE Medical Imaging Conference, 17-22 February 2007 @ San Diego, California, USA.

J.A. Griffiths, R.D. Speller, G.J. Royle, M.G. Metaxas, P.F. van der Stelt, G. Li, F. Psomadellis, K. Giannakakis, D. Zachariadis, R. Turchetta, A. Fant, P. Gasiorek, S. Theodoridis, H. Georgiou, D. Cavouras, T. Giannakopoulos, G. Hall, M. Noy, J. Jones, J. Leaver, D. Machin, J. Ostby, H. Schulerud, F. Triantis, A. Asimidis, D. Bolanakis, N. Manthos, R. Longo, C. Venanzi,  
*Preliminary results from the I-ImaS project*, Proceedings of UK Radiological Congress, BJR Congress Series, 2006.

## Σχετικές δημοσιεύσεις εργασιών σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια (3/3)

R. Longo, C. Venanzi, A. Bergamaschi, H. Georgiou, S. Theodoridis, H. Schulerud, J. Ostby, R.D. Speller, G.J. Royle, J.A. Griffiths, M.G. Metaxas, P.F. van der Stelt, G. Li, F. Psomadellis, R. Turchetta, A. Fant, G. Hall, M. Noy, J. Jones, J. Leaver, D. Machin, F. Triantis, A. Asimidis, D. Bolankis, *Intelligent Imaging Sensors: System development and preliminary results*, International Workshop on Digital Mammography 2006 (IWDM2006) 18-21 June 2006 @ University of Manchester, UK.

J. Jones, M. Noy, G. Hall, G. Iles, J. Leaver, D. Machin, B. Avset, A. Bergamaschi, D. Cavouras, I. Evangelou, A. Fant, M. J. French, A. Galbiati, P. Gasioerek, H. Georgiou, R. Longo, N. Manthos, M. G. Metaxas, J. M. Ostby, F. Psomadellis, G. J. Royle, H. Schulerud, R. D. Speller, P. F. van der Stelt, S. Theodoridis, F. Triantis, R. Turchetta, C. Venanzi, *I-IMAS: Intelligence Imaging Systems*, 2005 Communicating European Research (CER 2005), 14-15 Nov. 2005 @ Brussels, Belgium.

Galbiati, M.G. Metaxas, B.S. Avset, A. Bergamaschi, D. Cavouras, I. Evangelou, A. Fant, M.J. French, H. Georgiou, G. Hall, G. Iles, R. Longo, N. Manthos, J.M. Ostby, S. Pani, A. Peterzol, F. Psomadellis, G.J. Royle, H. Schulerud, R.D. Speller, P.F. van der Stelt, S. Theodoridis, F. Triantis, R. Turchetta, *The I-ImaS project: End-users driven specifications for the design of a novel digital medical imaging system*, IEEE Nuclear Sciences Symposium & Medical Imaging Conference (MIC 2004), Vol. 5, pp.2742-2746, Oct. 2004 @ Rome, Italy.

M. E. Mavroforakis, H. V. Georgiou, D. Cavouras, N. Dimitropoulos, S. Theodoridis, *Mammographic Mass Classification Using Textural Features and Descriptive Diagnostic Data*, 14th International Conference on Digital Signal Processing (DSP-2002). Topics: Biomedical Signal and Image Processing. July 1-3, 2002 @ Santorini.

H. Georgiou, D. Cavouras, N. Dimitropoulos, S. Theodoridis, *Mammographic Mass Shape Characterization using Neural Networks*, 2nd European Symposium in Biomedical Engineering and Medical Physics" (2nd ES-BME 2001), 6-8 Oct 2001, BME-13 @ Patras, Greece.

Χ. Γεωργίου, Δ. Κάβουρας, Ν. Δημητρόπουλος, Σ. Θεοδωρίδης, *Χαρακτηρισμός Νεοπλασμάτων στη Μαστογραφία από το Σχήμα της Παρυφής με Χρήση Νευρωνικών Δικτύων*, 12ο Πανελλήνιο Ακτινολογικό Συνέδριο, 18-22 Οκτ 2001 @ Αθήνα.



# Ερωτήσεις



**Χάρης Γεωργίου (MSc,PhD)**

<https://www.linkedin.com/in/xgeorgio/>

[https://twitter.com/xgeorgio\\_gr](https://twitter.com/xgeorgio_gr)