



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάκληση ιατρικών εικόνων βάσει παραδείγματος**

**Σταματούλα Κ. Καραπετάκου**

**Επιβλέπων καθηγητής: Ιακωβίδης Δημήτριος**

**ΛΑΜΙΑ**  
**ΜΑΡΤΙΟΣ 2014**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Ανάκληση ιατρικών εικόνων βάσει παραδείγματος

**Σταματούλα Κ. Καραπετάκου**

**A.M.: ΠΒ0101**

**Επιβλέπων καθηγητής: Ιακωβίδης Δημήτριος**

# Περίληψη

---

Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας και των νέων επιστημών καθιστά εύκολη τη σύλληψη και την μετάδοση της πολυμεσικής πληροφορίας οδηγώντας στον πολλαπλασιασμό του όγκου των παραγόμενων δεδομένων. Η δυνατότητα γρήγορης και αποτελεσματικής αναζήτησης μέσα σε αυτά τα δεδομένα καθορίζει εν τέλει και τη χρησιμότητα τους. Η ανάκληση εικόνας βάσει το περιεχόμενο (CBIR Content Based Image Retrieval) αποτελεί μια ενεργή περιοχή έρευνας. Σε αντίθεση με ότι μας είναι οικείο από τις μηχανές αναζήτησης εικόνων του διαδικτύου, η εύρεση της ομοιότητας μεταξύ δύο εικόνων δεν βασίζεται στο ταίριασμα των λέξεων κλειδιών που την περιβάλλουν. Στα συστήματα CBIR, η ομοιότητα των εικόνων κρίνεται στη βάση του οπτικού τους περιεχομένου (χρώμα, υφή, σχήμα). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων ανάκλησης ακολουθιών ιατρικών εικόνων βάσει του περιεχομένου τους. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκε λογισμικό σε περιβάλλον MATLAB. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης αλλά και σε πραγματικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά αναπαριστούν την πορεία της λοίμωξης ενός ασθενούς στην διάρκεια του χρόνου βάσει των πυκνώσεων που παρατηρούνται σε ακτινογραφίες θώρακος. Η αξιολόγηση των μεθόδων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση στατιστικών εργαλείων, τις καμπύλες του λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη ή ROC (Receiver Operating Characteristic) και την καμπύλη Ακρίβειας-Ανάκλησης (Precision–Recall, PR Curve).

# Abstract

---

The constant advance of technology and new scientific fields makes the conception and transmission of multimodal information easy leading to the increase of the produced data. The possibility of quick and effective search through these data defines their usefulness. Content Based Image Retrieval (CBIR) constitutes an active field of research. In contrast to what we are accustomed to regarding Internet image search engines, the discovery of similarities between two images is not based on key words describing it. In CBIR systems the resemblance between images is evaluated by their visual content (color, texture, shape). The purpose of this assignment is to study the methods of medical image sequence retrieval according to their content. For this reason, a software has been developed in MATLAB environment. Experiments have been conducted on simulation data as well as on real ones. These data represent the course of infection of a patient over time based on the consolidations that can be observed at chest x-rays. The assessment of these methods was done with the use of statistic tools, the curves of the Receiver Operating Characteristic or ROC and the curve of Precision-Recall (PR curve).

# Περιεχόμενα

---

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1	Εισαγωγή .....	9
1.2	Στόχοι .....	9
1.3	Επιστημονική συνεισφορά.....	9
1.4	Δομή Εργασίας.....	11
2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΛΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΒΑΣΕΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....	12
2.1	Ψηφιακή εικόνα και Πληροφορία .....	12
2.2	Ανάκληση Πληροφοριών.....	12
2.3	Ανάκληση Εικόνων βάσει κειμένου .....	13
2.4	Ανάκληση Εικόνων βάσει περιεχομένου .....	13
2.5	Βάση Δεδομένων Εικόνων.....	15
2.6	Εξαγωγή Οπτικών Χαρακτηριστικών.....	16
2.6.1	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά .....	16
2.7	Μετρικές Ομοιότητας- Σύγκριση Ομοιότητας.....	21
3	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	24
3.1	Πεδίο Εφαρμογής .....	25
3.2	Εξαγωγή Χαρακτηριστικών .....	26
3.2.1	Χρώμα.....	26
3.2.2	Υφή.....	27
3.2.3	Σχήμα.....	28
3.3	Μεθοδολογίες που Ενσωματώνουν τα Συστήματα CBIR .....	28
3.4	Συλλογές Δεδομένων Αξιολόγησης .....	30
4	ΑΝΑΚΛΗΣΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΩΝ ΘΩΡΑΚΟΣ .....	40
4.1	Τι είναι Ακτινογραφία .....	40
4.2	Ακτινογραφία θώρακος .....	40
4.3	Ανάκληση Χρονικών Ακολουθιών Δεδομένων με Βάση το Περιεχόμενο .....	41
4.3.1	Ανάλυση Χρονοσειρών.....	41
4.3.2	Η Δυναμική Χρονική Παραμόρφωση.....	42
4.3.3	Ποιοτική Προσέγγιση .....	46
4.3.4	Σύγκριση ανά Κλίση.....	47
4.4	Καμπύλες Ακρίβειας-Ανάκλησης και Λειτουργικού Χαρακτηριστικού Δέκτη.....	48
5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....	53
5.1	Πειράματα με Δεδομένα Προσομοίωσης.....	53

5.2	Πειράματα με πραγματικά δεδομένα.....	61
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	70
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	71

Εικόνα 1 Διαδικασία ανάκλησης εικόνας .....	15
Εικόνα 2 Εγκάρσια εγκεφαλική τομή (αριστερά) & το ιστόγραμμα της (δεξιά) .....	17
Εικόνα 3 Ανίχνευση ακμών – μαγνητική τομογραφία εγκέφαλος (Γκαβούνου Παναγούλα κ.α.).....	21
Εικόνα 4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	24
Εικόνα 5 Στατιστικά στοιχεία για Βιβλιογραφική Ανασκόπηση – Εικόνες.....	25
Εικόνα 6 Στατιστικά στοιχεία - Χαρακτηριστικό Χρώμα.....	26
Εικόνα 7 Στατιστικά στοιχεία Υφής - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	27
Εικόνα 8 Στατιστικά στοιχεία Σχήματος - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	28
Εικόνα 9 Μεθοδολογίες που ενσωματώνουν τα συστήματα CBIR - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	29
Εικόνα 10 Ακτινογραφικές λήψεις (Φώτης Περλικός) .....	41
Εικόνα 11 Χρονοσειρές με διαφορετική φάση.....	42
Εικόνα 12 Χρονοσειρές .....	43
Εικόνα 13 Πίνακας αποστάσεων & η διαδρομή ελαχίστου κόστους.....	44
Εικόνα 14 Η τελική Ευθυγράμμιση ακολουθιών .....	45
Εικόνα 15 Υπολογισμός Πίνακα αποστάσεων D .....	46
Εικόνα 16 Ακρίβεια – Ανάκληση .....	49
Εικόνα 17 Διάγραμμα Ακρίβειας – Ανάκλησης.....	50
Εικόνα 18 Δημιουργία Δεδομένων – Αύξουσα.....	53
Εικόνα 19 Δημιουργία Δεδομένων – Φθίνουσα.....	54
Εικόνα 20 Δημιουργία Δεδομένων – Σταθερή.....	54
Εικόνα 21 Δημιουργία Δεδομένων – Αύξουσα _Φθίνουσα.....	55
Εικόνα 22 Δημιουργία Δεδομένων – Φθίνουσα _Αύξουσα.....	55
Εικόνα 23 Αποτελέσματα σύγκρισης δύο ακολουθιών - τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης.....	57
Εικόνα 24 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - για 50 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης).....	58
Εικόνα 25 Καμπύλη Ακρίβειας - Ανάκλησης - για 50 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης) ..	58
Εικόνα 26 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - για 100 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης).....	59
Εικόνα 27 Καμπύλη Ακρίβεια-Ανάκληση - για 100 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης) .....	59
Εικόνα 28 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη – για 150 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης).....	60
Εικόνα 29 Καμπύλη Ακρίβεια-Ανάκληση - για 150 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης) .....	60
Εικόνα 30 1ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	62
Εικόνα 31 2ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	62
Εικόνα 32 3ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	62
Εικόνα 33 4ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	63
Εικόνα 34 5ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	63
Εικόνα 35 6ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	63
Εικόνα 36 7ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	63
Εικόνα 37 8ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	64
Εικόνα 38 9ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	64
Εικόνα 39 10ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	64
Εικόνα 40 11ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	64
Εικόνα 41 12ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	65
Εικόνα 42 13ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	65

Εικόνα 43 14ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	65
Εικόνα 44 15ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	65
Εικόνα 45 16ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα) .....	66
Εικόνα 46 17ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα).....	66
Εικόνα 47 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - Αριστερός πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα) .....	67
Εικόνα 48 Καμπύλη Ακρίβειας-Ανάκλησης - Αριστερός πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα) .....	67
Εικόνα 49 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - Δεξής πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα) .....	68
Εικόνα 50 Καμπύλη Precision-Recall - Δεξής πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα).....	68

### *Κατάλογος πινάκων*

---

Πίνακας 1 Πίνακας 1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	30
Πίνακας 2 Κανόνες της μεθόδου SWC.....	47
Πίνακας 3 Πίνακας Ενδεχομένων.....	49
Πίνακας 4 Κλάσεις ανά πνεύμονα για τα πραγματικά δεδομένα .....	61



# **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1.1 Εισαγωγή**

Το βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων εφαρμογών είναι η απαίτηση για την αποτελεσματική και αποδοτική διαχείριση της αποθηκευμένης πληροφορίας. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και των νέων επιστημονικών περιοχών τις τελευταίες δεκαετίες έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο στην αποθήκευση, στην μετάδοση και στην παρουσίαση των δεδομένων, που αφορούν εφαρμογές πολυμέσων, σε υπολογιστικά συστήματα. Η σημασία της ανάκλησης των πληροφοριών είναι μεγάλη, εάν αναλογιστούμε την ταχύτητα με την οποία αυξάνονται συνεχώς τα ψηφιακά δεδομένα και την δυσκολία αναζήτησης τους μέσα σε τεράστιες βάσεις δεδομένων. Τα συστήματα ανάκλησης πληροφορίας επεξεργάζονται αρχεία εγγραφών και αιτήσεις πληροφόρησης, αναγνωρίζουν και ανακτούν από τα αρχεία συγκεκριμένες εγγραφές ως αποτέλεσμα των αιτήσεων πληροφόρησης. Η ανάκληση συγκεκριμένων εγγραφών εξαρτάται από την ομοιότητα μεταξύ των εγγραφών και των ερωτημάτων, η οποία μετριέται συγκρίνοντας τις τιμές συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των εγγραφών και των ερωτημάτων

## **1.2 Στόχοι**

Όπως και η ανάκληση πληροφορίας γενικά, η ανάκληση εικόνας γίνεται όλο και πιο σημαντική όσο αυξάνεται ο όγκος των αποθηκευμένων ψηφιοποιημένων εικόνων. Η ανάκληση της εικόνας είναι ένας πολύ σημαντικός και αναπτυσσόμενος τομέας της ανάκλησης της πληροφορίας. Η σημασία της ανάκλησης εικόνας μπορεί να προσδιοριστεί πολύ εύκολα, εάν σκεφτούμε την ταχύτητα αύξησης των ψηφιακών εικόνων, αφού με την ψηφιοποίηση των περισσότερων μέσων αποτύπωσης η αποθήκευσή τους σε ψηφιακά μέσα είναι μια πολύ απλή διαδικασία. Έτσι μπορούμε να κατανοήσουμε την δυσκολία που δημιουργείται όταν αναζητάμε μια εικόνα σε μικρούς αποθηκευτικούς χώρους πόσο μάλλον σε βάσεις δεδομένων πολύ μεγαλύτερου όγκου. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εύρεση αποδοτικής μεθόδου για την ανάκληση ακολουθιών ιατρικών εικόνων.

## **1.3 Επιστημονική συνεισφορά**

Οι τεχνολογίες πολυμέσων έχουν διεισδύσει σε όλους σχεδόν τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και πρόκειται να αλλάξουν ριζικά το τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η πρόσβαση στην πληροφορία, η επικοινωνία, η εκπαίδευση, οι επαγγελματικές

δραστηριότητες και η διασκέδαση. Στις μέρες μας, ολοένα και περισσότερα ιατρικά δεδομένα συγκεντρώνονται από τους ιατρικούς οργανισμούς. Η χρήση του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας που αποθηκεύει ψηφιακά δεδομένα σχετικά με τις ιατρικές πράξεις κατά την διάρκεια ζωής ενός ατόμου και η τήρηση των ιατρικών στοιχείων συνέβαλαν στο να αποθηκεύονται τα ιατρικά στοιχεία σε πληροφοριακά συστήματα. Όμως μόνο η συλλογή των ιατρικών δεδομένων δεν είναι αρκετή. Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να αξιοποιούνται κατάλληλα ώστε να αποτελέσουν σημαντικό εφόδιο για την μελλοντική εξέλιξη της Ιατρικής. Τα ιατρικά δεδομένα θα πρέπει να συλλέγονται, να αρχειοθετούνται και τελικά να αναλύονται. Τέτοιου είδους δεδομένα μπορούν είναι οι διάφορες εξετάσεις των ασθενών όπως οι αιματολογικές (π.χ. μέτρηση αρτηριακής πίεσης, σακχάρου, χοληστερίνης κτλ) και οι εικόνες (π.χ. μαγνητικές και αξονικές τομογραφίες, υπέρηχοι, ενδοσκοπικές κτλ) που συλλέγονται και αποθηκεύονται και η μελέτη τους σε βάθος χρόνου είναι αρκετά σημαντική για την αξιολόγηση των ιατρικών περιστατικών.

Επειδή οι εξετάσεις πραγματοποιούνται σε καθημερινό επίπεδο έχουμε ως αποτέλεσμα βάσεις δεδομένων με τεράστιο εύρος. Έτσι ένα σύστημα ανάκλησης πληροφορίας που θα πραγματοποιεί αναζήτηση εικόνων με βάση το περιεχόμενο θα μπορεί να προσφέρει στον ιατρικό κλάδο πολύτιμη βοήθεια και νέες δυνατότητες. Ένα τέτοιο εργαλείο στην ιατρική μπορεί να έχει καθοριστικό ρόλο αφού διακυβεύονται ανθρώπινες ζωές, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους γιατρούς για άμεση σύγκριση της γνωμάτευσης τους με παλιότερα περιστατικά ασθενών, χορηγώντας κάποια ήδη δοκιμασμένη αγωγή και αποφεύγοντας λάθη που μπορούν να προκληθούν.

Η ανάκληση εικόνας είναι ένα πεδίο που αντλεί γνώσεις από πολλούς άλλους επιστημονικούς χώρους όπως η αναγνώριση προτύπων και η επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή. Για την αναζήτηση της εικόνας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα τα οποία τα χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες :

- Δεδομένα που έχουν έμμεση σχέση με το περιεχόμενο της εικόνας.

Όπως το όνομα του δημιουργού της εικόνας, ημερομηνία, τόπος, κάποιες λέξεις κλειδιά του κειμένου που περιγράφει την εικόνα κλπ.

- Δεδομένα που έχουν άμεση σχέση με το περιεχόμενο της εικόνας, τα οποία τα χωρίζουμε σε δύο υποκατηγορίες:
  - Χαμηλού-μέσου επιπέδου χαρακτηριστικά της εικόνας, όπως χρώμα, υφή, σχήμα, κλπ.(είναι εύκολα αντιληπτά από τις ανθρώπινες αισθήσεις).
  - Υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά της εικόνας

Η ανάκληση ακολουθιών εικόνων αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, ειδικά στον ιατρικό τομέα. Μια αναζήτηση για ασθενείς με παρόμοια χρονικά χαρακτηριστικά μπορεί να ενισχύσει και να βελτιώσει την διαδικασία περίθαλψης τους παρέχοντας του γιατρούς την δυνατότητα να συγκρίνουν παρόμοια ιατρικά περιστατικά άλλων ασθενών.

#### **1.4 Δομή Εργασίας**

Η υπόλοιπη εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

- Στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται η ανάκληση πληροφοριών γενικότερα και η ανάκληση εικόνων ειδικότερα, καθώς και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εικόνων.
- Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και όλη η μελέτη που απαιτήθηκε για την εξαγωγή πληροφορίας.
- Στο κεφάλαιο 4 αναλύθηκε γενικά η ανάκληση ακολουθιών θώρακος, οι ακτινογραφίες θώρακος καθώς και αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν.
- Στο κεφάλαιο 5 αναλύονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε και πραγματοποιούνται τα πειράματα με τις κατάλληλες μεθόδους.
- Στο κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα συμπεράσματα και η συνεισφορά της εργασίας. Προτείνονται, επίσης, μελλοντικές επεκτάσεις.

## **2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΛΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΒΑΣΕΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

### **2.1 Ψηφιακή εικόνα και Πληροφορία**

Η εικόνα αποτελεί στην εποχή μας μία από τις σημαντικότερες πηγές πληροφορίας. Τη συναντούμε ως εικόνα ακίνητη (φωτογραφία) ή κινούμενη (βίντεο), ασπρόμαυρη ή έγχρωμη. Η μετάβαση από τον αναλογικό κόσμο στον ψηφιακό συνεπάγεται τη μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά. Έτσι μια πραγματική εικόνα μεταφέρεται στον ψηφιακό κόσμο με τη μορφή διακεκριμένου σήματος που έχει τη μορφή ψηφιακών πινάκων. Μια ψηφιακή εικόνα μπορεί να είναι δυαδική, μονοχρωματική αποχρώσεων του γκρι ή έγχρωμη.

Πληροφορία μπορεί να εντοπίζεται σε κείμενο (συμπεριλαμβανομένων αριθμητικών και ημερολογιακών δεδομένων), εικόνες, ήχους, βίντεο και άλλα πολυμεσικά αντικείμενα. Η έννοια της πληροφορίας ορίζεται συχνά σε σχέση με την έννοια των δεδομένων. Τα δεδομένα δεν είναι πληροφορία αλλά μπορεί να περιέχουν πληροφορία. Η πληροφορία είναι δεδομένα με σημασία, δεδομένα που έχουν «ουσιαστικό» περιεχόμενο.

### **2.2 Ανάκληση Πληροφοριών**

Είναι δεδομένο πως ζούμε στην εποχή της πληροφορίας, η ολοένα αυξανόμενη συλλογή και αποθήκευση πληροφοριών απαιτεί πιο αποδοτικούς τρόπους ανάκλησης αυτών. Η ανάκληση πληροφορίας, ως γνωστικό αντικείμενο, υπάρχει εδώ – και πολλά χρόνια. Ανάκληση πληροφορίας λέγεται η άντληση πληροφορίας, π.χ. από μια βάση δεδομένων. Μέχρι πρόσφατα όμως, οι μεθοδολογίες ανάκλησης εστιάζονταν στην κατανόηση πληροφορίας κειμένου, δηλαδή στην εξαγωγή λέξεων-κλειδιών, στην κατηγοριοποίηση ή στη δημιουργία περίληψης εγγράφων, πάντα με βάση το γραπτό κείμενο, στη συνέχεια επεκτάθηκε και στη μελέτη άλλων τύπων δεδομένων εξαιτίας των αναγκών των σύγχρονων εφαρμογών.

Έτσι σήμερα μπορούμε να χρησιμοποιούμε μεθόδους ανάκλησης για την πρόσβαση σε πολυμέσα (εικόνα, ήχο, βίντεο) καθώς και σε δεδομένα του παγκόσμιου ιστού. Στις δομημένες βάσεις δεδομένων η ανάκληση πληροφορίας γίνεται με γλώσσες επερωτήσεων (query languages). Επερωτήσεις είναι μικρά κομμάτια κώδικα, που περιγράφουν τι θέλει να μάθει ο χρήστης από την βάση δεδομένων.

### 2.3 Ανάκληση Εικόνων βάσει κειμένου

Στην περίπτωση της ανάκλησης εικόνων βάσει κειμένου (Text Based Image Retrieval, TBIR), η εικόνα περιγράφεται με τον γραπτό λόγο, δηλαδή με κείμενα που συνοδεύουν τις εικόνες, οπότε αναζητώντας κάποια εικόνα ο χρήστης θα δώσει ως είσοδο μια επερώτηση (query), δηλαδή την σημασιολογική περιγραφή μιας εικόνας. Συχνά η ανάκληση εικόνων βάσει κειμένου είναι απλή στην υλοποίηση της, όμως ο οπτικός πλούτος μιας εικόνας η ακόμα περισσότερο μιας ακολουθίας εικόνων, είναι δύσκολο να περιγραφεί απόλυτα λόγω ανεπάρκειας κατάλληλων λέξεων.

### 2.4 Ανάκληση Εικόνων βάσει περιεχομένου

Στην βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές για την ανάκληση εικόνων από ψηφιακές βιβλιοθήκες ή από το διαδίκτυο βάσει των χαρακτηριστικών που εξάγονται από το οπτικό περιεχόμενο της. Η βασική ιδέα πίσω από αυτήν την διαδικασία περιλαμβάνει εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων όπως το χρώμα, η υφή, το σχήμα κ.α. από την εικόνα με την χρήση διάφορων αλγορίθμων και η μετατροπή αυτών σε μαθηματικά δεδομένα (διανύσματα) για να μπορούν να είναι μετρήσιμα από το σύστημα.

Τα χαρακτηριστικά (features) αποτελούν αριθμητικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή εικόνων, γενικότερα, και αντικειμένων που παρουσιάζονται μέσα στις εικόνες, ειδικότερα. Πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα και ανάλογα με την περίπτωση. Ουσιαστικά, η περιγραφή αντικειμένων με χαρακτηριστικά είναι μια απεικόνιση των αντικειμένων σε έναν διανυσματικό χώρο, ο οποίος καλείται χώρος χαρακτηριστικών. Έτσι η αναγνώριση των αντικειμένων ανάγεται σε μέτρηση της ομοιότητας μεταξύ των χαρακτηριστικών των αντικειμένων. Τα χαρακτηριστικά έχουν σαφείς (crisp) αριθμητικές τιμές, αλλά μπορεί να είναι και ασαφή (fuzzy), αντιπροσωπεύοντας διαστήματα αριθμητικών τιμών που αντιστοιχούν σε αβέβαιες φυσικές ποσότητες.

Η κατηγοριοποίηση (classification) αντιστοιχίζει τα δεδομένα σε προκαθορισμένες κατηγορίες ή κλάσεις. Αναφέρεται συχνά σαν εποπτευόμενη μάθηση, επειδή οι κατηγορίες-κλάσεις καθορίζονται πριν ακόμα εξεταστούν τα δεδομένα. Οι αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης, που είναι γνωστοί επίσης ως ταξινομητές δεδομένων σε κλάσεις (classifiers), απαιτούν οι κατηγορίες να ορίζονται με βάση τις τιμές των γνωρισμάτων των δεδομένων, και περιγράφουν αυτές τις κατηγορίες εξετάζοντας τα γνωρίσματα αυτά.

Από άποψη τύπου μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες σημαντικές κατηγορίες χαρακτηριστικών:

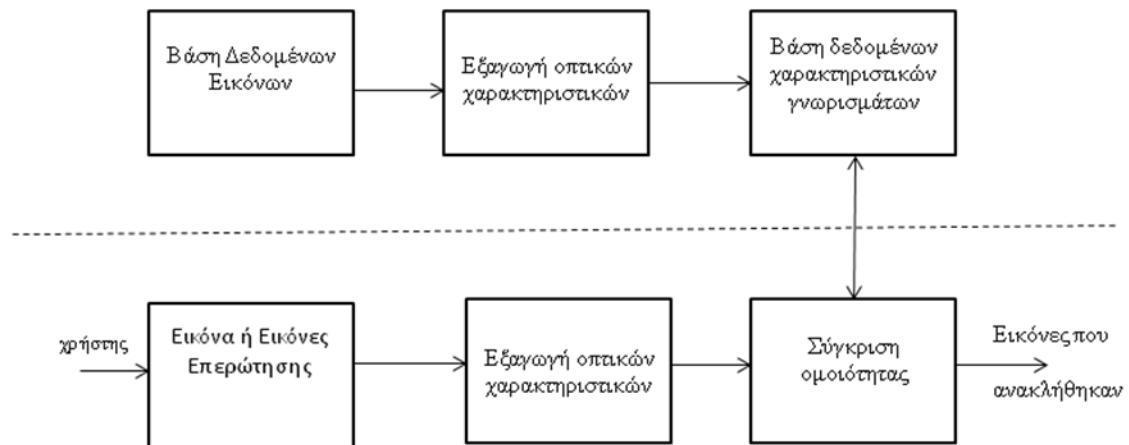
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά (geometrical features) ή χαρακτηριστικά σχήματος (shape features)
- Χαρακτηριστικά χρώματος (color features) ή έντασης των αποχρώσεων του γκριζου στην περίπτωση μη έγχρωμων εικόνων
- Χαρακτηριστικά υφής (texture features)

Σε ένα σύστημα ανάκλησης δεδομένων βάσει περιεχομένου που χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά, μπορούμε να αναμίξουμε χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων. Οι περιορισμοί που τίθενται προέρχονται από τις απαιτήσεις που έχει κάθε εφαρμογή και το είδος του ταξινομητή (classifier) που χρησιμοποιείται.

Συνεπώς ο χρήστης μπορεί να υποβάλλει τις ερωτήσεις του μέσω παραδείγματος, σε αυτήν την περίπτωση, επιλέγει μία ή περισσότερες εικόνες ως επερώτηση. Το σύστημα, έπειτα, παράγει μια διάταξη των εικόνων της βάσης, συγκρίνοντας κάθε μία από αυτές με το παράδειγμα του χρήστη μέσω κάποιου εσωτερικού κριτηρίου ομοιότητας, και παρουσιάζει τις πρώτες (αν η διάταξη είναι σε φθίνουσα σειρά όσο αφορά την ομοιότητα με τα παραδείγματα) από αυτές στο χρήστη ως αποτελέσματα της αναζήτησης.

Κατά την ανάκληση των εικόνων με βάση το περιεχόμενο στηρίζομαστε σε αυτόματα υπολογιζόμενα οπτικά χαρακτηριστικά για την περιγραφή της κάθε εικόνας. Έτσι αποφεύγουμε την δαπανηρή χρησιμοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού για τη περιγραφή του περιεχομένου των εικόνων. Από την άλλη, όμως, έχει αποδειχθεί ότι τα οπτικά χαρακτηριστικά που μπορούμε να υπολογίσουμε από τις εικόνες είναι χαμηλού επιπέδου, σε αντίθεση με την ανθρώπινη αντίληψη, η οποία είναι σε υψηλότερο επίπεδο. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό στην επιστημονική κοινότητα ως πρόβλημα σημασιολογικού κενού (Semantic gap). Τα χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά θα πρέπει να είναι σταθερά και αμετάβλητα προκειμένου να αντιπροσωπεύουν τις εικόνες μιας βάσης δεδομένων, αγνοώντας όμως αυτό δημιουργούνται πολλά προβλήματα στην απόδοση των συστημάτων ανάκλησης εικόνας.

Συνοπτικά κατά την διαδικασία της ανάκλησης εικόνας με βάση το περιεχόμενο ακολουθούμε γενικά τα εξής βήματα:



Εικόνα 1 Διαδικασία ανάκλησης εικόνας

Αρχικά έχουμε μια βάση δεδομένων εικόνων δηλαδή μία συλλογή από συστηματικά οργανωμένα σχετιζόμενα δεδομένα στα οποία είναι δυνατή η ανάκληση δεδομένων. Έπειτα γίνεται ο σχηματισμός της επερώτησης, δηλαδή ο χρήστης θα δώσει ως είσοδο στο σύστημα μια εικόνα από την οποία θα γίνει η εξαγωγή των οπτικών χαρακτηριστικών (feature extraction) για την περιγραφή του οπτικού της περιεχομένου. Τα οπτικά χαρακτηριστικά μεταφράζονται σε διανύσματα (feature vectors) αριθμητικών τιμών έτσι ώστε να είναι μετρήσιμα από το σύστημα. Παρόμοια διαδικασία πραγματοποιείται και στην βάση δεδομένων των εικόνων (Image Database) όπου γίνεται η αναζήτηση για να μπορούμε να κάνουμε σύγκριση, δηλαδή, περιγράφονται τα οπτικά χαρακτηριστικά (Visual Content Description) των εικόνων και στη βάση δεδομένων οι εικόνες αναπαριστώνται από τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα (feature database). Για την ανάκληση εικόνων βάσει του περιεχομένου της εικόνας επερώτησης γίνεται σύγκριση των χαρακτηριστικών της εικόνας επερώτησης με τα χαρακτηριστικά αυτών που βρίσκονται στη βάση δεδομένων.

## 2.5 Βάση Δεδομένων Εικόνων

Μια βάση δεδομένων τη χρησιμοποιούμε για τη συλλογή, την αποθήκευση, την οργάνωση, την επεξεργασία και την εξαγωγή δεδομένων και πληροφοριών. Οι βάσεις δεδομένων εικόνας διαφοροποιούνται από τις κλασσικές βάσεις κατά το ότι η πληροφορία των εικόνων δεν είναι δομημένη, γιατί στην ουσία είναι μια μεγάλη συλλογή εικονοστοιχείων. Τα συστήματα CBIR ανακαλούν εικόνες μέσα από τέτοιες βάσεις, συγκρίνοντας χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις ίδιες τις εικόνες.

## 2.6 Εξαγωγή Οπτικών Χαρακτηριστικών

Τα χαρακτηριστικά (features) είναι ένα σύνολο αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή εικόνων, γενικότερα, και αντικειμένων στις εικόνες ειδικότερα. Πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα και ανάλογα με την περίπτωση. Ουσιαστικά, η περιγραφή αντικειμένων με χαρακτηριστικά είναι μια απεικόνιση των αντικειμένων στο χώρο των χαρακτηριστικών με αποτέλεσμα, η αναγνώριση τους να ανάγεται στην μέτρηση της ομοιότητας μεταξύ των χαρακτηριστικών των αντικειμένων.

### 2.6.1 Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά

#### 2.6.1.1 Χαρακτηριστικά Χρώματος

Περιλαμβάνει πληροφορίες τόσο για τις έγχρωμες όσο και για εικόνες αποχρώσεων του γκρι (grayscale). Είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο χαρακτηριστικό της εικόνας για την ανάκληση της. Το ιστόγραμμα μιας εικόνας αποχρώσεων του γκρι περιέχει σημαντικές πληροφορίες για την εικόνα και για το λόγο αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία. Κατά την γραφική απεικόνιση, το ιστόγραμμα μιας ψηφιακής εικόνας είναι ένα γράφημα στο οποίο ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τα επίπεδα φωτεινότητας από 0-255 και ο κατακόρυφος το πλήθος των εικονοστοιχείων που έχουν κάθε επίπεδο φωτεινότητας. Είναι ένας τρόπος αναπαράστασης της κατανομής των διαφορετικών επιπέδων του μιας εικόνας αποχρώσεων του γκρι. Το ιστόγραμμα χρώματος προκύπτει υπολογιζόμενο ανά κανάλι χρώματος είτε συνδυαστικά υπό την μορφή πολυδιάστατου ιστογράμματος.

$$\mathbf{H} = [h_i], \quad i = 1 \dots N, \quad \text{όπου } N \text{ ο αριθμός των χρωμάτων}$$

Αν υποθέσουμε ότι στην περιοχή που εξετάζουμε έχουμε 1 επίπεδο του γκρι, δηλαδή:

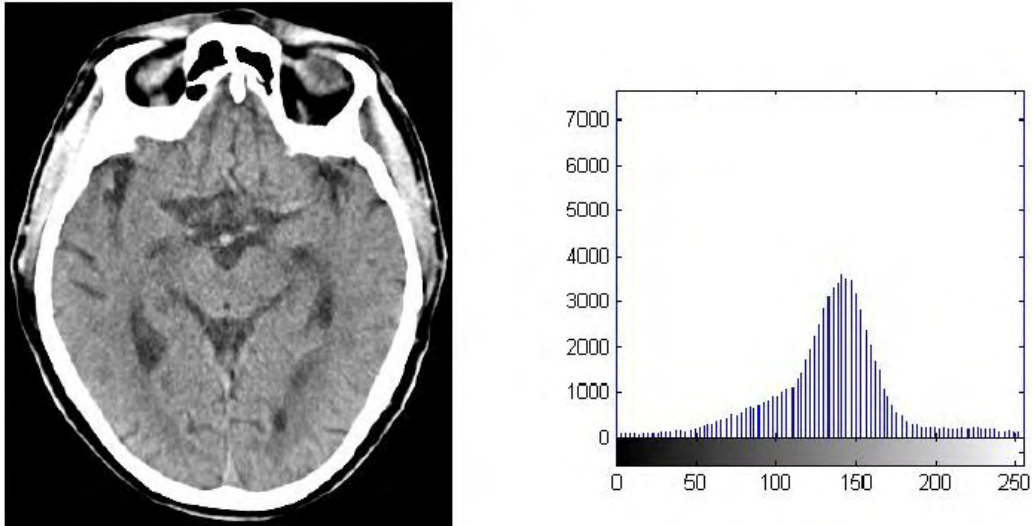
$$0 \leq b \leq L - 1$$

τότε, η κατανομή της πιθανότητας,  $P(b)$ , για κάθε  $b$  θα είναι:

$$P(b) = N(b) / M \quad (1)$$



όπου  $N(b)$  είναι το σύνολο των εικονοστοιχείων της περιοχής, που έχουν επίπεδο του γκρι ίσο με  $b$  και  $M$  είναι το σύνολο των εικονοστοιχείων της περιοχής. Η μορφή του ιστογράμματος δίνει σημαντικές πληροφορίες για το χαρακτήρα της εικόνας. Έτσι, ένα ιστόγραμμα με ένα στενό λοβό αντιστοιχεί σε εικόνα χαμηλής αντίθεσης (contrast). Αντίθετα, ένα ιστόγραμμα με δύο ξεκάθαρους λοβούς που, απέχουν μάλιστα σημαντικά, σημαίνει ότι στην εικόνα αυτή τα αντικείμενα και το φόντο έχουν σαφέστατα διαφορετικές αποχρώσεις του γκρι.



Εικόνα 2 Εγκάρσια εγκεφαλική τομή (αριστερά) & το ιστόγραμμα της (δεξιά)

Το χρωματικό αυτοσυσχετιστικό γράφημα (color auto-correlogram) είναι μια δισδιάστατη χωρική επέκταση του ιστογράμματος χρώματος. Το ιστόγραμμα χρώματος δεν περιέχει χωρικές πληροφορίες, επομένως οι εικόνες με παρόμοια ιστογράμματα μπορεί να είναι διαφορετικές. Το χρωματικό αυτοσυσχετιστικό γράφημα ενσωματώνει τις χωρικές πληροφορίες με το ιστόγραμμα με την κατασκευή μιας μήτρας (color cooccurrence) που αποτελείται από τα χρωματικά ζευγάρια και αποστάσεις.

Ο σκοπός της χρήσης των χρωματικών μοντέλων είναι να διευκολύνεται ο ορισμός των χρωμάτων στα πλαίσια της τυποποίησης. Ένα χρωματικό μοντέλο είναι ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων και ένα υποσύστημα μέσα σε αυτό όπου κάθε χρώμα αναπαρίσταται από ένα σημείο. Σήμερα, τα περισσότερα μοντέλα είναι προσαρμοσμένα στις συσκευές, π.χ. οθόνες και εκτυπωτές ή σε εφαρμογές, όπου είναι επιθυμητή η διαχείριση των χρωμάτων, π.χ. εφαρμογές με γραφικά.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν το μοντέλο RGB (red, green, blue) για έγχρωμες οθόνες και κάμερες, το μοντέλο CMY (cyan, magenta, yellow) για έγχρωμους εκτυπωτές και το μοντέλο YIQ, που είναι το πρότυπο για την τηλεοπτική μετάδοση. Στο τελευταίο μοντέλο, το  $Y$  αντιστοιχεί στην φωτεινότητα (luminosity). Το  $I$  και το  $Q$  ονομάζονται inphase και quadrature αντίστοιχα. Στην δεύτερη κατηγορία έχουμε το μοντέλο HSI (hue, saturation, intensity) και το HSV (hue, saturation, value). Σημειώνουμε ότι η παράμετρος  $I$  στο μοντέλο YIQ δεν έχει καμία σχέση με αυτό του HIS.

Πιο αναλυτικά:

- Στο μοντέλο RGB (Red, Green, Blue) (Mahdy et al., 2006), κάθε χρώμα εκφράζεται συναρτήσει των τριών βασικών χρωμάτων, του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε και βασίζεται σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, συνήθως χρησιμοποιείται στις εικόνες που δεν υπάρχουν μεταβολές φωτεινότητας. Οι εικόνες που βασίζονται στο μοντέλο αυτό αποτελούνται από τρία ανεξάρτητα επίπεδα, ένα για κάθε βασικό χρώμα. Όταν οδηγούν μια οθόνη, τα τρία επίπεδα συνδυάζονται πάνω στην φωσφορίζουσα επιφάνεια και παράγουν μια σύνθετη έγχρωμη εικόνα. Δηλαδή, μια έγχρωμη εικόνα συνήθως αναπαρίσταται σαν ένας τρισδιάστατος πίνακας, όπου η τρίτη του διάσταση έχει πάντα μέγεθος τρία. Το μοντέλο RGB είναι αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο, αλλά δεν είναι το μοναδικό. Παρακάτω παρουσιάζονται και άλλα χρωματικά μοντέλα. τα οποία σχετίζονται με το RGB και είναι προσαρμοσμένα στο φυσικό υλικό των υπολογιστικών συστημάτων (hardware-oriented models).
- Ο χώρος CMY (Cyan, Magenta, Yellow) (Mahdy et al., 2006 ) και ο RGB δεν είναι ομοιόμορφοι χρωματικοί χώροι και σχετίζονται γιατί πρόκειται στην ουσία για συμπληρωματικά μοντέλα με τις ίδιες βασικές αρχές και ιδιότητες. Το CMY επινοήθηκε για τις ανάγκες των εκτυπωτών, στους οποίους και χρησιμοποιείται. Η διαφορά με το RGB είναι ότι στο CMY η επιφάνεια που αναπαράγονται τα χρώματα είναι το χαρτί, το οποίο είναι άσπρο σε αντίθεση με την μαύρη οθόνη των υπολογιστών.
- Το χρωματικό μοντέλο HSV επινοήθηκε το 1978, το σύστημα συντεταγμένων είναι κυκλικό, και τα χρώματα βρίσκονται μέσα σε ένα εξάγωνο κώνο. Οι κύριες παράμετροι που χρησιμοποιεί είναι η απόχρωση (Hue), η χρωματική

καθαρότητα (Saturation) και η τιμή (Value). Η τρισδιάστατη αναπαράσταση λαμβάνεται από τον κύβο RGB.

- Εκτός από τα παραπάνω μοντέλα υπάρχουν και άλλα μοντέλα, που είναι προσανατολιζόμενα προς τον χρήστη. Τα χρωματικά μοντέλα CIELUV ( $L^*u^*v^*$ ) (Mahdy et al., 2006) και CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ). Τα δύο αυτά συστήματα έχουν ένα πολύ επιθυμητό χαρακτηριστικό, την οπτική ευαισθησία μικρών χρωματικών μεταβολών. Δηλαδή, μια μικρή χρωματική αλλαγή στους χώρους αυτούς είναι άμεσα αντιληπτή. Τα  $L^*u^*v^*$  και  $L^*a^*b^*$  έχουν μικρή διαφορά μεταξύ τους, παρουσιάζουν εξίσου καλή χρωματική ομοιομορφία και παρέχουν πολύ καλή δυνατότητα για τη μέτρηση της χρωματικής διαφοράς μεταξύ δύο σημείων.

### 2.6.1.2 Χαρακτηριστικά Υφής

Η έννοια της υφής (texture) αναφέρεται σε ιδιότητες που αναπαριστούν την επιφάνεια ή την δομή ενός αντικειμένου. Πρόκειται για μια έννοια που χρησιμοποιείται πολύ συχνά και είναι εύκολα αντιληπτή διαισθητικά, αλλά δεν έχει κάποιον ακριβή ορισμό εξαιτίας της μεγάλης ποικιλομορφίας που εμφανίζει. Η υφή παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλά θέματα τεχνητής όρασης όπως η ανάκληση και ταξινόμηση εικόνων και ο προσδιορισμός σχημάτων. Η υφή είναι εύκολο να αναγνωριστεί από τον άνθρωπο αλλά δύσκολο να καθοριστεί (Howarth & Rügger, 2004).

Η κλίμακα με την οποία παρατηρούμε μια εικόνα καθορίζει το αν έχουμε εικόνα υφής ή όχι, έτσι π.χ. παρατηρώντας την εικόνα μιας σκεπής με κεραμίδια σε μεγάλη απόσταση παρατηρούμε την υφή που δημιουργούν τα κεραμίδια αλλά τα σχήματα μεταξύ των κεραμιδιών δεν διακρίνονται. Παρατηρώντας την όμως από κοντινότερη απόσταση αρχίζουμε να διακρίνουμε το σχήμα της πλέξης.

Ένα συνδεδεμένο σύνολο εικονοστοιχείων, το οποίο ικανοποιεί μια συγκεκριμένη ιδιότητα που λαμβάνει χώρα επανειλημμένα σε μια περιοχή της εικόνας, δημιουργεί μια περιοχή υφής. Περιλαμβάνει σχεδόν όλα τα τοπικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η ενέργεια και η εντροπία. Είναι μια ιδιότητα που εκφράζει τη χωρική διάταξη των επιπέδων φωτεινότητας των εικονοστοιχείων σε μια περιοχή της εικόνας. Οι ακόλουθες υποενότητες περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της υφής που έχουν προταθεί:

- Μετασηματισμός κυματιδίου (Wavelet transform) (Li et al., 2006 ; Besson et al., 2003 ; Mahmudur et al., 2004; Yaoa et al., 2006 ; Müller et al., 2005; Liua et al.,

2007; Li and Wang, 2004), που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί είναι ο Haar, ο Daubechies, και ο Gabor. Μπορούν να ανιχνεύουν απλά χαρακτηριστικά σε απλές κλίμακες. Ακόμη, έχουν χρησιμοποιηθεί κάποιοι μετασχηματισμοί πάνω σε ιστογράμματα π.χ. Haar

- Πίνακας συνεμφάνισης (co-occurrence matrix) (Setia et al., 2006, Mahmudur et al. 2004), μπορεί να περιγράψει ιδιότητες της υφής τέτοιες που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση και σύγκριση των υφών.
- Τα χαρακτηριστικά Tamura, περιλαμβάνουν την τραχύτητα, την αντίθεση την κατεύθυνση, την ομοιότητα, την ομαλότητα και την σκληρότητα, και είναι σχεδιασμένα με ψυχολογικές μελέτες πάνω στην ανθρώπινη αντίληψη υφής (Mahdy et al., 2006 )
- Συντελεστές μετασχηματισμού Fourier κ.α.

### 2.6.1.3 Χαρακτηριστικά σχήματος

#### 2.6.1.3.1 Σχήμα

Με τον όρο σχήμα (Σχήμα) εννοούμε τη μορφή μιας συγκεκριμένης περιοχής στο εσωτερικό της εικόνας που μας ενδιαφέρει και όχι όλο το σύνολο. Τα χαρακτηριστικά σχήματος είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν άμεσα από την γεωμετρική μορφή των αντικειμένων.

Τα σχήματα ανάλογα από τον τρόπο που εξάγονται από την εικόνα μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

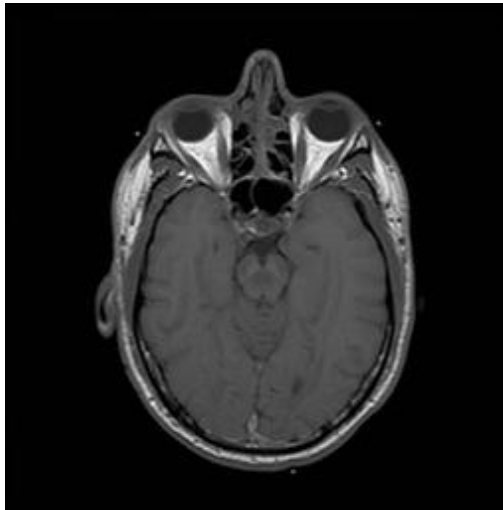
- Σε αυτά που βασίζονται στα όρια του σχήματος (boundary-based) και για την εξαγωγή τους χρειάζονται μόνο τα περιγράμματα (εξωτερικά όρια) του αντικειμένου (Mahmudur et al. 2004)
- Σε αυτά που βασίζονται στην περιοχή του σχήματος (region-based). Για την εξαγωγή τους λαμβάνεται υπόψη η συνολική περιοχή του σχήματος (Mahmudur et al. 2004, Thomas et al., 2009).

#### 2.6.1.3.2 Ακμές

Η ανίχνευση ακμών (edges) είναι ένα βασικό εργαλείο της επεξεργασίας εικόνας. Ως ακμή σε μια ασπρόμαυρη εικόνα ορίζεται η σχετική ασυνέχεια μεταξύ δύο διαβαθμίσεων του

γκρι. Ως ακμή θεωρείται το σύνορο μεταξύ δύο ομοιογενών περιοχών όπου η φωτεινότητα αλλάζει απότομα και συνήθως αντιστοιχεί στο περίγραμμα αυτών.

Ωστόσο,- καθώς δεν υπάρχει κάποιο γενικό μαθηματικό μοντέλο που να καθορίζει τις ακμές σε μια εικόνα, έχουν κατά καιρούς προταθεί διάφορες προσεγγίσεις ανίχνευσης ακμών που καταλήγουν σε διαφορετικά αποτελέσματα ανίχνευσης (Feng et al., 2010).



Εικόνα 3 Ανίχνευση ακμών – μαγνητική τομογραφία εγκέφαλος (Γκαβούνου Παναγούλα κ.α.)

Η ανίχνευση των ακμών στην παραπάνω εικόνα είναι εύκολη υπόθεση, καθώς είναι πιο εύκολο να οριστούν οι ασυνέχειες.

## 2.7 Μετρικές Ομοιότητας- Σύγκριση Ομοιότητας

Ο υπολογισμός ομοιότητας μεταξύ χαρακτηριστικών ή διανυσμάτων χαρακτηριστικών αποτελεί δομικό στοιχείο των τεχνικών της ανάκλησης εικόνων βάσει περιεχομένου. Μπορούμε να δεχτούμε ότι ένα χαρακτηριστικό είναι κοντινότερο σε κάποιο άλλο, όταν κάποιος συντελεστής ομοιότητας έχει την μικρότερη τιμή.

Γενικότερα, τα μέτρα εγγύτητας διακρίνονται σε μέτρα ομοιότητας (similarity measures) και μέτρα ανομοιότητας (dissimilarity measures). Τα χαρακτηριστικά σε κάποιο δεδομένο χώρο μπορούν να θεωρούνται όμοια (similar) όταν βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους και ανόμοια (disimilar) εάν είναι μακριά.

Μετρική ονομάζεται μια συνάρτηση  $d : V \rightarrow R$ , όπου  $V \neq \emptyset$  τυχόν σύνολο, η οποία ικανοποιεί τις παρακάτω ιδιότητες για κάθε  $x, y, z \in V$ :

- $d(x, y) = 0$ , αν και μόνο αν  $x = y$
- $d(x, y) = d(y, x)$
- $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$  (τριγωνική ανισότητα)

Η τιμή  $d(x, y)$  ονομάζεται απόσταση των  $x, y$ , (ενν. μέσω της μετρικής  $d$ ). Οποιοδήποτε σύνολο εφοδιασμένο με μία μετρική ονομάζεται μετρικός χώρος. Συνεπώς το αποτέλεσμα δεν είναι μια εικόνα αλλά μια λίστα από εικόνες ταξινομημένες ανάλογα με την εικόνα – επερώτηση. Πολλές μετρικές ομοιότητας έχουν προταθεί κατά καιρούς, οι οποίες και έχουν διαφορετική απόδοση. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τις μετρικές ομοιότητας που έχουν χρησιμοποιηθεί :

- Η Ευκλείδεια απόσταση (Euclidean distance), αποτελεί ίσως το απλούστερο κριτήριο μέτρησης για τη ταξινόμηση χαρακτηριστικών σε κλάσεις, στις οποίες όμως έχει ήδη καθορισθεί το κέντρο. Η Ευκλείδεια απόσταση είναι η πιο συνηθισμένη και πιο απλή μετρική απόστασης, που είναι ειδική περίπτωση ( $p=2$ ) της μετρικής Minkowski. Η Ευκλείδεια μετρική είναι μια συνάρτηση:  $d: R^n \times R^n \rightarrow R$  που αντιστοιχεί σε δύο διανύσματα  $x$  και  $y$  του  $n$ -διάστατου διανυσματικού χώρου  $R^n$ ,  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ ,  $y = \{y_1, \dots, y_n\}$  τον αριθμό :

$$d(x, y) = \sqrt{(y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2 + \dots + (y_n - x_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (2)$$

Λόγω του ότι το κριτήριο της Ευκλείδειας απόστασης εφαρμόζεται μετά τον καθορισμό των κλάσεων με κάποια άλλη τεχνική ταξινόμησης, μπορεί να μη θεωρηθεί ως αμιγής αλγόριθμος ταξινόμησης. Όμως εφαρμόζεται πολύ συχνά όταν έχουμε ένα μεγάλο αριθμό κλάσεων.

- Η απόσταση  $L_p$  ( $L_p$  distance) είναι γενικότερη της Ευκλείδειας και χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ομοιότητας μεταξύ οποιονδήποτε δύο ακολουθιών  $x$  και  $y$ , καθώς και μεταξύ ακολουθιών με το ίδιο μήκος. Η  $L_1$  αντιστοιχεί στην απόσταση Manhattan και η  $L_2$  στην Ευκλείδεια απόσταση, επίσης η  $L_1$  είναι η μέγιστη απόσταση οποιουδήποτε ζεύγους στοιχείων.

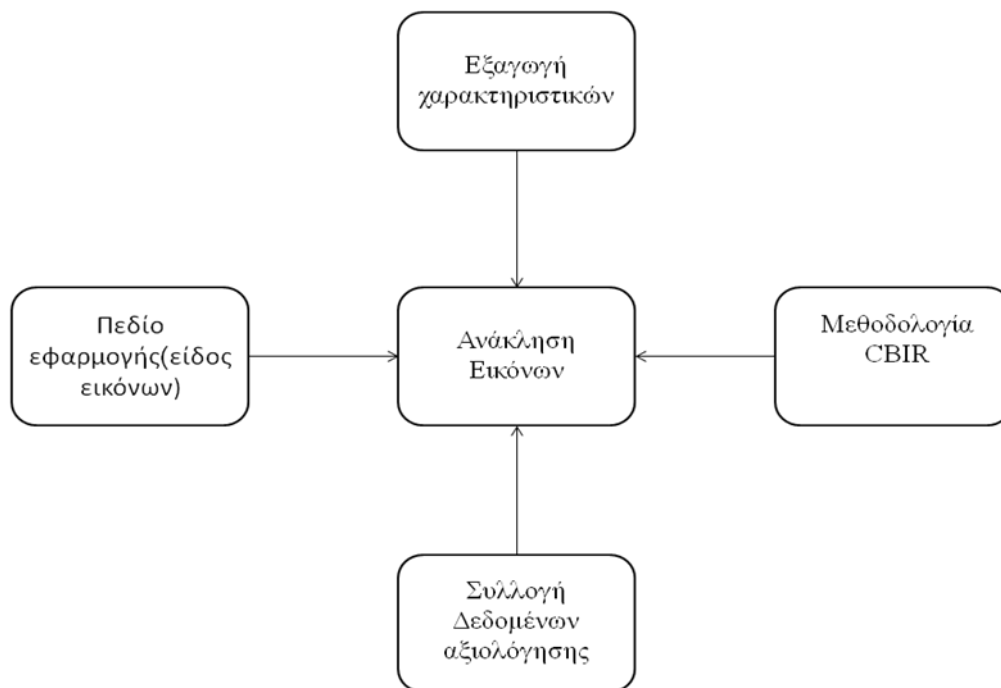
$$L_p(x, y) = \left( \sum_{i=1}^{|x|} |x[i] - y[i]|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (3)$$

- Η απόσταση Mahalanobis ( Mahalanobis distance), είναι η κατάλληλη μετρική όταν κάθε διάσταση του διανύσματος χαρακτηριστικών της εικόνας είναι εξαρτώμενο με τα υπόλοιπα και διαφορετικής σημαντικότητας.

$$d(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T \mathbf{S}^{-1} (\vec{x} - \vec{y})} \quad (4)$$

### 3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Πληθώρα εργασιών έχει ασχοληθεί με την ανάκληση εικόνων τα τελευταία χρόνια. Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας μελετήθηκε ένα αξιόλογο πλήθος επιστημονικών εργασιών. Συνολικά 90 επιστημονικά άρθρα χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή πληροφοριών. Κοιτάζοντας το παρακάτω σχήμα, παρατηρούμε πως από κάθε άρθρο συλλέξαμε πληροφορίες για το πεδίο εφαρμογής, την εξαγωγή των χαρακτηριστικών από κάθε εικόνα, την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάκληση εικόνων και τέλος την βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε την εκάστοτε φορά.

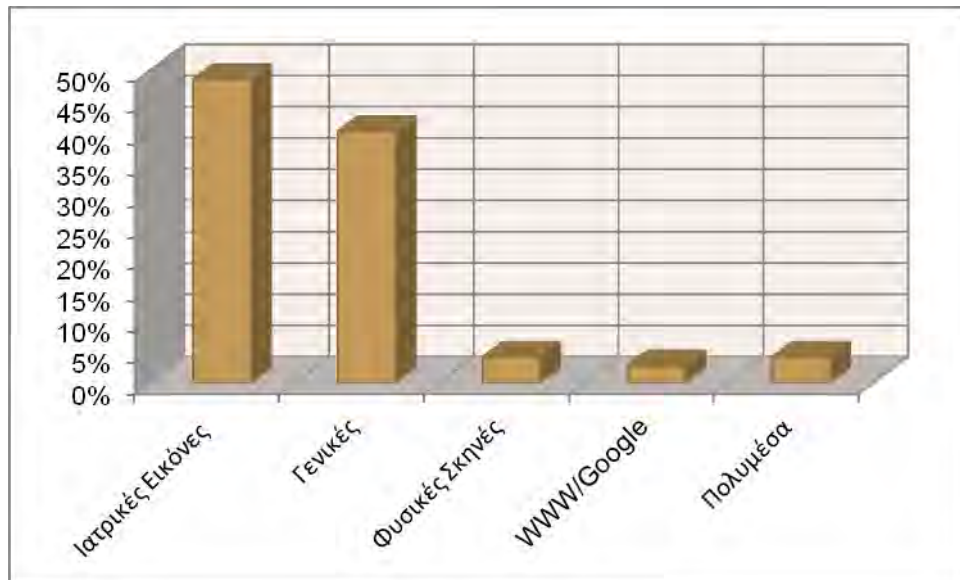


Εικόνα 4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



### 3.1 Πεδίο Εφαρμογής

Αναλύοντας το παραπάνω σχήμα, το πεδίο εφαρμογής αναφέρεται στο είδος και τον τύπο των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μελέτη.



Εικόνα 5 Στατιστικά στοιχεία για Βιβλιογραφική Ανασκόπηση – Εικόνες

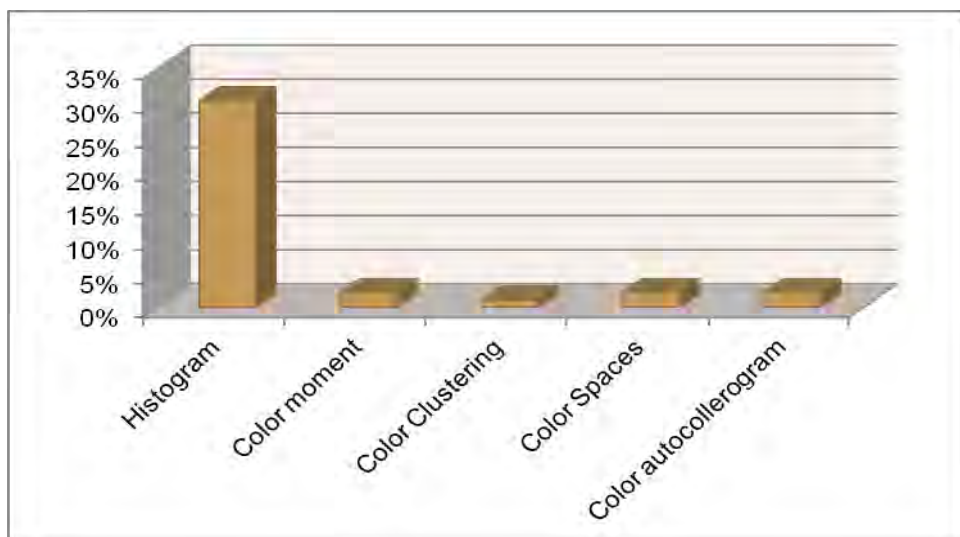
Παρατηρούμε πώς από όσα άρθρα μελετήθηκαν τα περισσότερα πρότυπα είναι Ιατρικές Εικόνες (49%) το μεγαλύτερο μέρος από αυτές είναι ακτινογραφίες (Setia et al.; Setia et al.2006; Horsthemke et al.) επίσης μελέτες έγιναν και σε Ενδοσκοπικές (Xia et al., 2005; Xia et al., 2005), Δερματολογικές (Müller et al., 2007), Αγγειογραφίες (Floreaa et al .), Μαγνητικές Τομογραφίες (Mahmudur et al. 2004; Floreaa et al.; Müller & Kalpathy-Cramer 2009), Αξονικές Τομογραφίες (Greenspan and Pinhas, 2007). Έπειτα οι Γενικές Εικόνες (40%) σε αυτήν την ομάδα συμπεριλάβαμε ένα πιο ευρύ φάσμα εικόνων καθώς δε χρησιμοποιούνται τόσο συχνά κάποιες από αυτές είναι οι Αρχαιολογικές (Besson et al., 2003), Γραμμάτωση (Cha et al .,2002), Οχήματα (Shan et al. 2004) κ.α. Ακολουθούν οι εικόνες με Φυσικές Σκηνές (4%), οι Πολυμεσικές (4%) και τέλος οι εικόνες από το Διαδίκτυο (3%).

## 3.2 Εξαγωγή Χαρακτηριστικών

Τα συστήματα CBIR ανακτούν εικόνες μέσα από βάσεις δεδομένων εικόνων, συγκρίνοντας χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις ίδιες τις εικόνες. Τα χαρακτηριστικά που μπορούν να εξαχθούν από μια εικόνα είναι πάρα πολλά και εξάγονται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Όπως αναφέραμε τα χαρακτηριστικά της εικόνας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την αμεσότητα τους με την ανθρώπινη αντίληψη. Ο πιο κοινός τρόπος για την σύγκριση εικόνων με βάση το περιεχόμενο είναι ένα μέτρο απόστασης. Το οποίο συγκρίνει την ομοιότητα δύο εικόνων με βάση το χρώμα, την υφή, το σχήμα κτλ. όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.

### 3.2.1 Χρώμα

Είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο χαρακτηριστικό της εικόνας για την ανάκληση της, βέβαια στην παρούσα εργασία και στην αντίστοιχη βιβλιογραφική αναζήτηση εντονότερη κάνει την εμφάνιση του το χαρακτηριστικό χρώματος Ιστόγραμμα, περίπου το 30% των εργασιών που μελετήθηκαν επέλεξαν αυτό το χαρακτηριστικό. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται οι εργασίες των (Li et al., 2006; Grangier and Bengio 2007; Vasconcelos & Kunt 2001; Lehmann et al., 2004; Lehmann et al., 2004; Mahmudur et al., 2004; Müller et al., 2006; Xia et al., 2005; Gong 1999; Stanchev et al., 2003; Csillaghy et al., 2000; Müller et al., 2003; Chen et al., 2005) κ.α. οι οποίες παρουσιάζονται στον (Πίνακας 1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πόσο συχνά επιλέγεται κάθε χαρακτηριστικό.

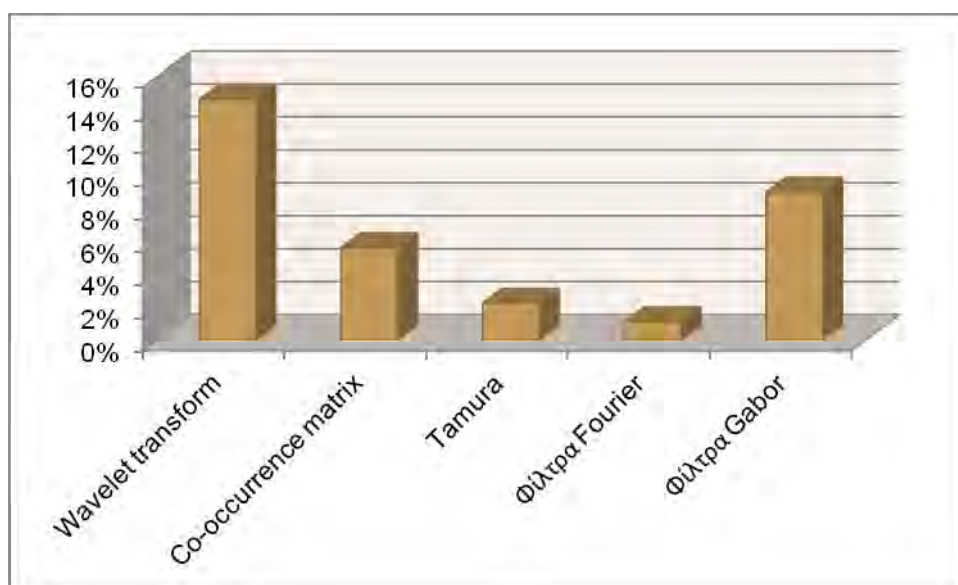


Εικόνα 6 Στατιστικά στοιχεία - Χαρακτηριστικό Χρώμα

Επίσης χρησιμοποιείται το χρωματικό αυτοσυσχετιστικό γράφημα (color autocorrelogram) (Wu & Yap, 2007; Takala et al., 2005) κ.α. όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα, αρκετά λιγότερες μελέτες προτίμησαν κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά χρώματος.

### 3.2.2 Υφή

Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 2, ο όρος υφή περιγράφει εν γένει τη χωρική διαμόρφωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας ενός αντικειμένου όπως το χρώμα, η διαφάνεια το ανάγλυφο ή η ομαλότητα. Αναφέρεται στα οπτικά πρότυπα που έχουν τις ιδιότητες της ομοιογένειας και που δεν εξαρτώνται από την παρουσία μόνο ενός ενιαίου χρώματος μιας έντασης. Περιέχει σημαντικές πληροφορίες για την δομική σύσταση των επιφανειών και της σχέσης τους με το περιβάλλον.



Εικόνα 7 Στατιστικά στοιχεία Υφής - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Μετά από την εισαγωγή του Μετασχηματισμού Κυματιδίου (Wavelet Transform) και την οριοθέτηση του θεωρητικού πλαισίου αυτών, πολλοί ερευνητές άρχισαν να μελετούν τη χρήση του Μετασχηματισμού Κυματιδίων στην αναπαράσταση της υφής.

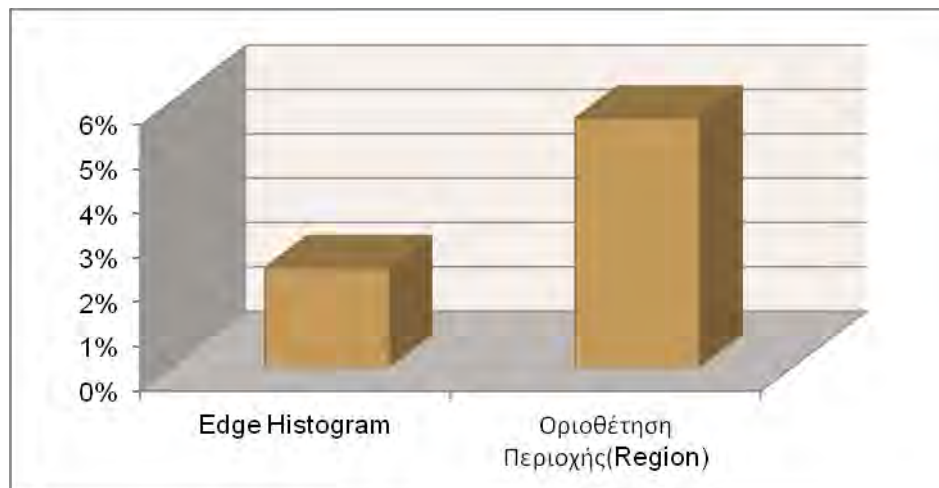
Από όλα τα άρθρα που μελετήθηκαν το 15% χρησιμοποιεί το χαρακτηριστικό υφής Μετασχηματισμός Κυματιδίου χαρακτηριστικά αναφέρουμε τις εργασίες των (Li et al., 2006;

Besson et al., 2003; Mahmudur et al., 2004; Yaoa et al., 2006; Müller et al., 2005; Liua et al., 2007; Li and Wang, 2004).

Το αμέσως επόμενο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά (9%) είναι τα Φίλτρα Gabor, εφαρμόζονται κυρίως για την ανίχνευση ακμών (Mahmudur et al., 2004; Horsthemke et al.; Floreaa et al. κ.α.). Έπειτα ο Πίνακας Συνεμφάνισης (Co-occurrence Matrix) (6%) και ακολουθούν τα υπόλοιπα όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα.

### 3.2.3 Σχήμα

Αναφερόμενοι στο σχήμα δε εννοούμε το συνολικό αλλά τη μορφή μιας συγκεκριμένης περιοχής στο εσωτερικό της εικόνας που μας ενδιαφέρει. Μπορεί να εξαχθεί με πολλούς τρόπους, όπως π.χ. με ιστόγραμμα ακμών (edge histogram). Ακόμα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας εικόνας μπορεί να είναι βασισμένα στη θέση ή στο περίγραμμα μιας περιοχής (delineation of a region).



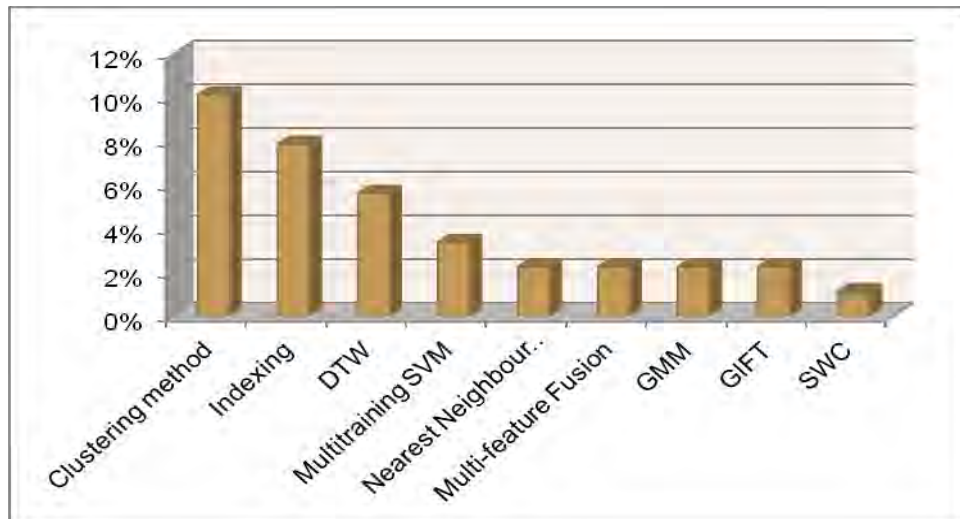
Εικόνα 8 Στατιστικά στοιχεία Σχήματος - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Περίπου το 6% των άρθρων οριοθέτησαν μια περιοχή μέσα στην εικόνα (Mahmudur et al. 2004; Thomas M. et al. 2009) για να εξάγουν το χαρακτηριστικό σχήμα ενώ λιγότερες, περίπου 2%, χρησιμοποίησαν το Ιστόγραμμα ακμών (Edge Histogram)( Takala et al. 2005).

## 3.3 Μεθοδολογίες που Ενσωματώνουν τα Συστήματα CBIR

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία που μελετήθηκε πληθώρα μεθοδολογιών έχει χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο του CBIR. Με τον όρο μεθοδολογία αναφερόμαστε στις

εκάστοτε τεχνικές και στους αλγορίθμους που έχουν προταθεί στο πλαίσιο των συστημάτων CBIR. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες από αυτές διακρίνονται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9 Μεθοδολογίες που ενσωματώνουν τα συστήματα CBIR - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Να σημειώσουμε πώς υπάρχουν αρκετές μελέτες όπου έχει γίνει συνδυασμός περισσότερων από μιας μεθοδολογιών. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στον (Πίνακα 1). Σε πολλές μελέτες χρησιμοποιείται η ανάδραση σχετικότητας (relevance feedback), είναι μια δυνατότητα ορισμένων συστημάτων ανάκλησης πληροφοριών. Η ιδέα πίσω από αυτή την δυνατότητα είναι να λάβει τα αποτελέσματα που επιστράφηκαν αρχικά από ένα συγκεκριμένο ερώτημα και να χρησιμοποιήσει την πληροφορία σχετικά με το αν τα αποτελέσματα αυτά είναι ή όχι σχετικά για να δημιουργήσει ένα νέο ερώτημα (Li et al. 2006; Müller et al. 2007; Xia et al. 2005 κ.α.).

Ακόμα οι Μέθοδοι Ομαδοποίησης (clustering methods) χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά με ποσοστό 10%, ο στόχος της ομαδοποίησης είναι να μειωθεί η ποσότητα των δεδομένων με την κατηγοριοποίηση ή την ομαδοποίηση παρόμοιων στοιχείων μαζί. (Li et al. 2002; Hauksson and Sigurðardóttir 2004), ακολουθεί η Ευρετηρίαση (Indexing) με ποσοστό 8%, χρησιμοποιείται συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις εικόνες (Lehmann et al. 2004; Cha et al . 2002; Ruofei Zhang and Zhongfei (Mark) Zhang 2005). Το 6% της βιβλιογραφίας που μελετήθηκε χρησιμοποιεί την μεθοδολογία της δυναμικής χρονικής παραμόρφωσης, DTW (Dynamic Time Warping) (Tsevas and Iakovidis, 2011; Michail Vlachos et al. 2003; Tsevas and Iakovidis, 2010).

Μόλις το 3% χρησιμοποίησε την SVM (support vector machine) (Setia et al.; Mahmudur Rahman et al 2007) και ακόμα λιγότερο, 2%, τις GMM (Gaussian Mixture Modeling) (Filip Floreaa et al.; Hayit Greenspan and Adi T. Pinhas 2007), Multi-feature Fusion (Shunren Xia et al. 2005; Shunren Xia et al. 2005) και GIFT (GNU Image Finding Tool), είναι μια μηχανή ανάκλισης εικόνων (Henning Müller et al. 2006; Henning Müller et al. 2005) και τέλος την σύγκριση ανά κλίση, SWC, με 1% (Slope Wise Comparison) (Fatih Altiparmak et al. 2006).

### 3.4 Συλλογές Δεδομένων Αξιολόγησης

Ως συλλογή δεδομένων αξιολόγησης αναφέρεται το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιούμε για να αξιολογήσουμε τα συστήματα ανάκλιση εικόνας βάσει το περιεχόμενο ως προς την απόδοση και την αποτελεσματικότητά τους. Μπορεί να είναι από μία μεγάλη βάση δεδομένων όπως Corel Photo Gallery με 20000 εικόνες (Jing Li et al. 2006) ή μια μικρή συλλογή εικόνων με 185 εικόνες που απεικονίζουν Διάσημους καλλιτέχνες της Κίνας (Jia Li., and James Z. Wang 2004). Περισσότερες λεπτομέρειες αναφορικά με τις συλλογές δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των συστημάτων ανάκλιση εικόνας βάσει το περιεχόμενο, διακρίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Πίνακας 1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

	Εργασία	Πεδίο εφαρμογής (είδος εικόνων)	Εξαγωγή χαρακτηριστικών	Μεθοδολογία CBIR	Συλλογή Δεδομένων αξιολόγησης	
1	Jing Li et al. 2006	Γενικές	Χρώμα Υφή  Σχήμα	Histogram Pyramid wavelet transform Edge histogram	Relevance feedback Multitraining SVM Random subspace method	Corel Photo Gallery, 20000
2	Laurent Besson et al. 2003	Παλαιοντολογικές & αρχαιολογικές	Υφή transform  Απόσταση Κατεύθυνση Γειτνίαση	Wavelet	Classification or Indexing	Παλαιοντολογικές & αρχαιολογικές
3	Thomas M. et al. 2009	Ιατρικές εικόνες	Χρώμα Σχήμα Υφή	Grayscale location or delineation of a region	Nomenclature and classification scheme	Βάση δεδομένων με ακτινογραφίες της σπονδυλικής στήλης
4	Vasileios Mezaris, et al. 2003	Γενικές	Χαμηλού επιπέδου περιγραφείς: Χρώμα Θέση  Μέγεθος	Horizontal Axis, Vertical Axis Small, medium, large	Segmentation algorithm(to divide images into regions and endow the indexing and retrieval system with content-based functionalities )  A simple ontology defining	Corel Photo Gallery, 5000

			Σχήμα κάθε περιοχής	intermediate-level descriptors Relevance feedback	
5	<b>David Grangier and Samy Bengio 2007</b>	Αποθέματα φωτογραφίας	Οπτικά χαρακτηριστικά: Ακμές Χρώμα Color histogram(by k-means clustering)	Learning procedure optimizing a criterion related to the ranking performance  Kernel-based Classifiers  Learning algorithm building upon Passive-Aggressive (PA) minimization	Corel Photo Gallery
6	<b>Nuno Vasconcelos, Murat Kunt 2001</b>		Χρώμα Histogram Υφή Space/space-frequency (e.g. wavelet decomposition)  Σχήμα	Representation(a feature transformation, a feature representation, and a similarity function) Learning (short-term, long-term)	
7	<b>Jean-pierre Schober et al.</b>	Τοπία	Χρώμα Color Naming System Υφή multi area, homogeneous or speckled Χωρικές Σχέσεις (spatial relations) Background membership	OntoPic βασισμένο σε οντολογίες που κωδικοποιούνται σε DAML+OIL (ως ταξινομητές)	Οντολογία με 71 έννοιες που εκπαιδεύθηκαν με 75 εικόνες
8	<b>Henning Müller et al. 2006</b>	Ιατρικές, Ακτινογραφίες	Οπτικά χαρακτηριστικά: Υφή	Nearest neighbour classifier using Euclidean distance to compare the images	50,000
9	<b>Thomas M. Lehmann et al. 2004</b>	Γενικές, Ακτινογραφίες	Χρώμα Histograms Υφή Nearest neighbor classifier Ευκλείδεια απόσταση	Comparative evaluation of methods for automatic categorization of medical images-Automatic categorization into more than 80 categories	6335
10	<b>Lokesh Setia et al.</b>	Ακτινογραφίες	Τοπικά χαρακτηριστικά: Υφή Nearest neighbour results	Local features calculated around interest points Classification-with the help of a multi-class SVM	10,000
11	<b>Lehmann et al. 2004</b>	Ακτίνες-χ	Χρώμα & Color histogram & gray scale Συχνότητα Σύσταση Ανάλυση δομών	The categorization step Registration in geometry and contrast The feature extraction step feature selection Indexing identification	IRMA database
12	<b>Lokesh Setia et al. 2006</b>	Ακτινογραφίες	Relational Features Υφή Gray-value co occurrence matrices	Classification( use of local relational features for illumination-robust general-purpose image) Cluster co-occurrence matrices	IRMA database,9.000
13	<b>Md. Mahmudur et al. 2004</b>	CT MRI PET SPECT	Χρώμα color histogram, color moment, coherence  vector,  Υφή dominant color Co-occurrence matrix, Fourier, Gabor and  wavelet  transforms Σχήμα Boundary or	A system architecture for computer aided diagnosis	

			contour-based and region based			
14	<b>William Horsthemke et al.</b>	Ακτινογραφίες	Ένταση εικόνας Μέγεθος περιοχών Σχήμα Στατιστικές στιγμές και μετρήσεις ομοιότητας  Υφή statistical (Haralick statistics of co-occurrence texture matrices), Filters (Gabor transforms), to model-based approaches (Markov Random Fields (MRF))	The first measures the image features of anatomic regions of the abdomen and chest  The second CBIR system attempts to find similar pathologies within an anatomical structure, in particular the lung.	NIH Lung Image Database Consortium (LIDC) ,344	
15	<b>Henning Muller et al. 2006</b>	Ιατρικές & μη ιατρικές	Χρώμα Σχήμα	Χαρακτηριστικά ιστογράμματος Περιγραφή	Classical tf/idf weightings of visual features as used in the GIFT	Μη ιατρικές 14035 Ιατρικές 10000 & 1000 άγνωστης κατηγορίας
16	<b>Lehmann TM1 et al.</b>	Ακτινογραφίες	Υφή (Γενικά χαρακτηριστικά)		The IRMA Reference Code- labeling of images without any inter- or intra-observer variability Computer-Assisted Reference Coding Evaluation of Automatic Coding	IRMA database, 6335
17	<b>Shunren Xia et al. 2005</b>	Ενδοσκοπικές	Colour clustering Colour texture Σχήμα		Multi-feature fusion Relevance feedback	800
18	<b>Henning Müller et al. 2007</b>	Ιατρικές: Παθολογικές, Δερματολογικές Μη ιατρικές			Relevance feedback Classification Information retrieval techniques.	
19	<b>Javed A. Aslam, Emine Yilmaz 2005</b>		Correlation		Rprecision high Average precision and R-precision	
20	<b>Filip Floreaa et al.</b>	Αγγειογραφία (US), Υπέρηχος Μαγνητική τομογραφία (MRI), Ακτινογραφία (RX), Αξονική τομογραφία (CT) Σπινθηρογράφημα	Οπτικά χαρακτηριστικά (τοπικά και γενικά βασισμένα στα: Υφή Φίλτρα Gabor Χρώμα Κλίμακα χρώματος/γκρι		Categorization Gaussian mixture modelling (GMM) along with information-theoretic image matching via the Kullback-Leibler (KL) measure.	10322 εικόνες απο 32 κατηγορίες
21	<b>Mark O Güld et al. 2007</b>	Ακτινογραφίες	Υφή Χαρακτηριστικό δiάνυσμα		Texture-based classifiers are combined in parallel with classifiers	11,000
22	<b>Shunren Xia et al. 2005</b>	Ενδοσκοπικές	Χρώμα Υφή Σχήμα Τήξη	Color histogram Haralick's gray Co-occurrence matrix	Multi-features fusion Relevance feedback	800



23	<b>Yuk Ying Chung and Xiaoming Chen 2006</b>	Γενικές	Χρώμα Υφή	Two Level Clustering Wavelet-based Image Retrieval System	3167
24	<b>Greg Pass, Ramin Zabih 1999</b>	Γενικές	Χρώμα Πυκνότητα ακμών Texturedness Μέγεθος κλίσης Τάξη	Content-based indexing and retrieval Joint histogram	210000
25	<b>Ruofei Zhang et al. 2006</b>	Πολυμορφικές	Οπτικά χαρακτηριστικά : ένα 35-διαστατικό διάνυσμα ( που αποτελείται από 24 χαρακτηριστικά χρώματος) και 12 χαρακτηριστικά υφής	Probabilistic semantic model Bayesian framework- association of visual features and textual words	17,000 εικόνες και 7736 σχόλια από Web pages
26	<b>Yihong Gong 1999</b>	Από τα νέα του CNN και άλλα τηλεοπτικά προγράμματα	Χρώμα Colour histograms Υφή	Color-clustering method Use of the available erroneous, ill-segmented image regions to accomplish the object- region-based image retrieval	10000
27	<b>Yousef B.Mahdy et al. 2006</b>	Φυσικές σκηνές	Οπτικά χαρακτηριστικά : Χρώμα Color spaces (RGB, CMYK, HSV and CIEL*u*v*) Σχήμα Υφή Tamura texture  Εξαρτώμενος απο το πεδίο( domain specific)	CIELuv color space Multi-precision (a certain image is divided into a number of sub-blocks) Similarity matching.	230
28	<b>Jian Yao et al. 2006</b>	Ιατρικές	Χαρακτηριστικό έντασης(intensity feature)  Υφή Harr wavelet feature Garbor wavelet feature	Semantic Error-Correcting output Codes (SECC)	IMAGECLEF 2005 , 9000 εκπαίδευσης & 1000 test
29	<b>Guang-Ho Cha et al. 2002</b>	Γραμματόσημα	Όρια απόστασης σημείου ερώτησης και διανύσματος	Indexing method (LPC-file) Nearest neighbor (NN) search.	13 724 256-color images of U.S. stamps and photos
30	<b>Wei Jiang et al. 2006</b>	Γενικές	Feature vector Χρώμα Υφή	Similarity between the “relevant” and “irrelevant” image sets Effective online feature selection algorithm	Corel Photo Gallery, 10000
31	<b>Peter L. Stanchev et al. 2003</b>	Google	Χρώμα Ιστόγραμμα χαμηλού επιπέδου  Χαρακτηριστικά σε υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά χρώματος	Low level color characteristics to high level semantic features (Johannes Itten theory r,Dempster- Shafer theory and fuzzy production rules) Segmentation	Google image search engine
32	<b>A.CSILLAGH Y et al. 2000</b>	Φωτογραφίες: Τύπου Κατάλογους μουσειών	Χρώμα Ιστόγραμμα	Texture summarization Indexing features are generated by examining the distribution of parameters describing image regions	50000
33	<b>Henning Müller et al. 2005</b>	Τομογραφία Ακτινογραφία	Υφή Wavelet filter responses	medGIFT retrieval system- based on the open source system GIFT	Περισσότερες απο 60000
34	<b>Henning</b>	Αποθέματα	Χρώμα Simple	Framework that enables the	922

	<b>Müller et al. 2003</b>	φωτογραφιών-Γεωγραφικές περιοχές	histogram intersection (HI) Υφή Viper system	creation of a benchmark for CBIR.	
35	<b>Chen Li et al. 2002</b>	Αθλητισμός Κινούμενα σχέδια clip arts	Χαρακτηριστικό διανύσματος: εικόνες & κείμενο	Finding clusters Building a simple but efficient index	Δύο σύνολα: 30000 & 450000
36	<b>Ching-chih Chen et al. 2005</b>	Ζωγραφική Αρχιτεκτονική Διακοσμητική	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά Χρώμα color histogram, geometries, Υφή shapes Υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: specialist commentary		
37	<b>Ruofei Zhang and Zhongfei (Mark) Zhang 2005</b>	Γενικές	Χρώμα Ιστόγραμμα χρώματος και οι παραλλαγές του	Indexing method based on fuzzy logic	Corel Photo Gallery, 10000
38	<b>Wei-Min Jeng &amp; Jen-Hao Hsiao 2005</b>		Υφή Daubechies' wavelet transform Χρώμα Histograms	Use of dual image signatures Images are preprocessed and indexed by means of both colour histogram and wavelet image signatures The architecture is very effective in accommodating dual image features	10000
39	<b>Md Mahmudur Rahman et al. 2007</b>	Ιατρικές	Γενικά χαρακτηριστικά: Χρώμα, Υφή & Ακμή	Probabilistic multiclass support vector machine (SVM) Fuzzy c-mean (FCM) clustering	5000
40	<b>Valtteri Takala et al. 2005</b>	Γενικές-Φύση	LBP histograms color correlogram edge histogram	Minkowski distances. Calculates a single feature histogram for the query	Corel Image Gallery, 1350
41	<b>Andy Tsai et al. 2005</b>		Σχήμα	Shape classification	ΒΔ 12 περιγραμμάτων του αριθμού τέσσερα ΒΔ 12 πολεμικών αεροσκαφών ΒΔ 18 περιγράμματα ψαριών ΒΔ επτά οχημάτων ΒΔ της περιγραφής οκτώ περιγραμμάτων των ακτινογραφιών θώρακος
42	<b>Beitao Li et al 2003</b>	World Wide Web	Χρώμα Ιστόγραμμα χρώματος, color means, color variances Σχήμα επιμήκυνση (elongation), spreadness	Dynamic partial function (DPF)	100 query images 150 video clips
43	<b>Thomas M. Lehmann et al. 2005</b>	Ακτινογραφία	Γενικά χαρακτηριστικά: Χρώμα Ιστογράμματα Σχήμα Υφή Coarseness, contrast, and directionality	Categorization- selecting the appropriate class for a given image out of a set of pre-defined categories	6231
44	<b>Hlynur Hauksson and Rut Sigurðardóttir</b>		Χρώμα Color histogram	Clustering- SR-tree to get clusters of equal sizes	Data set that contained 5 million local descriptors

	<b>2004</b>					
45	<b>Julia Vogel and Bernt Schieleb 2006</b>	Γενικές	Μέγεθος		1. small patches of the image are analyzed 2. the patch information is processed	1073
46	<b>Raphael Maree et al . 2005</b>	Ακτίνες-χ	Ακμές		Decision trees and random subwindows [MGPW05b] Classification	10000
47	<b>Henning Müller et al. 2004</b>	Ιατρικές, Ακτίνες-χ	Χρώμα colour/grey level χαρακτηριστικά		Pooling methods well known from the text or information retrieval field	8700
48	<b>Gregory Crane and Clifford Wulfman 2003</b>					
49	<b>Ying Liua et al. 2007</b>	Πραγματικές	Χρώμα color-covariance matrix, color histogram, color moments and color coherence vector Υφή spectral features (Gabor filtering or wavelet transform, statistical features ) Σχήμα Spatial location		Ontology to define high-level concepts Machine learning methods to associate low-level features with query concepts Relevance feedback to learn users' intention; Generating semantic template to support high-level image retrieval Fusing the evidences from HTML text and the visual content of images for WWW image retrieval.	
50	<b>Hayit Greenspan and Adi T. Pinhas 2007</b>	Αξονική τομογραφία πνευμόνων Μαστογραφία Σπονδυλική στήλης	Χρώμα gray level Υφή		Gaussian mixture modeling (GMM) along with information-theoretic image matching via the Kullback–Leibler (KL) measure. Clustering via the GMM	
51	<b>Horst Eidenberger 2004</b>		Χρώμα Color Layout, Dominant Color, Edge Histogram and Texture Browsing colour histograms (Color Structure and Scalable Color)		Mean and variance of description elements Distribution of elements Cluster analysis (hierarchical and topological) Factor analysis	Brodatz dataset, 112 Corel dataset , 260 Dataset with coats-of-arms images,426
52	<b>Sagarmay Deb and Yanchun Zhang 2004</b>		Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: χρώμα, υφή, σχήμα, spatial locations Υφή Gabor wavelet Features		XML-based image annotation of the images at the time of creation of the images, in an automatic way has been suggested but not yet implemented.	
53	<b>Socrates Dimitriadis et al . 2007</b>	Ακτινογραφία	Χρώμα Histogram Υφή Φίλτρο Gabor Σχήμα		Multi-agent architecture	Corel 7 Photo CD, 1.000
54	<b>Elif Albuz et al. 2001</b>	Φύση	Χρώμα Histogram colour histogram Υφή Σχήμα Spatial relationship of objects Wavelet transformation		Indexing and retrieval system based on vector wavelet coefficients of colour images Wavelet coefficient	5,000
55	<b>Dengsheng</b>	Σχήμα	Χαμηλού επιπέδου		Two shape descriptors	Συνολικά 3621 σχήματα

	<b>Zhang and Guojun Lu 2003</b>		χαρακτηριστικά	A Java-based client-server retrieval framework	: (A1 αποτελείται από 2881 σχήματα A2 αποτελείται από 2921 σχήματα A3 αποτελείται από 3101 σχήματα A4 αποτελείται από 3101 B αποτελείται από 2811 σχήματα)
56	<b>Kui Wu &amp; Kim-Hui Yap 2007</b>	Ζώα	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Χρώμα: Color histogram Color auto - correlogram Υφή : Wavelet moment Gabor wavelet Σχήμα	Fuzzy relevance feedback	Corel Photo Gallery, 10000
57	<b>Jia Li., and James Z. Wang 2004</b>	Διάσημοι καλλιτέχνες της Κίνας	Χρώμα Color histogram Υφή Wavelet transform	The two-dimensional (2-D) multiresolution hidden Markov model (MHMM)	185
58	<b>Yi-Shin Chen and Cyrus Shahabi 2003</b>		Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Χρώμα Σχήμα Υφή	Yoda- classifying images Classification	
59	<b>Apostol Natsev et al. 2004</b>		Χρώμα Υφή Wavelet transform Σχήμα	WALRUS (WAVELET-based Retrieval of User-specified Scenes)	10,000 stored in jpeg format, with sizes of 85 _ 128, 96 _ 128, or 128 _ 85 pixels.
60	<b>Wei Wang and Aidong Zhang 2006</b>	Γενικές	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά	Decisive feature patterns (DFPs)	COREL1 ,6004 COREL2 ,1000
61	<b>Sridhar R. Avula et al. 2006</b>	Γενικές	Χρώμα Histogram Υφή Haar wavelet	Clustering-using the Fisher discriminant Distance between features of the constituent segments	
62	<b>Henning Müller et al. 2004</b>		Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Χρώμα Global color histogram Local color blocks Υφή Local Gabor features	Similarities and differences between the two fields-how to use the interaction data for deriving a better feature weighting.	Viper CBIR system, 80000
63	<b>Henning Müller et al. 2007</b>	Ακτινογραφίες, Ενδοσκοπικές	Gray-value histograms Tamura texture features Global texture features Gabor features	Hierarchical classification where to stop classification to avoid making mistakes in the hierarchy ??? Visual Retrieval textual retrieval mixed retrieval???	66000
64	<b>Marjo Markkula et al. 2001</b>	Φωτογραφίες	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Χρώμα Color Content (CC) Shape Content (SC) Texture Content (TC) Color Structure (CS) Brightness Structure (BS)	Test-collection - effort to bridge the gap between the development of CBIR algorithms and user demands	50000
65	<b>Heng Tao Shen et al.</b>			Weight ChainNet Clustering mechanism,	National University of

	2006			ICC (Incremental Clustering on ChainNet)	Singapore, BBC and World Travel Guide web sites , 10000 εικόνες περισσότερα από 2000 διαφορετικά URLs
66	Mohammad Faizal Ahmad Fauzi and Paul H. Lewis 2007	Πολυμεσικές συλλογές μουσείων	Υφή Discrete wavelet frames (DWF)	Multiscale method, together with the DWF	Brodatz database , 1008
67	Henning Müller 2000				
68	Yung-Kuan Chan and Chih-Ya Chen 2005		the mean standard deviation skewness of the pixel colors	CDAEO feature	SetD , 500
69	Henning Müller & Jayashree Kalpathy-Cramer 2009	Ακτίνες-χ Τομογραφία (CT) Μαγνητική τομογραφία (MRI) Μη -ακτινογραφίες	Γενικά-Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Χρώμα Histograms Υφή Wavelets Co-occurrence matrices  Σχήμα salient points patch histograms	Classification of regions of interest in lung CT images	
70	Man-Kwan Shan and Suh-Yin Lee	Βίντεο shots	A sequence of key(64-bin color histogram in HSV color space) frames	Series of shot similarity algorithms based on similarity of frame or key frame sequence Seven different similarity measures and corresponding algorithms(based on the dynamic programming)	100
71	W. Dorda et al. 2002			Query language AMAS,	
72	D.A . Adjeeroh, M.C. Lee and I King 1998	Βίντεο		Video sequence –to- sequence matching, vstring edit distance	Some test video sequences
73	Songhe Feng et al. 2010	Ζώα Φύση	Περιοχή Ακμές	Selective visual attention model	Corel Photo Gallery, 5000
74	Rodriguez-Serrano et al. 2009	handwritten word image		similarity measure between sequences of vectors PPK between semi-continuous HMMs (SCHMMs)	Handwritten word images 630 pages, 180K word hypotheses after segmentation Approx ~10K word images after pruning 3 different feature sets
75	Y. Shan et al. 2004	Οχήματα	Χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά: Διάνυσμα Histogram of low-level features  shape context	Sequence clustering Similarity measure of two image sequences based on shapeme histograms(represents a cluster of similar invariant Features) A weighting scheme to conduct an implicit feature selection process	10 sequences of 2 vehicle objects, 5 sequences for each object, and about 120 images for each sequence
76	Manuele Bicego et al. 2003	Αντικείμενα	temporal information	Scheme for HMMbased sequential data clustering	

77	<b>Sanghyun Park &amp; Wesley W. Chu 2003</b>	Ιατρικές & συνθετικές	Θέση Μέγεθος Περίμετρος	Indexing technique using the multi-dimensional time warping distance Disk-based suffix tree as an index structure	Single and multi dimensional sequence databases
78	<b>Faloutsos et. Al. 1994</b>			SequentialScan method I-naïve method I-fixed method I-adaptive method	
79	<b>Shoji Hirano &amp; Shusaku Tsumoto, 2006</b>	ALB-PLT trajectories χρόνιας ηπατίτιδας	Trajectories	Dynamic Time Warping (DTW)- based on the local dissimilarity Multiscale cluster analysis method	Chronic hepatitis dataset , 771 άνθρωποι με ηπατίτιδα Β και C
80	<b>G. Quellec et al. 2008</b>	Σειρά εικόνων(με Διαβητική Αμφιβληστροειδοπάθεια) με σημαντικές πληροφορίες	Υφή wavelet transform	FCM (Fuzzy C-Means)( αντικαθιστώντας την ευκλείδια απόσταση με D)	diabetic retinopathy database
81	<b>Syeda-Mahmood et al. 2007</b>	εγκεφαλογράφημα, ήχοι καρδιάς, και echo videos	Σχήμα του ECG	Shape similarity algorithm (βασισμένο στο dynamic time warping ,χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά σχήματος που προέρχονται από την καμπυλότητα των σημείων αλλαγής της χρονικής σειρά του ECG)	Hospitals in India data-ECG and echo videos Harvard data set of 301 ECGs, and digital ECG Recordings PTB benchmark database available from Physionet-contains 12 channel 547 EKG recordings Sample data from GE Vivid Online library Yale Medical School training collection.
82	<b>Jan Ramon et al. 2006</b>			Decision trees (DT) First Order Random Forests (FORF) Naive Bayes (NB) Tree Augmented Naive Bayes(TAN)	908 ασθενείς
83	<b>Fatih Altıparmak et al. 2006</b>	Χρονοσειρές		K-Medoid clustering algorithm Διάφορες αποστάσεις: dynamic time warping (DTW), Euclidean, correlation coefficient, and qualitative distance Slope-Wise Comparison (SWC) Mean-Wise Comparison (MWC)	28,000 ασθενείς
84	<b>Mohammed Saeed &amp; Roger Mark 2006</b>	Πολλαπλές φυσιολογικές μετρήσεις (καρδιακό ρυθμό, την πίεση του αίματος)	Discrete Wavelet Transform (DWT), Haar wavelet	<b>K</b> nearest-neighbor algorithm	MIMIC-II database
85	<b>S. Tsevas and D.K. Iakovidis, 2010</b>	ιατρικά δεδομένα των ασθενών περιπτώσεις ηπατίτιδας Β και C		Dynamic Time Warping Distance	hepatitis dataset - Chiba university hospital in Japan
86	<b>Michail Vlachos et al. 2003</b>	Πολυδιάστατες χρονοσειρές		k-Nearest-Neighbors (kNN) Euclidean distance, Dynamic Time Warping, Longest Common Subsequence (LCSS)- (distance measures)	32769, database size

87	<b>Sanghyun Park et al.</b>	Stock & artificial sequences		disk-based suffix tree  time warping (TW) similarity measure	545 stock sequences χρησιμοποιήθηκαν με μέσο μήκος 232, S&P 500 and on the artificial data sequences
88	<b>S. Tsevas and D.K. Iakovidis, 2009</b>	Ακτινογραφίες θώρακος	Grey level histogram	Non-negative matrix factorization (NMF), Fuzzy C-Means (FCM)	27 ακτινογραφίες
89	<b>S.Tsevas and D.K.Iakovidis, 2011</b>	Πολυμεσικά χρονικά ιατρικά δεδομένα		Dynamic Time Warping Distance, Dynamic Time Warping Fusion Scheme	188 patients that demonstrated hepatitis were used (94 of type B and 94 of type C).

## **4 ΑΝΑΚΛΗΣΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΩΝ ΘΩΡΑΚΟΣ**

Η ακριβής και έγκαιρη διάγνωση, η εκτίμηση της πορείας μιας νόσου, αλλά και ο σχεδιασμός θεραπευτικών παρεμβάσεων βασίζονται σήμερα σε σημαντικό βαθμό στην ιατρική απεικόνιση και εξαρτώνται τόσο από την συλλογή των απεικονιστικών δεδομένων όσο και από την ερμηνεία-διαχείριση των λαμβανόμενων εικόνων. Τα τελευταία χρόνια ο ρόλος και η συμβολή της ιατρικής απεικόνισης στη διαγνωστική και θεραπευτική διαδικασία έχει ενισχυθεί θεαματικά.

### **4.1 Τι είναι Ακτινογραφία**

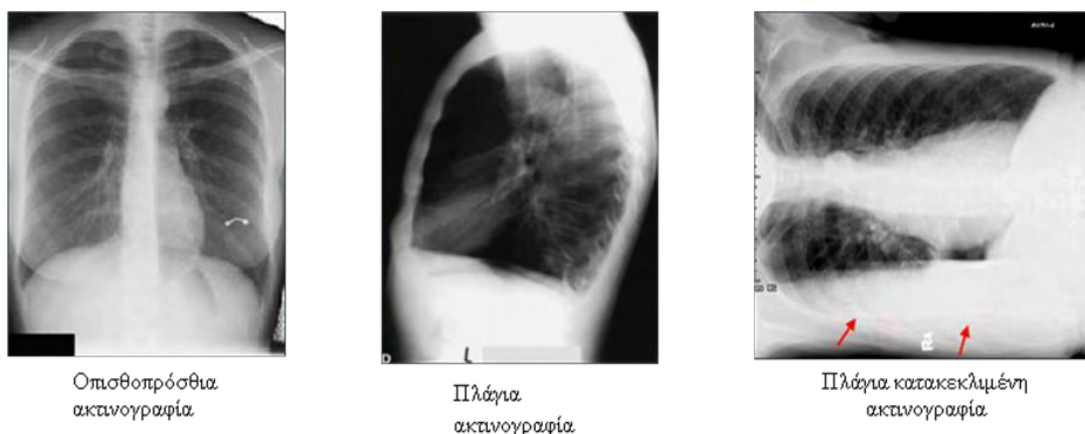
Η ακτινογραφία είναι μια μέθοδος εξέτασης που χρησιμοποιεί τεχνολογίες απεικόνισης των εσωτερικών οργάνων ή άλλων μερών του σώματος. Χρησιμοποιείται βασικά για διαγνωστικούς σκοπούς και μπορεί, θεωρητικά, να απεικονίσει οποιοδήποτε μέρος του σώματος. Είναι ουσιαστικά μια φωτογράφιση μιας περιοχής του ανθρωπίνου σώματος που δίνει ιατρικές πληροφορίες λόγω χρήσης της ακτινοβολίας X. Η αρχή της λήψης ακτινογραφιών βασίζεται στο γεγονός ότι οι ακτίνες X διαπερνούν σε ποικίλο βαθμό τα μαλακά μέρη του σώματος και τον αέρα, ενώ αντίθετα η πορεία τους διακόπτεται στα συμπαγή μέρη. Το σημείο του σώματος που προορίζεται να αποτυπωθεί στην ακτινογραφία τοποθετείται μπροστά στο ακτινολογικό φιλμ και μια πηγή ακτινών X, αφού επικεντρώσει κατάλληλα, το ακτινοβολεί (σε διαφορετική απόσταση και για διαφορετική χρονική διάρκεια ανάλογα με την εξέταση). Η εικόνα που λαμβάνεται στο φιλμ, εκτυπώνεται και είναι ασπρόμαυρη και διαφανής. Ο αέρας απεικονίζεται μαύρος (αυτό αποκαλείται διαύγαση) και τα συμπαγή μέρη, άσπρα (σκίαση ή πύκνωση) (Eisenberg Ronald L).

### **4.2 Ακτινογραφία θώρακος**

Η ακτινογραφία θώρακος είναι απαραίτητη για την διάγνωση παθήσεων που προκαλούν διαταραχή της ανατομικής δομής του θώρακα. Μπορεί να δώσει πληροφορίες που αφορούν το μέγεθος και το σχήμα της καρδιάς, καθώς και πληροφορίες για τους πνεύμονες, τους αεραγωγούς, τα αιμοφόρα αγγεία, και τους λεμφαδένες. Η ακτινογραφία θώρακος δείχνει επίσης τα οστά της σπονδυλικής στήλης και του στήθους σας, συμπεριλαμβανομένων του στέρνου, των πλευρών σας, της κλείδας, και το πάνω μέρος της σπονδυλικής σας στήλης και χρησιμοποιείτε για την εύρεση προβλημάτων στο εσωτερικό του στήθους. Αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές διαγνωστικές παρακλινικές μεθόδους.



Οι ακτινογραφικές λήψεις ποικίλουν:



Εικόνα 10 Ακτινογραφικές λήψεις (Φώτης Περλικός)

### 4.3 Ανάκληση Χρονικών Ακολουθιών Δεδομένων με Βάση το Περιεχόμενο

#### 4.3.1 Ανάλυση Χρονοσειρών

Με τον όρο χρονοσειρά εννοούμε μια σειρά από παρατηρήσεις που λαμβάνονται σε ορισμένες χρονικές στιγμές ή περιοδικά, σε στιγμές που ισαπέχουν χρονικά μεταξύ τους. Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση των χρονοσειρών. Οι μέθοδοι αυτοί ανήκουν σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που βασίζονται στη μελέτη συναρτήσεων που εξαρτώνται από τον χρόνο, και σε αυτές οι οποίες εξαρτώνται από τις συχνότητες και οι οποίες ερευνούν τις περιοδικές ιδιότητες που μπορεί να έχει η σειρά. Τα κυριότερα στοιχεία της ανάλυσης χρονοσειρών είναι τα εξής τρία: η περιγραφή, η επεξήγηση και η πρόβλεψη των εξαρτημένων δεδομένων. Η περιγραφή επιτυγχάνεται με την βοήθεια διαφόρων γραφημάτων, η επεξήγηση χρησιμοποιώντας μοντέλα για να εξερευνηθούν οι μηχανισμοί δημιουργίας της χρονοσειράς και η πρόβλεψη περιλαμβάνει τη χρήση ενός μοντέλου για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της σειράς.

**Είδη:** Διακριτή, συνεχής, μονοδιάστατη, πολυδιάστατη.

**Παράσταση:**  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,  $n$ : μέγεθος χρονοσειράς

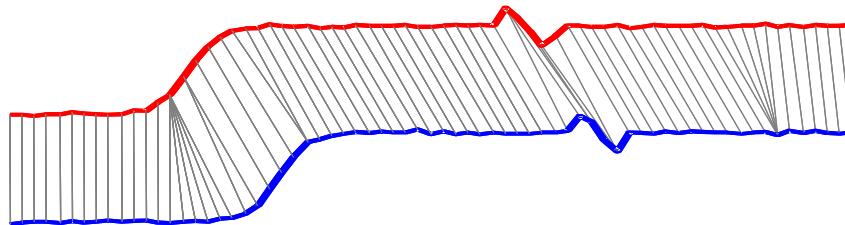
Το απλούστερο μέτρο για τον υπολογισμό της ομοιότητας μεταξύ δύο διακριτών χρονοσειρών  $X[n]$  και  $Y[n]$  είναι η Ευκλείδεια απόσταση, όπου η απόσταση μεταξύ των

σειρών ορίζεται ως (βλ. ( 1 ) ). Στην μετρική – Ευκλείδεια απόσταση όμως οι χρονοσειρές πρέπει να έχουν το ίδιο μήκος και να είναι ομοιόμορφα δείγματα στην διάρκεια του χρόνου. Όμως σε χρονικές σειρές που καταγράφονται σε κλινικά περιβάλλοντα αυτές οι προϋποθέσεις τηρούνται σπάνια. Για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια έχουν προταθεί διάφορες παραλλαγές της Ευκλείδειας απόστασης με βάση την αρχή του χρόνου.

#### 4.3.2 Η Δυναμική Χρονική Παραμόρφωση

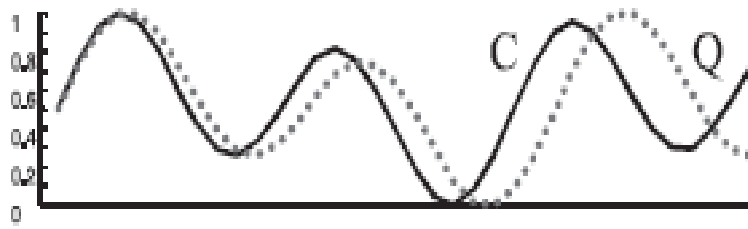
Η «δυναμική χρονική παραμόρφωση» (Dynamic Time Warping- DTW) χρησιμοποιείται σε αρκετές περιοχές όπως στην εξόρυξη δεδομένων και στην συσταδοποίηση χρονικών σειρών, σε μετρήσεις τις καρδιάς και της πίεσης του αίματος (Mohammed Saeed & Roger Mark, 2006), σε ιατρικά δεδομένα ασθενών με ηπατίτιδα (S. Tsevas and D.K. Iakovidis, 2010), σε τεχνητές ακολουθίες (artificial sequences) (Sanghyun Park et al.), σε ακολουθίες πρωτεϊνών, στην μουσική, στην επεξεργασία σήματος κ.α.

Γίνεται δημοφιλής καθώς είναι εξαιρετικά αποδοτικό μέτρο ομοιότητας χρονοσειρών (time-series) αφού επιτρέπει τον μετασχηματισμό τους έτσι ώστε να ανιχνευθούν παρόμοιες μορφές που βρίσκονται σε διαφορετική φάση (δηλαδή κάποιες τιμές των χρονοσειρών δεν έχουν μετρήσεις σε κοινούς χρόνους).



Εικόνα 11 Χρονοσειρές με διαφορετική φάση

Η βασική ιδέα της τεχνικής αυτής είναι η χρονική ευθυγράμμιση των χρονοσειρών με ένα μη γραμμικό τρόπο, επιτρέποντας την επέκταση των ακολουθιών με την παρεμβολή κατάλληλων όρων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή η σύγκριση μεταξύ χρονοσειρών με διαφορετικό μήκος ή και διαφορετική κλιμάκωση στον χρόνο. Έστω δύο χρονοσειρές  $x=[x(1), K, x(M)]$  και  $y=[y(1), K, y(N)]$ , όπως αυτές που παρουσιάζονται στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12 Χρονοσειρές

Για να αντιστοιχίσουμε τις δύο ακολουθίες με την μέθοδο του δυναμικού χρονικού προγραμματισμού κατασκευάζουμε έναν  $N \times M$  πίνακα  $D$ , όπου το στοιχείο  $(i,j)$  του πίνακα περιέχει το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των δειγμάτων  $x(i)$  και  $y(j)$  (δηλαδή  $D(i,j) = (x(i) - y(j))^2$ ). Κάθε στοιχείο  $(i,j)$  του πίνακα αντιστοιχεί κατά μια έννοια στο κόστος ευθυγράμμισης των δειγμάτων  $x(i)$  και  $y(j)$ . Μια διαδρομή ταιριάσματος (warping path)  $W = w_1, w_2, \dots, w_k$ , όπου  $\max(M, N) \leq k \leq M + N - 1$ , είναι μια ακολουθία γειτονικών στοιχείων του πίνακα (υπό περιορισμούς που παρατίθενται παρακάτω), που καθορίζει μια αντιστοίχιση μεταξύ των δειγμάτων των χρονοσειρών  $x$  και  $y$ . Το  $k$ -οστό στοιχείο της ακολουθίας  $W$  ορίζεται σαν  $w_k = (i,j)$ . Η διαδρομή ταιριάσματος υπόκειται συνήθως τους παρακάτω περιορισμούς:

1. **Οριακές συνθήκες:**  $w_1 = (1,1)$  και  $w_k = (M,N)$ . Με βάση αυτόν τον περιορισμό, η ακολουθία υποχρεούται να ξεκινά και να τερματίζει στα αντικριστά στοιχεία της διαγωνίου.
2. **Συνέχεια:** Εάν  $w_k = (a,b)$  τότε  $w_{k-1} = (a',b')$  όπου  $a - a' \leq 1$  και  $b - b' \leq 1$ . Σύμφωνα με αυτόν τον περιορισμό, γειτονικά στοιχεία της διαδρομής πρέπει υποχρεωτικά να περιέχουν γειτονικά στοιχεία του πίνακα. Με άλλα λόγια, η διαδρομή δεν επιτρέπεται να κάνει άλματα αλλά ούτε και να παραλείπει στοιχεία του πίνακα.
3. **Μονοτονία:** Εάν  $w_k = (a,b)$ , τότε  $w_{k-1} = (a',b')$ , όπου  $a - a' \geq 0$  και  $b - b' \geq 0$ . Η διαδρομή θα πρέπει να κινείται προς μία μόνο κατεύθυνση, χωρίς πισωγυρίσματα. Εάν η διαδρομή έχει εγκαταλείψει ένα κελί του πίνακα, δεν επιτρέπεται η επιστροφή σε αυτό.

Το πλήθος των διαδρομών που ικανοποιούν τις παραπάνω προϋποθέσεις είναι εκθετικά μεγάλος, ωστόσο μας ενδιαφέρει μόνο η διαδρομή ταιριάσματος (warping path) που

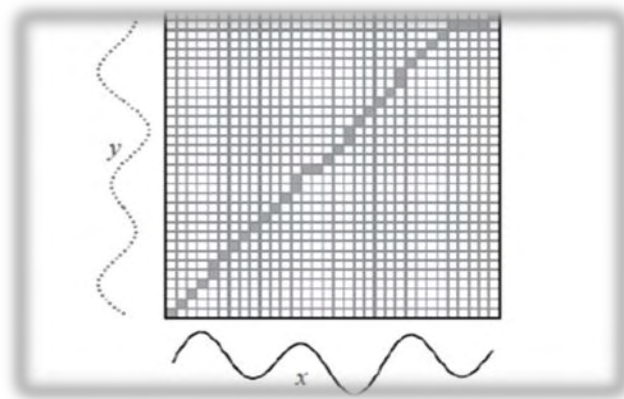
ελαχιστοποιεί την ανομοιότητα μεταξύ των χρονοσειρών, χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση της απόστασης DTW:

$$DTW(x, y) = \min \sqrt{\sum_{k=1}^K w_k} \quad (5)$$

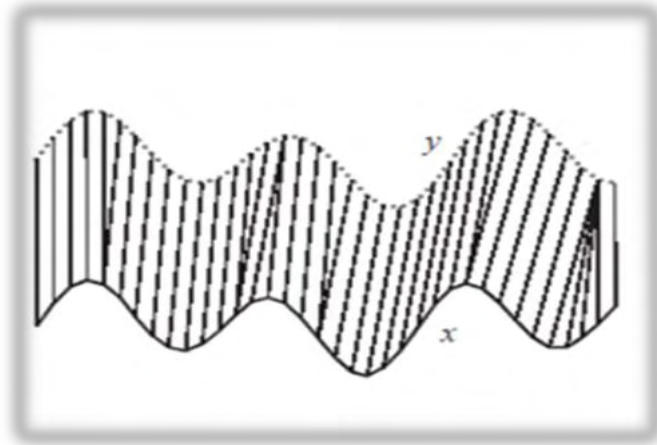
Η εύρεση της διαδρομής απαιτεί χρήση δυναμικού προγραμματισμού για την αποτίμηση της ακόλουθης αναδρομικής σχέσης που ορίζει τη συνολική αθροιστική απόσταση  $\gamma(i, j)$  σαν το άθροισμα της τιμής της απόστασης  $D(i, j)$  που βρίσκεται στο τρέχον κελί και του ελαχίστου των αθροιστικών αποστάσεων των γειτονικών στοιχείων:

$$\gamma(i, j) = D(i, j) + \min \begin{cases} \gamma(i-1, j-1) \\ \gamma(i-1, j) \\ \gamma(i, j-1) \end{cases} \quad (6)$$

Με άλλα λόγια, η παραπάνω αναδρομή ορίζει ότι η διαδρομή με το ελάχιστο κόστος που καταλήγει στο στοιχείο  $(i, j)$  του πίνακα, θα αποτελείται από το συγκεκριμένο στοιχείο του πίνακα συν τη διαδρομή με το μικρότερο κόστος, από εκείνες που καταλήγουν στα γειτονικά του στοιχεία.



Εικόνα 13 Πίνακας αποστάσεων & η διαδρομή ελαχίστου κόστους



Εικόνα 14 Η τελική Ευθυγράμμιση ακολουθιών

Η Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δύο ακολουθιών μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ειδική περίπτωση της DTW όπου οι ακολουθίες έχουν ίδιο μήκος, και το  $k$ -οστό στοιχείο της ακολουθίας  $W$  ορίζεται σαν  $w_k = (i, j)_k, i = j = k$ .

Δηλαδή για δύο ακολουθίες ίδιου μήκους, η διαδρομή το κόστος της οποίας ισούται με την Ευκλείδεια απόσταση των ακολουθιών, αποτελείται από τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα αποστάσεων. Η πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι  $O(MN)$ , όμως μπορεί να περιοριστεί στο  $O(w * \max(M, N))$ , εάν περιορίσουμε τα δυνατά μονοπάτια της διαδρομής στην περιοχή του πίνακα που οριοθετείται μεταξύ των  $w$ -οστών διαγωνίων του πίνακα, πάνω και κάτω από την κύρια διαγώνιο.

Γενικά η DTW χρησιμοποιεί ένα πιο ευέλικτο μέτρο από την Ευκλείδεια απόσταση και αποδίδει καλύτερα την διαισθητική αντίληψη της ομοιότητας, αλλά η χρήση δυναμικού προγραμματισμού κάνει γενικά δύσκολη τη ενσωμάτωση του μέτρου αυτού σε πιο πολύπλοκες εφαρμογές. Προφανώς για αυτόν τον λόγο, μέχρι πολύ πρόσφατα πολύ λίγες εργασίες ανέφεραν χρήση του μέτρου αυτού. Τα τελευταία χρόνια όμως φαίνεται ότι έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας (Fatih Altiparmak et al., 2006; Mohammed Saeed & Roger Mark, 2006; Tsevas and Iakovidis, 2010; Michail Vlachos et al. 2003).

### Accumulated cost matrix

```
1.  $n \leftarrow |X|$ 
2.  $m \leftarrow |Y|$ 
3.  $dtw\{\} \leftarrow \text{new}(n \times m)$ 
4.  $dtw(0,0) \leftarrow 0$ 
5. for  $i=1; i \leq n; j++$  do
6.      $dtw(i,1) \leftarrow dtw(i-1, 1) + c(i,1)$ 
7. end for
8. for  $j=1; j \leq m; j++$  do
9.      $dtw(1,j) \leftarrow dtw(1, j-1) + c(1,j)$ 
10. end for
11. for  $i=1; i \leq n; j++$  do
12.     for  $j=1; j \leq m; j++$  do
13.          $dtw(i,j) \leftarrow c(i,j) + \min \{dtw(i-1, j); dtw(i, j-1); dtw(i-1, j-1)\}$ 
14.     end for
15. end for
16. return  $dtw$ 
```

Εικόνα 15 Υπολογισμός Πίνακα αποστάσεων D

#### 4.3.3 Ποιοτική Προσέγγιση

Σύμφωνα με την ποιοτική προσέγγιση (qualitative approach) συγκρίνονται όλες οι πιθανές κινήσεις (movements) των ζευγαριών  $(i,j)$  αυτό σημαίνει πως για μια ακολουθία μεγέθους  $n$ , συγκρίνονται οι κινήσεις από την πρώτη είσοδο με κάθε μία από τις υπόλοιπες  $n-1$  εισόδους. Δεδομένου ότι η κίνηση από την πρώτη στη δεύτερη είσοδο συγκρίνεται για το πρώτο, κινήσεις από την δεύτερη είσοδο για τις υπόλοιπες  $n-2$  καταχωρήσεις συγκρίνονται για το δεύτερο, και ούτω καθεξής. Το άθροισμα των αποστάσεων όλων των ζευγαριών διαιρείται με τον συνολικό αριθμό των ζευγαριών το οποίο είναι  $n*(n-1)/2$ , και επιστρέφεται ως ποιοτική απόσταση.

Η ποιοτική μετρική φαίνεται να είναι αποτελεσματική για μικρού μήκους χρονοσειρές. Χρησιμοποιεί μια εσωτερική μετρική απόσταση για να συγκρίνει την σχέση μεταξύ των  $i$ -οστών και  $j$ -οστών εισόδων για την μια ακολουθία, με την σχέση ανάμεσα στις αντίστοιχες εισόδους της άλλης ακολουθίας. Έτσι η τοπική μετρική πρέπει να μπορεί να συγκρίνει τις σχέσεις μεταξύ των κινήσεων, μια τέτοια μετρική είναι η σύγκριση ανά κλίση (Altıparmak et al., 2006).

#### 4.3.4 Σύγκριση ανά Κλίση

Η μετρική της σύγκρισης ανά κλίση (Slope Wise Comparison, SWC) λαμβάνει τέσσερις εισόδους  $x_1, x_2, y_1$  και  $y_2$ , και συγκρίνει τις σχέσεις ανάμεσα στα  $x_1, x_2$  και  $y_1, y_2$ . Υπάρχουν πέντε πιθανές αποστάσεις που μπορεί ν' αποδοθούν : 0, 0.25, 0.5, 0.75 και 1. Η μέθοδος ονομάζεται Slope Wise Comparison, το άθροισμα των απόλυτων τιμών των  $x_1, x_2$  χρησιμοποιείται για να βρεθεί μια τεχνητή κλίση (artificial slope). Έστω  $AX$  η τεχνητή κλίση μεταξύ των  $x_1$  και  $x_2$  και  $AY$  η κλίση μεταξύ των  $y_1$  και  $y_2$  (Altıparmak et al., 2006).

$$AX = \frac{X_2 + X_1}{|X_2| + |X_1|} \quad (7)$$

και

$$AY = \frac{Y_2 + Y_1}{|Y_2| + |Y_1|} \quad (8)$$

Αυτές οι τεχνητές κλίσεις συγκρίνονται με το θετικό όριο (pt) και το αρνητικό όριο (nt), προκειμένου να καθοριστεί η απόσταση αυτών των δύο ζευγών. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο SWC καθορίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2 Κανόνες της μεθόδου SWC

(x1,x2) (y1,y2)	ΑΥΞΗΣΗ			ΜΕΙΩΣΗ		
		AX<pt	AX>=pt		AX>=nt	AX<nt
ΑΥΞΗΣΗ	AY<pt	0	0.25	AY<pt	0.5	0.75
	AY>=pt	0.25	0	AY>=pt	0.75	1
ΜΕΙΩΣΗ		AX<pt	AX>=pt		AX>=nt	AX<nt
	AY>=nt	0.5	0.75	AY>=nt	0	0.25
	AY<nt	0.75	1	AY<nt	0.25	0

#### 4.4 Καμπύλες Ακρίβειας-Ανάκλησης και Λειτουργικού Χαρακτηριστικού Δέκτη

Η καμπύλη ακρίβειας-ανάκλησης (Precision – Recall, PR Curve) αποτελεί μια μέθοδο αξιολόγησης των μεθοδολογιών ανάκλησης εικόνας βάσει παραδείγματος. Περιγράφει την ακρίβεια (precision) συναρτήσει της ανάκλησης (recall), όπου η ακρίβεια και η ανάκληση ορίζονται ως εξής:

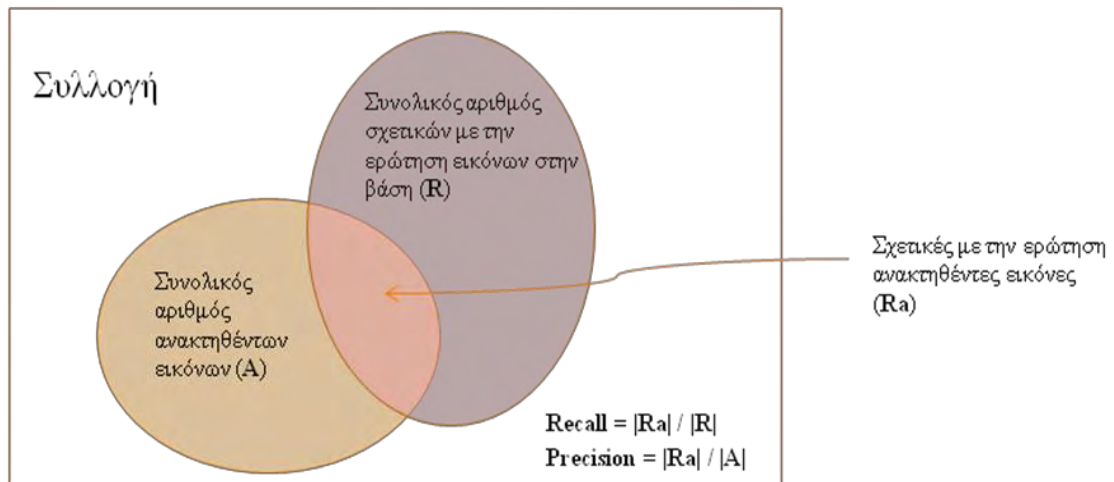
$$Recall \triangleq \frac{\text{Σχετικές με την ερώτηση ανεκτηθείσες εικόνες}}{\text{Συνολικός αριθμός σχετικών με την ερώτηση εικόνων στην βάση}} \quad (9)$$

$$Precision \triangleq \frac{\text{Σχετικές με την ερώτηση ανεκτηθείσες εικόνες}}{\text{Συνολικός αριθμός ανακτηθέντων εικόνων}} \quad (10)$$

Η ακρίβεια και η ανάκληση παίρνουν πραγματικές τιμές από 0 έως και 1, και εξαρτώνται από τον πραγματικό αριθμό των ανακτηθέντων εικόνων  $\tau$ . Σε ένα πραγματικό σενάριο ανάκλησης εικόνας, αυτό το κατώφλι εξαρτάται από τον χρήστη. Αφού γίνει η ερώτηση, το σύστημα ανάκλησης εικόνας πρέπει να ταξινομήσει όλες τις εικόνες στην βάση ανάλογα με τον βαθμό ομοιότητας (ή ισοδύναμα, ανομοιότητας) με την εικόνα ερώτηση. Από αυτές επιστρέφονται σαν απάντηση τα καλύτερα ταιριάσματα.

Παρατηρούμε ότι αυξάνοντας το κατώφλι από 1 μέχρι  $\max$  εικόνες στην βάση, αναγκαστικά αυξάνεται (όχι γνησίως) η ανάκληση. Κάθε τιμή της ανάκλησης αντιστοιχεί σε έναν αριθμό από τιμές κατωφλίου, και σε κάθε τιμή του κατωφλίου αντιστοιχεί μία τιμή της ακρίβειας. Συμβατικά θα κρατήσουμε την μικρότερη από τις τιμές κατωφλίου για την ίδια ανάκληση, ώστε να μπορέσουμε να αντιστοιχίσουμε επομένως κάθε τιμή της ανάκλησης σε μια μοναδική τιμή της ακρίβειας. Έτσι η ανάκληση αναφέρεται στο τμήμα των σχετικών εικόνων που ανακτώνται και η ακρίβεια στο τμήμα των ανακτώμενων εικόνων που είναι σχετικές.





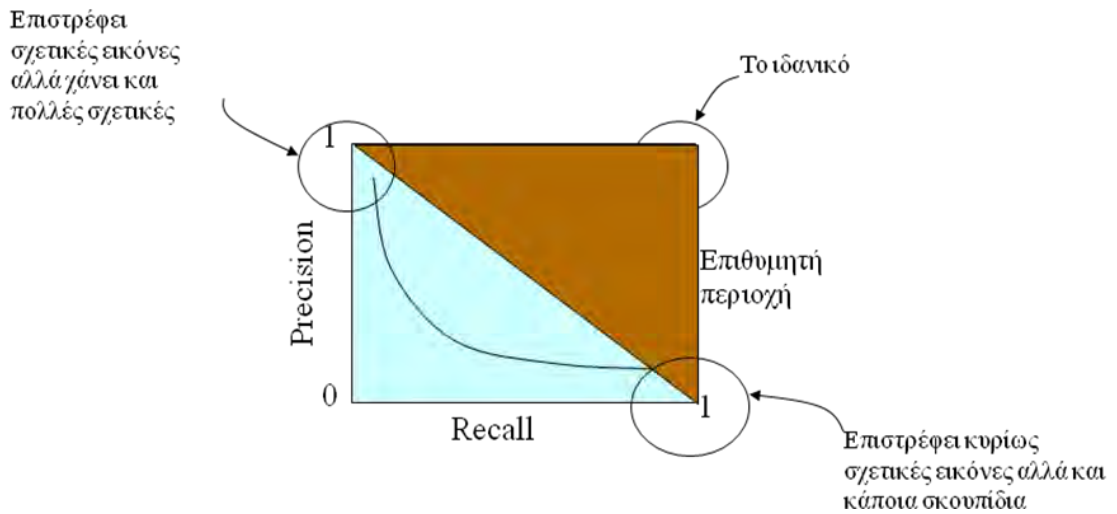
Εικόνα 16 Ακρίβεια – Ανάκληση

Πίνακας 3 Πίνακας Ενδεχομένων

	Σχετικές	Μη σχετικές
Ανακτηθείσες	(TP) True Positives	(FP) False Positives
Μη ανακτηθείσες	(FN) False Negative	(TN) True Negatives

Precision	$P = TP / (TP + FP)$	Πόσα από τα παραδείγματα που ο ταξινομητής έχει ταξινομήσει ως θετικά είναι πραγματικά θετικά. Όσο πιο μεγάλη η ακρίβεια, τόσο μικρότερος ο αριθμός των FP.
Recall	$R = TP / (TP + FN)$	Πόσα από τα θετικά παραδείγματα κατάφερε ο ταξινομητής να βρει. Όσο πιο μεγάλη η ανάκληση, τόσο λιγότερα θετικά παραδείγματα έχουν ταξινομηθεί λάθος (=TPR).

Η ανάκληση μπορεί να αυξηθεί με το να επιστρέψουμε περισσότερες εικόνες. Όταν ένα σύστημα επιστέφει όλες τις εικόνες τότε λέμε ότι έχει ποσοστό ανάκλησης 100%. Σε ένα καλό σύστημα η ακρίβεια ελαττώνεται όσο περισσότερα έγγραφα ανακτούμε ή με την αύξηση της ανάκλησης.



Εικόνα 17 Διάγραμμα Ακρίβειας – Ανάκλησης

Ένα αρκετά δημοφιλές στατιστικό εργαλείο που περιγράφει την ακρίβεια ταξινόμησης των δεδομένων σε κλάσεις είναι η καμπύλη λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη ή ROC (Receiver Operating Characteristic curve). Οι ROC καμπύλες, αποτελούν χρήσιμη τεχνική για την οργάνωση, επιλογή και απεικόνιση ταξινομητών με βάση τη γραφική τους παράσταση. Χρησιμοποιούνται ευρέως στη διαγνωστική ιατρική ενώ πρόσφατα έχουν υιοθετηθεί στους τομείς της μηχανικής μάθησης και στην εξόρυξη δεδομένων. Η ROC καμπύλη ορίζεται ως το μοναδιαίο τετράγωνο  $[0,1] \times [0,1]$ , ξεκινά από το σημείο (0,0) για να καταλήξει στο σημείο (1,1). Το εμβαδόν που ορίζεται κάτω από την καμπύλη αποτελεί ένα μονόμετρο μέγεθος αξιολόγησης της ποιότητας της ταξινόμησης σε κλάσεις και χρησιμοποιείται συχνά στην στατιστική συμπερασματολογία των καμπυλών ROC.

Σε έναν δυαδικό ταξινομητή, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του δέκτη (ROC) μας παρέχουν έναν τρόπο για να δούμε την απόδοση του ταξινομητή που είναι ανεξάρτητη από οποιοδήποτε όριο απόφασης.

Ευαισθησία (sensitivity) ενός διαγνωστικού τεστ είναι το ποσοστό των αληθώς θετικών αποτελεσμάτων (true positive rate , TPR) και εκφράζει την πιθανότητα το τεστ να είναι θετικό, δηλαδή :

$$SE = TPR = \frac{TP}{P} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (11)$$

Και το ποσοστό των αληθώς αρνητικών αποτελεσμάτων ως ειδικότητα (specificity) το ποσοστό των αρνητικών ενδείξεων (TNR: true negative rate) και υπολογίζεται ως εξής:

$$SPC = \frac{TN}{N} = \frac{TN}{FP+TN} = 1 - FPR \quad (12)$$

όπου

$$FPR = \frac{FP}{N} = \frac{FP}{FP+TN} \quad (13)$$

Η καμπύλη ROC είναι η γραφική παράσταση αυτής ακριβώς της σχέσης που υπάρχει μεταξύ ευαισθησίας και 1-ειδικότητας όπου η τελευταία εκφράζει το ποσοστό των αληθώς θετικών διά του ποσοστού των ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων. Είναι επίσης γνωστή ως καμπύλη λειτουργικού χαρακτηριστικού καθώς αποτελεί τη σύγκριση δύο λειτουργικών χαρακτηριστικών TPR και FPR, όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω.

Η ακρίβεια (accuracy) ορίζεται ως εξής:

$$ACC = \frac{TP+TN}{n} \quad (14)$$

Και η θετική προγνωστική αξία ως:

$$PPV = \frac{TP}{TP+FP} \quad (15)$$

Τα ποσοστά αυτά καθώς και τα συμπληρωματικά τους (ποσοστό ψευδώς αρνητικών false negative rate FNR) και ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων (false positive rate FPR) ονομάζονται πιθανοφάνειες (likelihoods) ή αλλιώς λειτουργικά χαρακτηριστικά (operating characteristics) της διαγνωστικής δοκιμασίας. Επίσης κάτι πολύ σημαντικό, υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ ευαισθησίας και ειδικότητας. Είναι προφανές ότι το ιδανικό θα ήταν να διαθέτουμε ταυτόχρονα υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα, όμως αυτό είναι εκ των πραγμάτων αδύνατο.

Η καμπύλη ROC είναι μια γραφική παράσταση του TPR συναρτήσει του FPR σε διαφορετικά κατώφλια. Έτσι σε αντίθεση με την ακρίβεια, παρέχει ένα κατώφλι – ανεξάρτητο του τρόπου εκτίμησης της απόδοσης της ταξινόμησης.

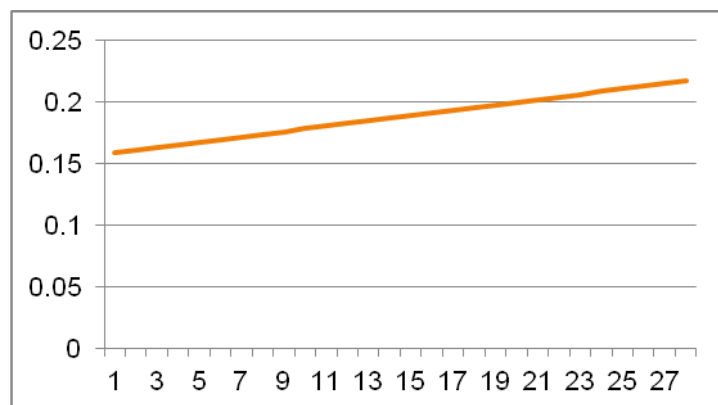
## 5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης αλλά και σε πραγματικά δεδομένα. Στις ακόλουθες παραγράφους γίνεται η περιγραφή των δεδομένων και των αποτελεσμάτων.

### 5.1 Πειράματα με Δεδομένα Προσομοίωσης

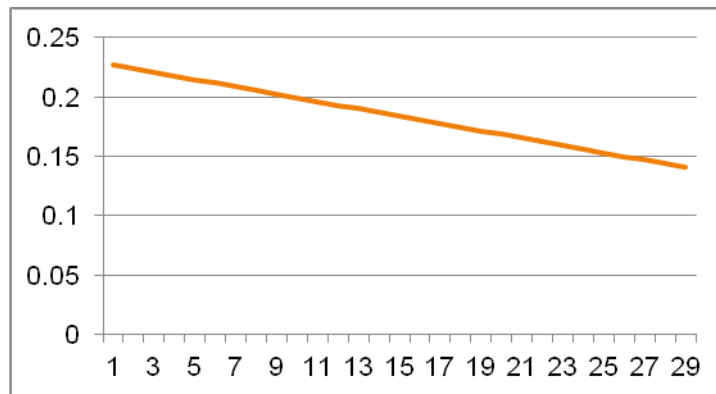
Στην παρούσα μελέτη η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των πειραμάτων περιλαμβάνει τεχνητά δεδομένα, δηλαδή δεδομένα τα οποία χρειάστηκε να κατασκευάσουμε. Δεδομένα που προσομοιώνουν την πορεία λοίμωξης ενός ασθενούς στην διάρκεια του χρόνου. Αποτελείται από πέντε διαφορετικές κατηγορίες ακολουθιών - ασθενών.

- Αύξουσα (ακολουθία η οποία παρουσιάζει αύξηση στην πορεία του χρόνου)



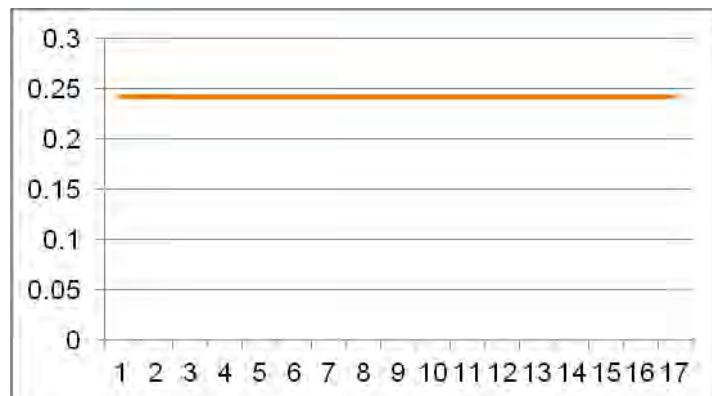
Εικόνα 18 Δημιουργία Δεδομένων – Αύξουσα

- Φθίνουσα (ακολουθία που παρουσιάζει μείωση στην πορεία του χρόνου)



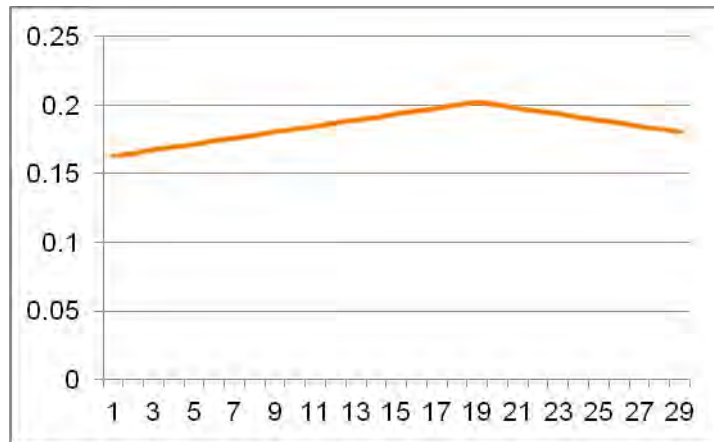
Εικόνα 19 Δημιουργία Δεδομένων – Φθίνουσα

- Σταθερή (ακολουθία που παραμένει σταθερή στην πορεία του χρόνου)



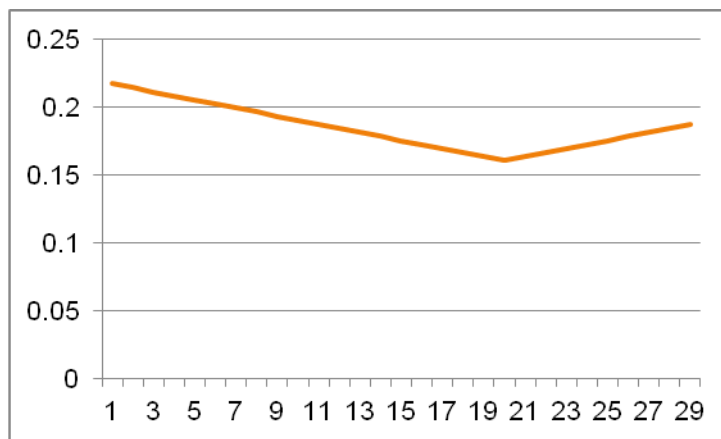
Εικόνα 20 Δημιουργία Δεδομένων – Σταθερή

- Αύξουσα-Φθίνουσα (ακολουθία που αυξάνει μέχρι ένα όριο και έπειτα φθίνει κατά την διάρκεια του χρόνου)



Εικόνα 21 Δημιουργία Δεδομένων – Αύξουσα\_Φθίνουσα

- Φθίνουσα-Αύξουσα (ακολουθία που φθίνει μέχρι ένα όριο και έπειτα αυξάνει κατά την διάρκεια του χρόνου)



Εικόνα 22 Δημιουργία Δεδομένων – Φθίνουσα\_Αύξουσα

Οι παραπάνω ακολουθίες προκύπτουν αξιοποιώντας την γραμμική συνάρτηση:

$$Y = f(x) = Ax + B \quad (16)$$

όπου τουλάχιστον ένα από τα A και B είναι διάφορα του μηδενός. Ειδικά αν η ευθεία δεν είναι παράλληλη στον κάθετο άξονα Oy τότε μπορεί να πάρει την παραπάνω μορφή. Γεωμετρικά, η παράμετρος B εκφράζει την θέση της ευθείας στο επίπεδο ενώ η παράμετρος A την κλίση της ευθείας σε σχέση με τον οριζόντιο άξονα Ox (συγκεκριμένα εκφράζει την εφαπτομένη της γωνίας  $\omega$  που σχηματίζεται από τον άξονα Ox και την ευθεία). Το μέγεθος της κάθε ακολουθίας που προκύπτει είναι από 5 έως 30 μετρήσεις ( $x=[5,30]$ ). Επίσης, για την παραγωγή των ακολουθιών όπου η πορεία σε ένα σημείο αλλάζει, στην Αύξουσα\_Φθίνουσα και στην Φθίνουσα\_Αύξουσα, χρησιμοποιήσαμε ακόμα μια μεταβλητή, έστω την z ή οποία είναι κάθε φορά το ανώτατο ή κατώτατο όριο σε αυτές τις περιπτώσεις αντίστοιχα. Ακόμα, τις ακολουθίες τις κανονικοποιήσαμε ώστε να παίρνουν τιμές από 0 έως 1. Οι καμπύλες αναπαριστούν την έκταση των πυκνώσεων (consolidations) στην ακτινογραφία θώρακος, όταν αναφέρουμε ότι η πυκνωση είναι 0 τότε δεν υπάρχει καθόλου. Οι τιμές στον άξονα Y είναι οι μετρήσεις πυκνωσης στην ακτινογραφία του θώρακα κάθε ασθενή συναρτήσει του χρόνου που βρίσκεται στον άξονα X, ο χρόνος που χρησιμοποιούμε περιλαμβάνει τις μέρες κάθε μήνα.

Όλες οι ακολουθίες παράγονται με λογισμικό που αναπτύχθηκε σε MATLAB το οποίο δέχεται ως παραμέτρους την κλίση, τον σταθερό όρο καθώς το μήκος της ακολουθίας.

Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως δύο τεχνικές για την μέτρηση της απόστασης οι SWC και DTW. Στην τελευταία χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές εσωτερικές μετρικές (Ευκλείδεια και Mahalanobis) ενώ για την Ευκλείδεια χρησιμοποιήθηκαν και δύο διαφορετικοί αλγόριθμοι (στην πρώτη περίπτωση συγκρίνουμε τις τιμές των δύο ακολουθιών  $y_i$  σύμφωνα με τον τύπο της Ευκλείδειας, ενώ στην δεύτερη υπολογίζουμε την μέση τιμή τους  $\hat{y}$  και η σύγκριση γίνεται στο μέγεθος  $y_i - \hat{y}$ ) υπολογισμού της DTW.

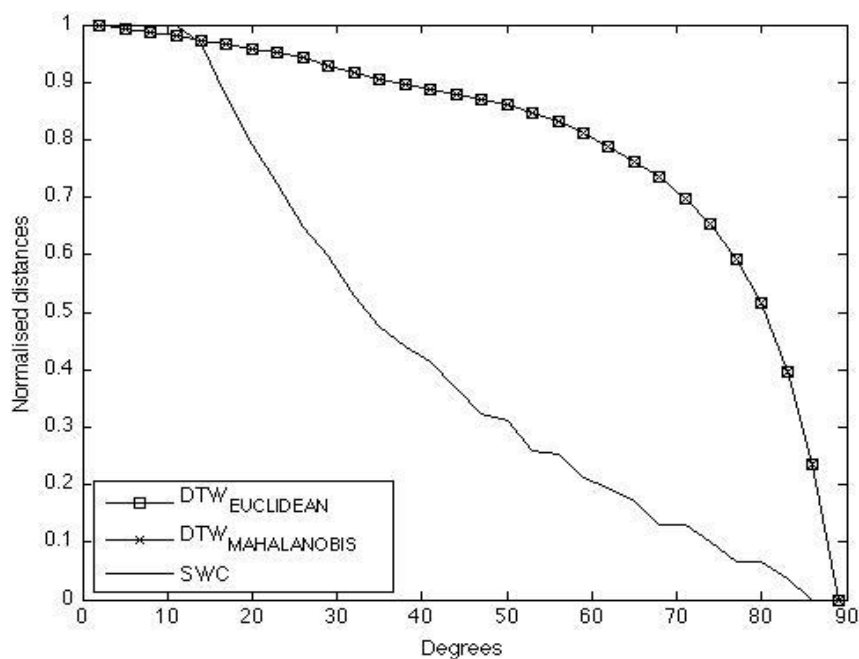
Κάναμε αρκετά πειράματα για να καταλήξουμε στην καταλληλότερη μετρική απόσταση. Πειραματιστήκαμε σε δύο ακολουθίες, από τα τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης, κρατώντας την μία από αυτές μόνιμα σταθερή στις 90 μοίρες και αλλάζοντας συνεχώς την γωνία της δεύτερης ακολουθίας (από 0 έως 90 μοίρες) για να παρατηρήσουμε τι συμβαίνει σε κάθε περίπτωση με την μεταξύ τους απόσταση.

Στο γράφημα βλέπουμε πώς όσο αυξάνεται η μεταξύ γωνία των δύο ακολουθιών αυξάνεται και η μεταξύ τους απόσταση, στην περίπτωση της DTW<sub>EUCLIDEAN</sub> και της DTW



MAHALANOBIS, ενώ αντίθετα στην περίπτωση της τεχνική SWC τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά.

Έπειτα από τα αποτελέσματα που εξήχθησαν (βλ. Εικόνα 23) καταλήξαμε στην τεχνική DTW με εσωτερική μετρική απόσταση την Ευκλείδεια (την δεύτερη περίπτωση). Ο οριζόντιος άξονας X του παρακάτω γραφήματος αναπαριστά τις μοίρες από 0 έως 90 (τις γωνίες της δεύτερης ακολουθίας) και ο κάθετος άξονας Y αναπαριστά τις τιμές της απόστασης από 0 έως 1.

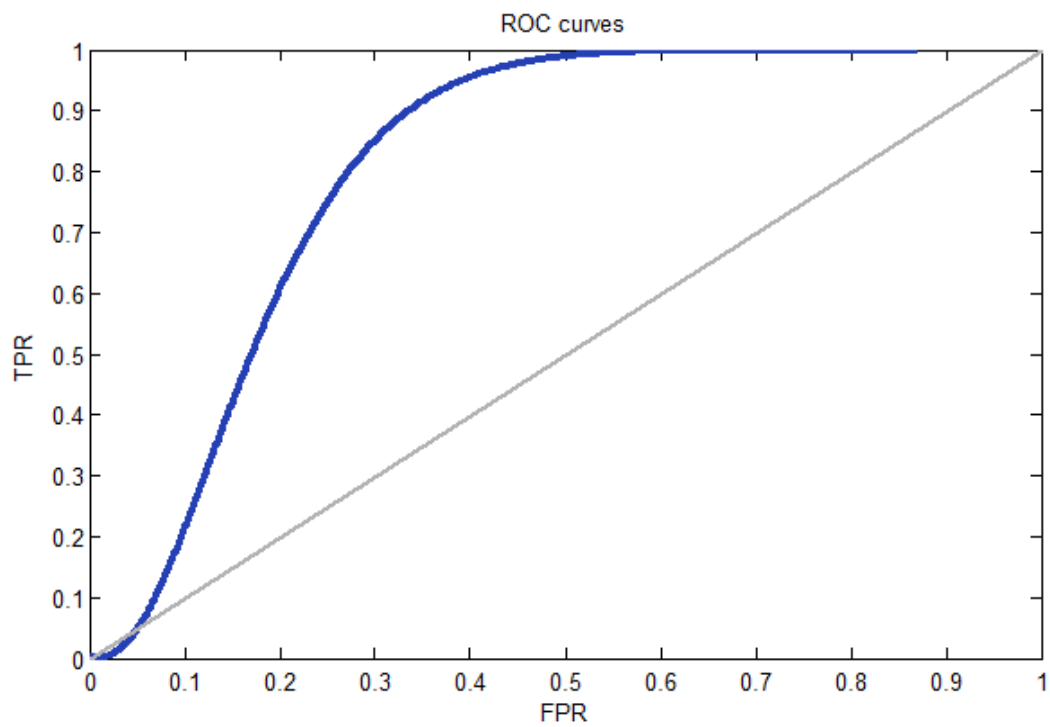


Εικόνα 23 Αποτελέσματα σύγκρισης δύο ακολουθιών - τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης

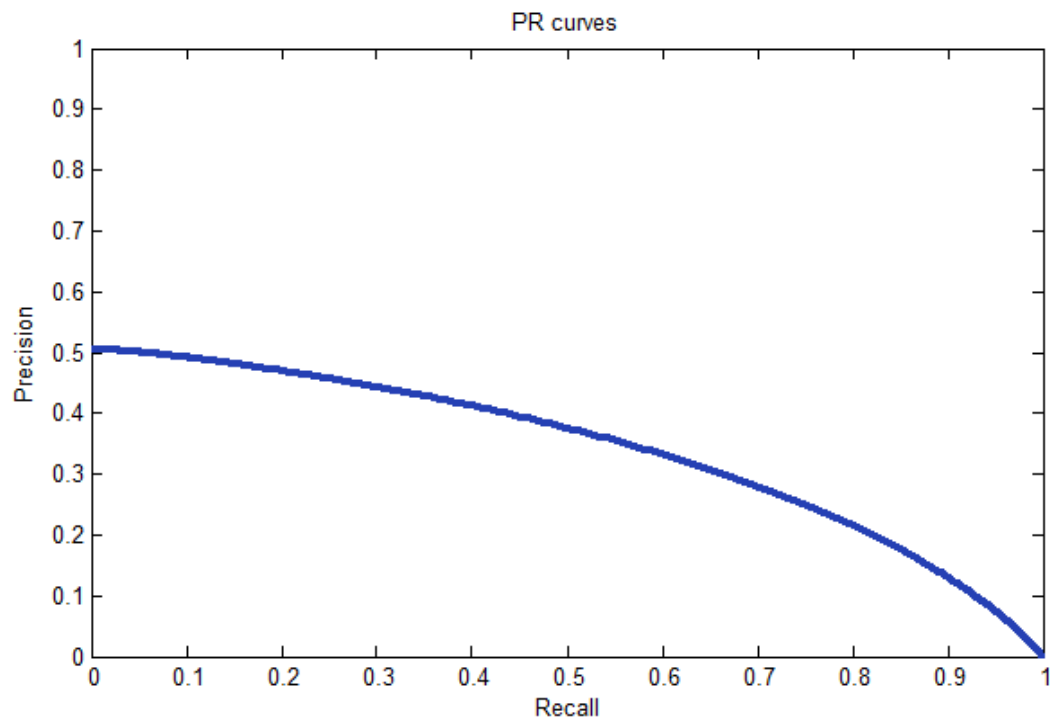
Προχωρήσαμε στην εξαγωγή των Precision-Recall και ROC καμπύλων με σκοπό να εξάγουμε τα τελικά συμπεράσματα.

Αρχικά πειράματα πραγματοποιήθηκαν με τα τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης, για συνολικά 50, 100 και 150 ασθενείς, σε αυτά τα δεδομένα περιέχεται η πορεία της λοίμωξης στην διάρκεια του χρόνου (για έναν μήνα), και λάβαμε τα παρακάτω διαγράμματα:

- Για 50 ασθενείς

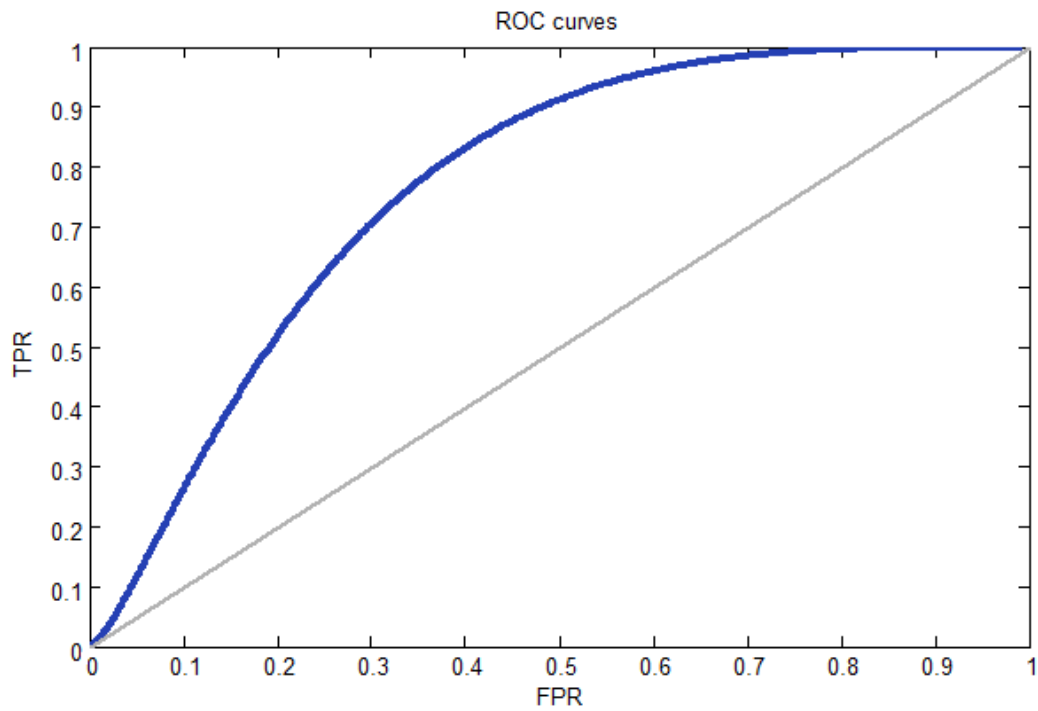


Εικόνα 24 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - για 50 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)

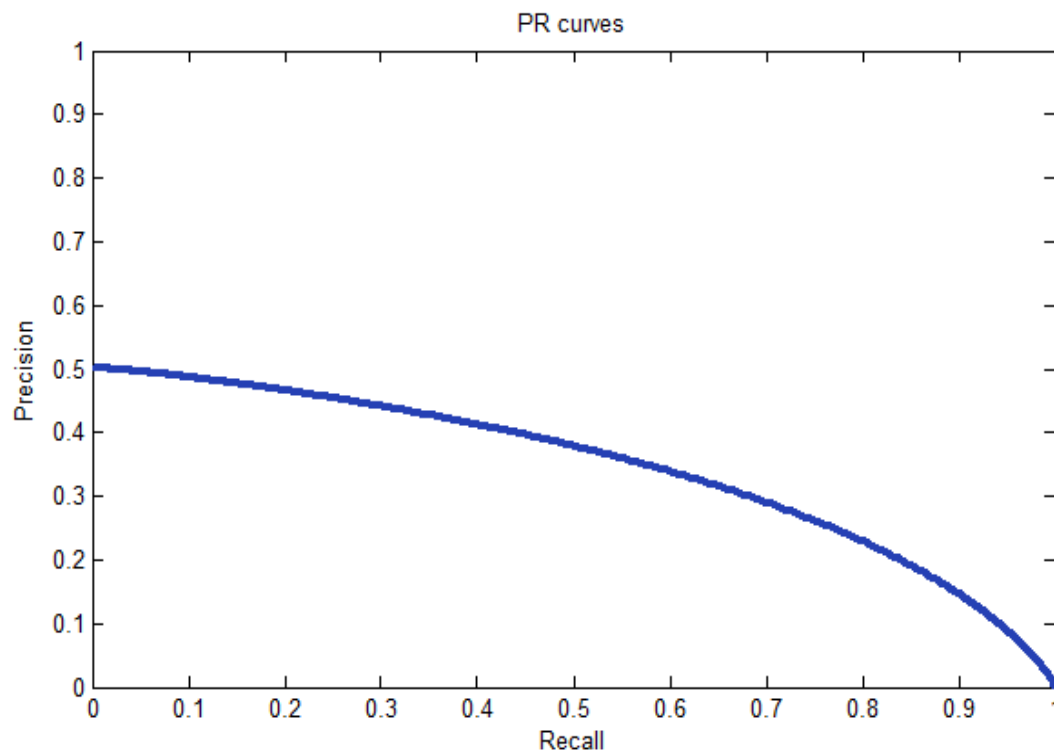


Εικόνα 25 Καμπύλη Ακρίβειας - Ανάκλησης - για 50 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)

- Για 100 ασθενείς

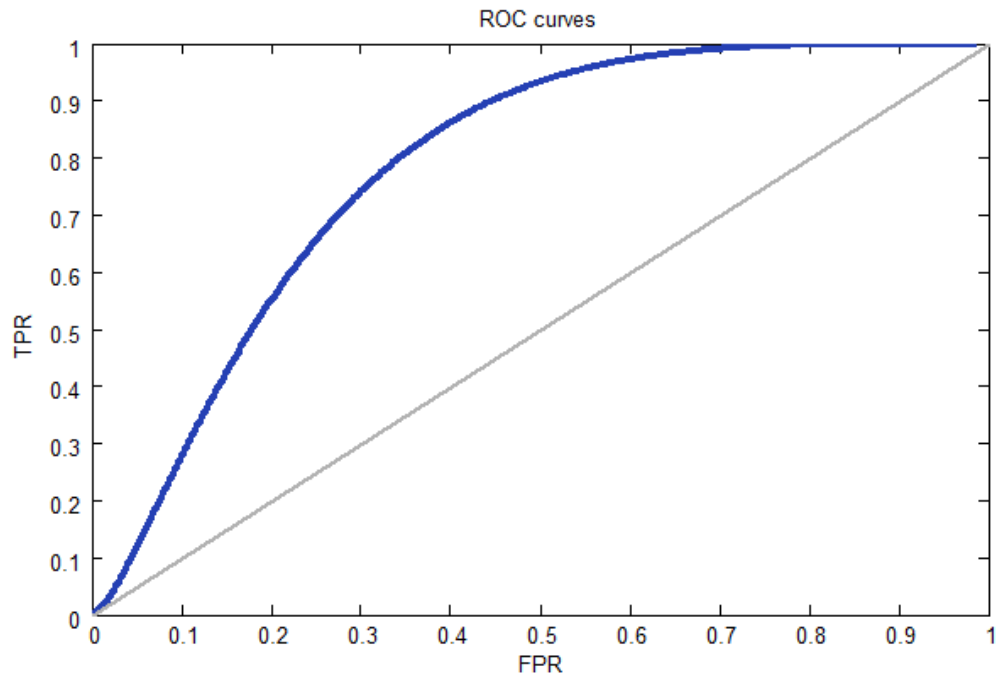


Εικόνα 26 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - για 100 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)

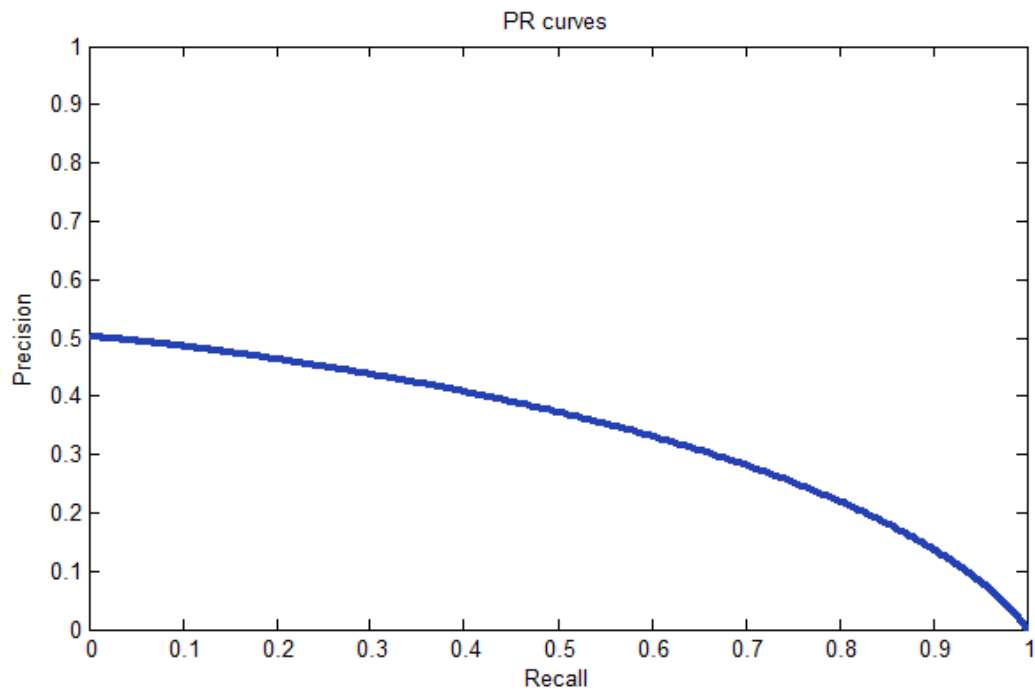


Εικόνα 27 Καμπύλη Ακρίβεια-Ανάκληση - για 100 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)

- Για 150 ασθενείς



Εικόνα 28 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη – για 150 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)



Εικόνα 29 Καμπύλη Ακρίβεια-Ανάκληση - για 150 ασθενείς (τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης)

Σύμφωνα με κώδικα που έχει βασιστεί στο άρθρο των (Brodersen, et al 2010), έχουν υπολογιστεί τα μεγέθη που είναι απαραίτητα για την κατασκευή των παραπάνω καμπυλών.

Το πρώτο γράφημα, από κάθε σύνολο ασθενών, περιγράφει το λειτουργικό χαρακτηριστικό δέκτη δηλαδή το recall (TPR) σαν συνάρτηση του FPR ενώ το δεύτερο την Ακρίβεια-Ανάκληση, δηλαδή την ακρίβεια (PPV) σαν συνάρτηση της ανάκλησης (TPR). Με γκρι χρώμα σχεδιάζεται η διαγώνιος για τις καμπύλες του λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη. Η διαγώνιος  $y=x$  αναπαριστά τη διαδικασία τυχαίας πρόβλεψης σε έναν έλεγχο. Τα σημεία πάνω από την διαγώνιο αντιπροσωπεύουν τα αποτελέσματα της καλής ταξινόμησης ενώ το αντίθετο ισχύει για εκείνα τα σημεία που βρίσκονται κάτω από αυτήν. Η περιοχή μεταξύ της καμπύλης του λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη και της διαγωνίου αποτελεί σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης.

## 5.2 Πειράματα με πραγματικά δεδομένα

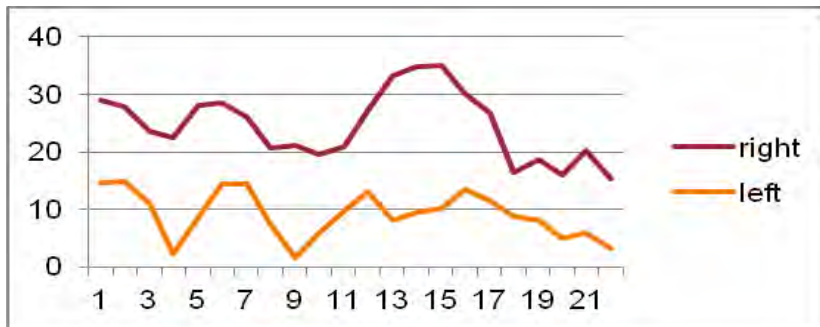
Η μελέτη για τα πραγματικά δεδομένα περιέλαβε συνολικά 17 ασθενείς οι οποίοι νοσηλεύτηκαν με λοίμωξη του αναπνευστικού στην εντατική του νοσοκομείου Αθηνών με διάρκεια χρόνου 3 ετών, από το 2007 έως 2010. Για κάθε έναν από αυτούς τους ασθενείς έχουμε έναν σύνολο από μετρήσεις των πυκνώσεων του πνεύμονα κάποια δεδομένη στιγμή, αυτό το σύνολο διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, δηλαδή δεν γινόντουσαν καθημερινά αλλά σε άσχετες μεταξύ τους ημερομηνίες.

Ήταν απαραίτητο τα δεδομένα να ομαδοποιηθούν σε κλάσεις (όπως έχουμε ήδη αναφέρει παραπάνω) σύμφωνα με την ομοιότητα τους για τις ανάγκες του κώδικα. Αυτό πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου (moving average), αφού εφαρμόστηκε η μέθοδος σε όλα τα δεδομένα τα κατατάξαμε σε κλάσεις (με την βοήθεια των διαγραμμάτων που ακολουθούν) τέσσερις για τον αριστερό πνεύμονα και πέντε για τον δεξή (βλ. Πίνακα 4) (κάθε γραμμή περιέχει τον αριθμό κάθε ασθενή).

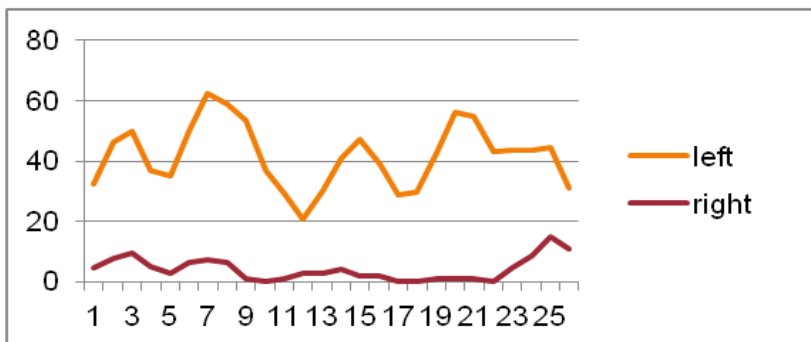
Πίνακας 4 Κλάσεις ανά πνεύμονα για τα πραγματικά δεδομένα

ΑΣΘΕΝΕΙΣ	
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑΣ (ΚΛΑΣΕΙΣ)	ΔΕΞΗΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑΣ (ΚΛΑΣΕΙΣ)
1,2,10,12,25,27	1,10
13,18,19,22,30	25,26
17,26	2,12,13,19,32
24,28,29,32	24,27,28,29,30
	17,22

Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα που εξήχθησαν από τα δεδομένα μας ανά ασθενή για τον αριστερό (Left) και τον δεξή πνεύμονα (Right). Ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τις μέρες που έγιναν οι μετρήσεις οι οποίες βρίσκονται στον κάθετο άξονα.



Εικόνα 30 1ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



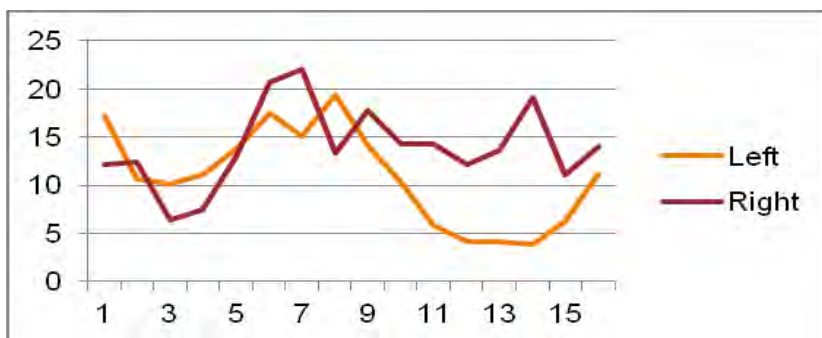
Εικόνα 31 2ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



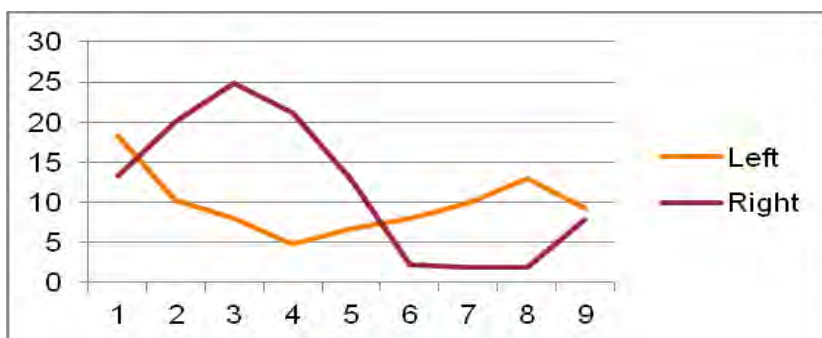
Εικόνα 32 3ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



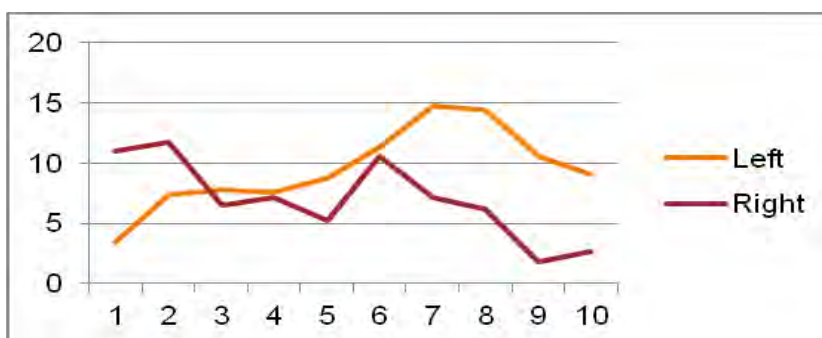
Εικόνα 33 4ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



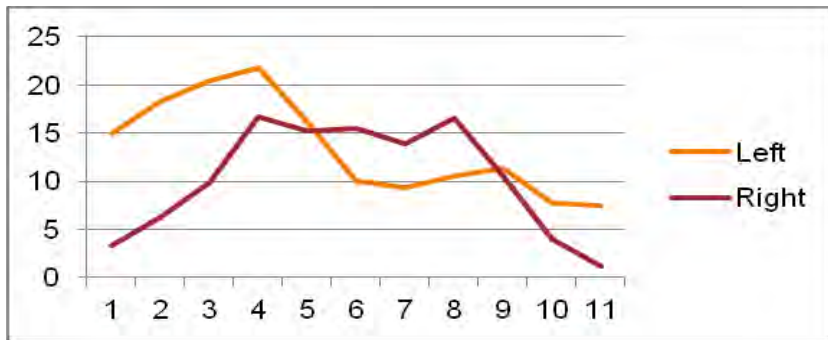
Εικόνα 34 5ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



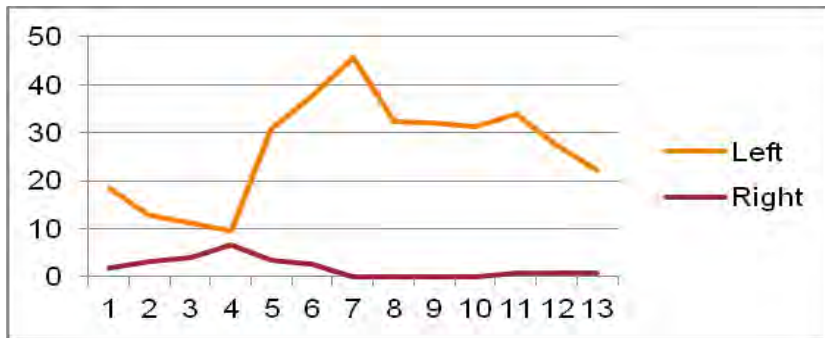
Εικόνα 35 6ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



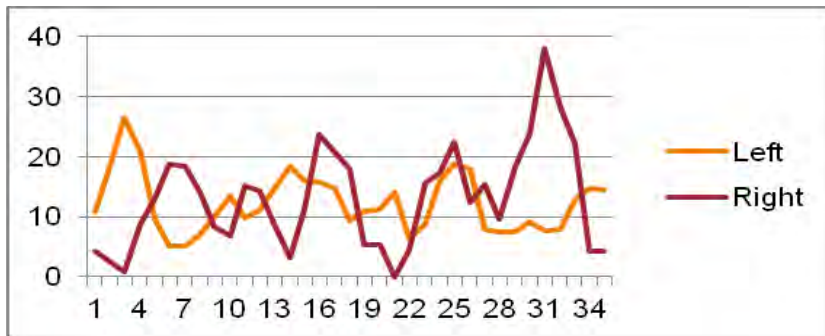
Εικόνα 36 7ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



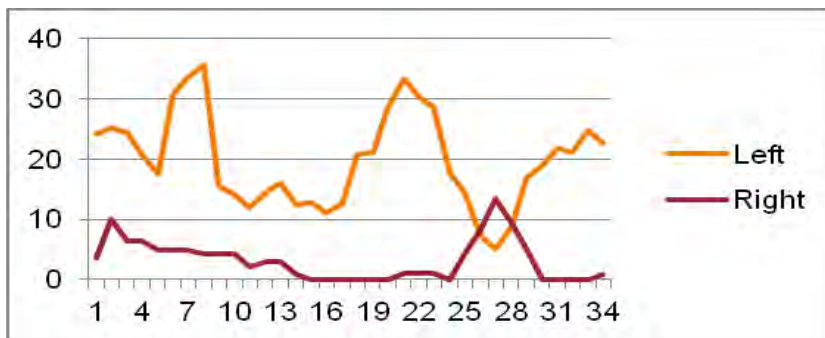
Εικόνα 37 8ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



Εικόνα 38 9ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)

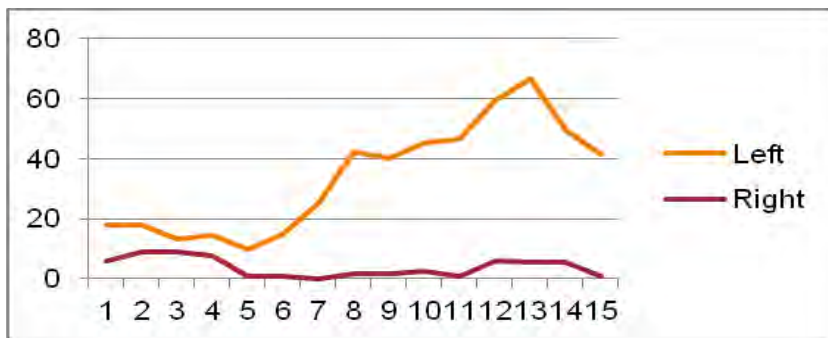


Εικόνα 39 10ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)

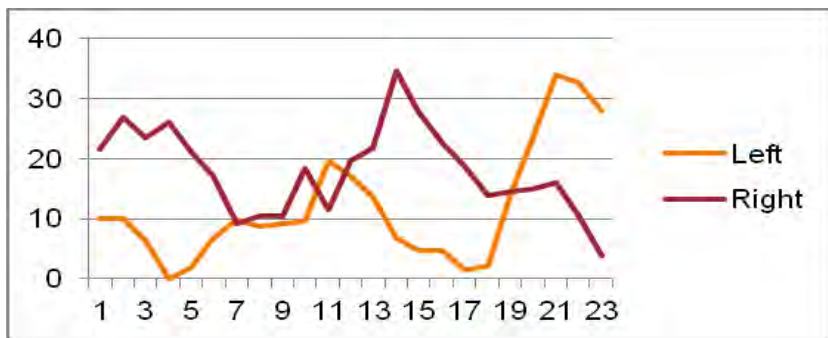


Εικόνα 40 11ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)

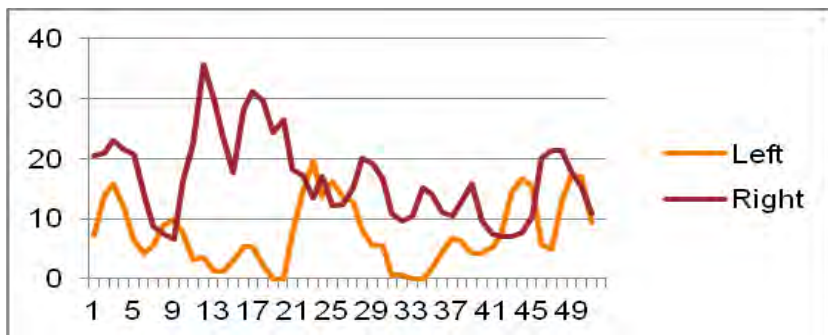




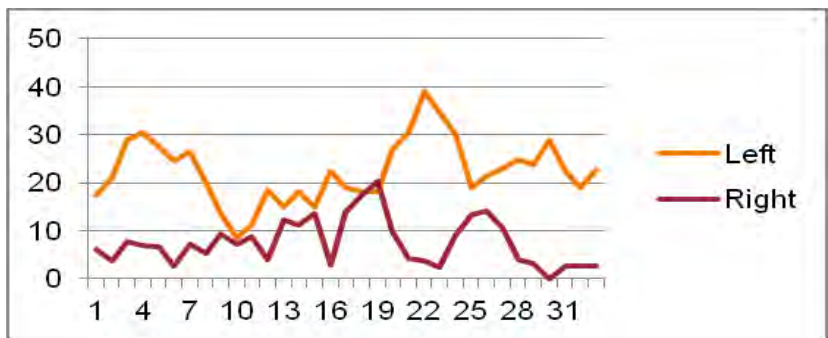
Εικόνα 41 12ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



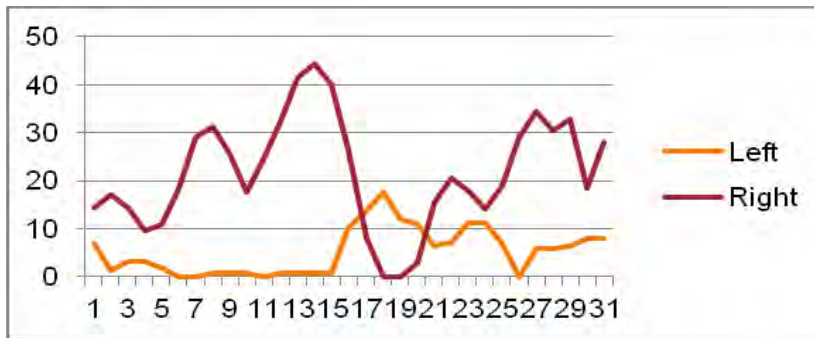
Εικόνα 42 13ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



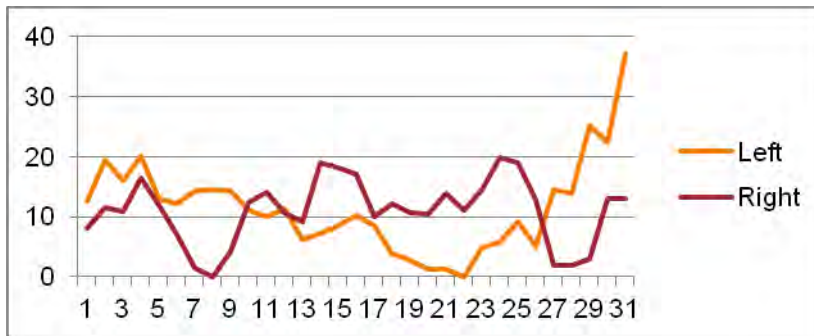
Εικόνα 43 14ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



Εικόνα 44 15ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



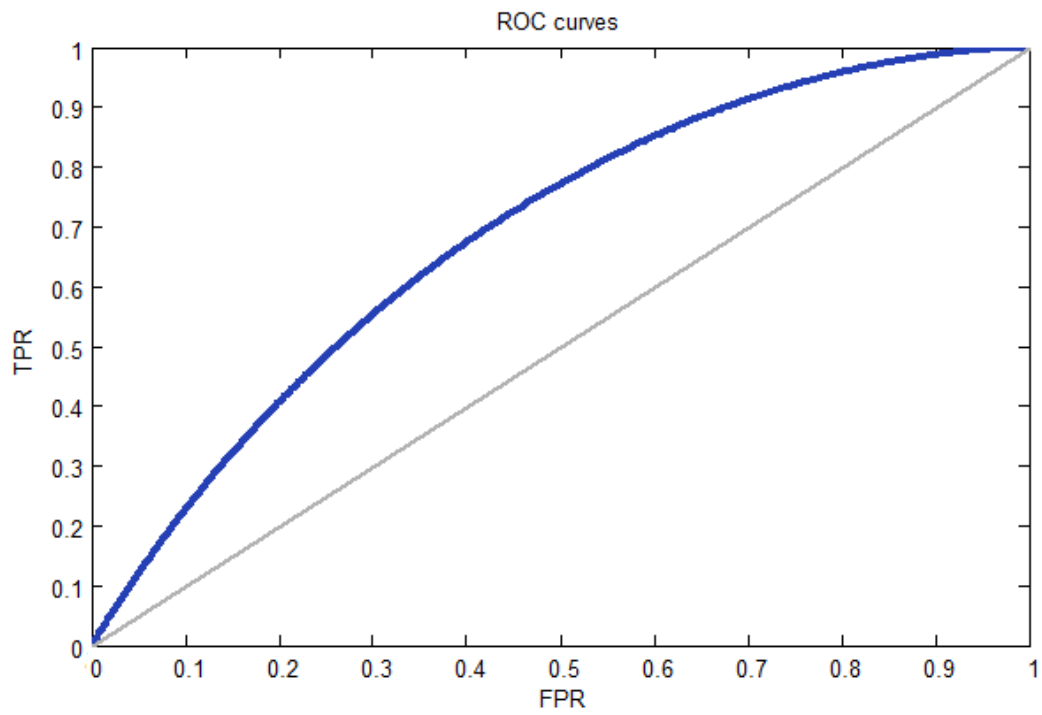
Εικόνα 45 16ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)



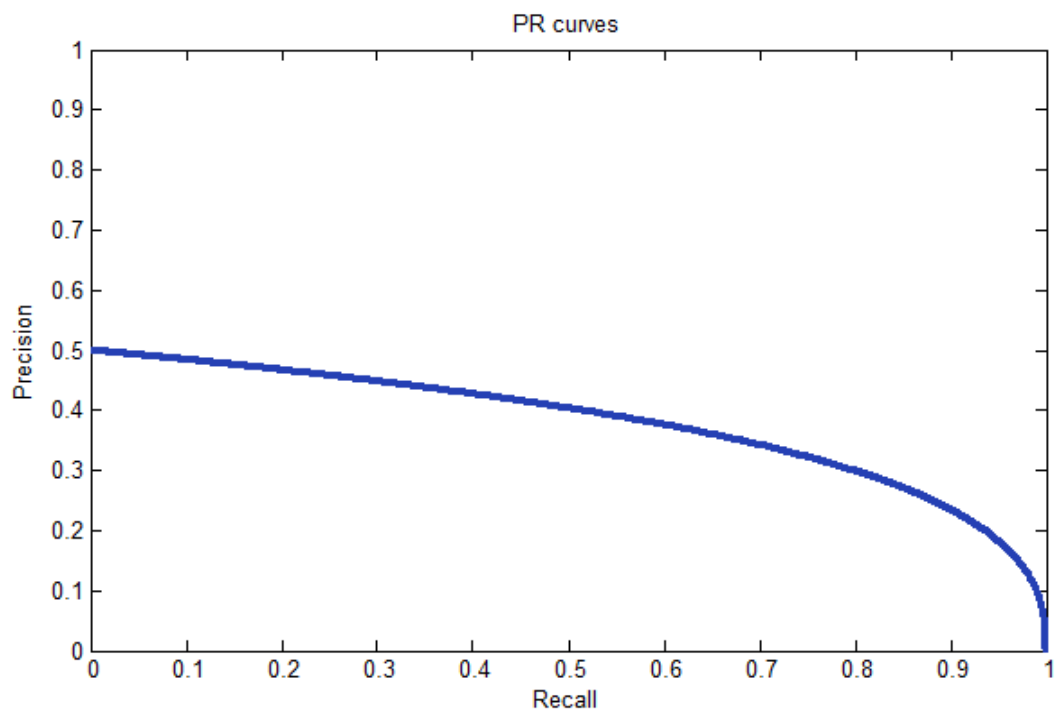
Εικόνα 46 17ος ασθενής (πραγματικά δεδομένα)

Όπως και στα τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης παραπάνω, έτσι και εδώ θα χρησιμοποιήσουμε την DTW με εσωτερική μετρική την Ευκλείδεια και έπειτα θα προχωρήσουμε στην εξαγωγή των καμπυλών με σκοπό τα τελικά αποτελέσματα.

- Αριστερός πνεύμονας

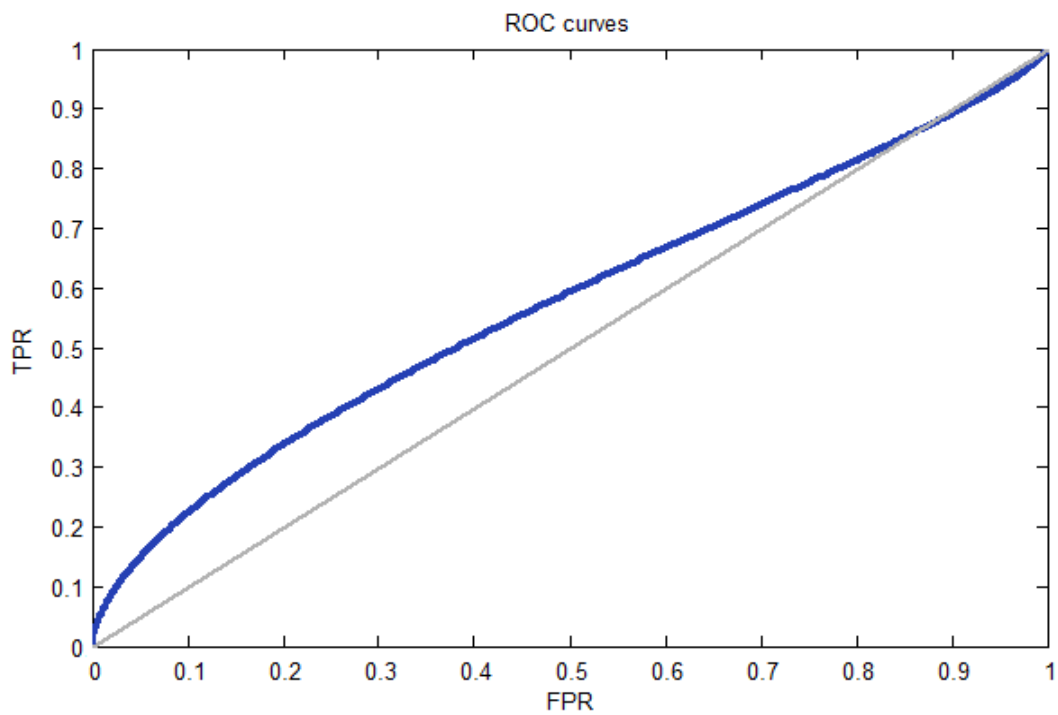


Εικόνα 47 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - Αριστερός πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα)

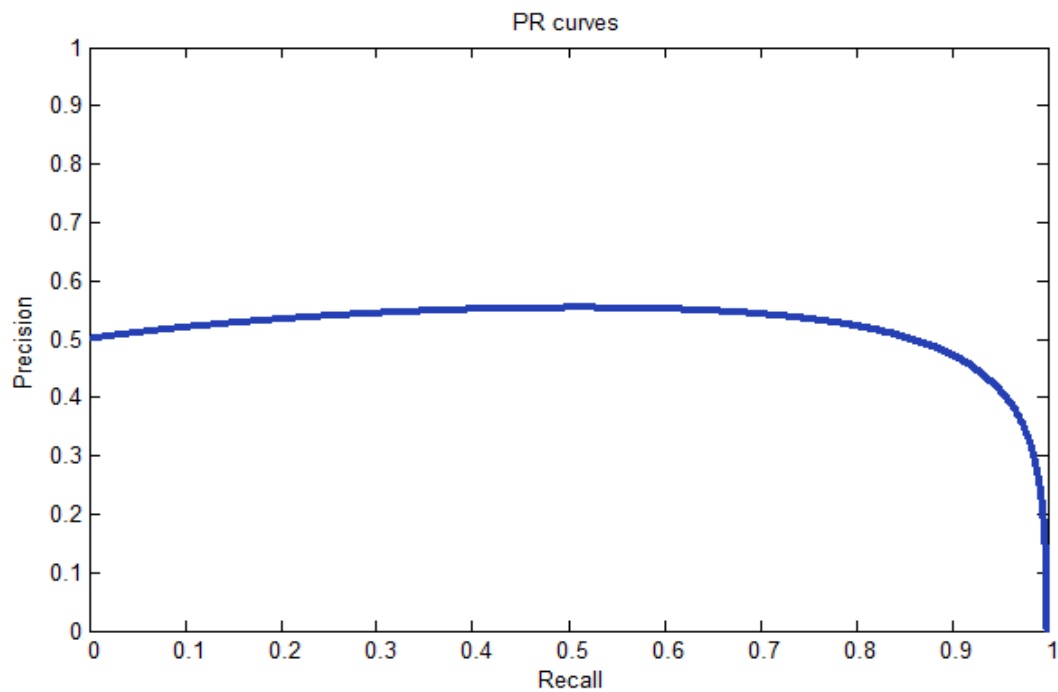


Εικόνα 48 Καμπύλη Ακρίβειας-Ανάκλησης - Αριστερός πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα)

- Δεξής πνεύμονας



Εικόνα 49 Καμπύλη Λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη - Δεξής πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα)



Εικόνα 50 Καμπύλη Precision-Recall - Δεξής πνεύμονας (πραγματικά δεδομένα)

Όπως ακριβώς και στις καμπύλες στα τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης, στις καμπύλες του λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη και της Ακρίβειας-Ανάκλησης, έχουν υπολογιστεί τα μεγέθη που είναι απαραίτητα για την κατασκευή των παραπάνω καμπυλών, σύμφωνα με κώδικα που έχει βασιστεί στο άρθρο των (Brodersen, et al 2010).

## 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε, ότι η ανάκληση εικόνας με βάση το περιεχόμενο μπορεί να γίνει ένα πάρα πολύ σημαντικό εργαλείο στο άμεσο μέλλον. Μπορεί να βοηθήσει πάρα πολύ στην δραματική μείωση του χρόνου αναζήτησης μιας εικόνας. Η ανάκληση εικόνας βάσει περιεχομένου (CBIR) είναι ένα πλούσιο ερευνητικά πεδίο. Μπορεί κανείς να το μελετήσει από πολλαπλές οπτικές γωνίες.

Πιο συγκεκριμένα στη παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε διερεύνηση μεθόδων ανάκλησης ακολουθιών ιατρικών εικόνων βάσει του περιεχομένου τους.

- Πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε δύο βάσεις δεδομένων, σε τεχνητά δεδομένα προσομοίωσης αλλά και σε πραγματικά δεδομένα.
- Έγιναν αρκετά πειράματα για την εύρεση του καταλληλότερου αλγορίθμου και μετρικής απόστασης.
- Μελετήθηκε η σύγκριση ανά κλίση (SWC) και η δυναμική χρονική παραμόρφωση (DTW) με διάφορες εσωτερικές μετρικές αποστάσεις. Καταλήξαμε στην δυναμική χρονική παραμόρφωση με την Ευκλείδεια μετρική.
- Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν πως η ανάκληση ακολουθιών εικόνων είναι εφικτή, ωστόσο, η βελτίωση της ποιότητάς τους εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση για μελλοντική έρευνα.

Η συνεισφορά της εργασίας θα φανεί χρήσιμη μελλοντικά, κυρίως λόγω του όγκου των πληροφοριών που εμπλέκονται. Συνεπώς πιθανές βελτιώσεις της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να γίνουν στην διερεύνηση και άλλων τεχνικών και μέτρων απόστασης και στις εναλλακτικές περιγραφές των ακολουθιών. Η ανάκληση εικόνας με βάση το περιεχόμενο αποτελεί αντικείμενο μεγάλης ερευνητικής δραστηριότητας. Ειδικά η συνδυασμένη ανάκληση (με την αναζήτηση βάσει κειμένου) είναι εμφανές ότι μπορεί να βοηθήσει πάρα πολύ στην δραματική μείωση του χρόνου αναζήτησης μίας εικόνας.

## 7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- G. Quellec, M. Lamard, G. Cazuguel, B. Cochener and C. Roux, **Multimodal Medical Case Retrieval using Dezert-Smarandache Theory with A Priori Knowledge**, ECIFMBE 2008, IFMBE Proceedings 22, pp. 716–719, 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009
- Peter Howarth and Stefan Rügger, **Evaluation of Texture Features For Content-Based Image Retrieval**, CIVR 2004, LNCS 3115, pp .326-334, 2004
- A.CSILLAGHY, H. HINTERBERGER, A.O. BENZ, **Content-Based Image Retrieval in Astronomy**, Information Retrieval, 3, 229–241, 2000
- Andy Tsai, William M. Wells, Simon K. Warfield, Alan S. Willsky, **An EM algorithm for shape classification based on level sets**, Medical Image Analysis 9 (2005) 491–502
- Apostol Natsev, Rajeev Rastogi, and Kyuseok Shim, **WALRUS: A Similarity Retrieval Algorithm for Image Databases**, IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, VOL. 16, NO. 3, MARCH 2004
- Beitao Li, Edward Chang, YiWu, **Discovery of a perceptual distance function for measuring image similarity**, Multimedia Systems 8: 512–522 (2003)
- Chen Li, Member, IEEE, Edward Chang, Member, IEEE, Hector Garcia-Molina, and Gio Wiederhold, Fellow, IEEE, **Clustering for Approximate Similarity Search in High-Dimensional Spaces**, IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, VOL. 14, NO. 4, JULY/AUGUST 2002
- Ching-chih Chen, Howard D.Wactlar, James Z.Wang, Kevin Kiernan , **Digital imagery for significant cultural and historicalmaterials-An emerging research field bridging people, culture, and technologies**, Int J Digit Libr (2005) 5: 275–286
- Christos Faloutsos, M.Ranganathan, Yannis Manolopoulos, **Fast Subsequence Matching in Time –Series Databases**, SIGMOD 94-5/94 Minneapolis ,Minnesota, USA,1994
- D.A. Adjeeroh, M.C. Lee and I King, Department of Computer Science and Engineering, The Chinese University of Hong Kong. **A Distance Measure for Video Sequence Similarity Matching** IEEE 1998
- David Grangier and Samy Bengio, **A Discriminative Kernel-based Model to Rank Images from Text Queries**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 30 Issue 8, August 2008, Pages 1371-1384

- Dengsheng Zhang and Guojun Lu , **Evaluation of MPEG-7 shape descriptors against other shape descriptors**, *Multimedia Systems* 9: 15–30 (2003)
- Eisenberg Ronald L, "Εγχειρίδιο κλινικής ακτινολογίας", Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ.Πασχαλίδης, 2000
- Elif Albuz, Erturk Kocalar and Ashfaq A. Khokhar, **Scalable Color Image Indexing and Retrieval Using Vector Wavelets**, *IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING*, VOL. 13, NO. 5, SEPTEMBER/OCTOBER 2001
- Fatih Altıparmak, Hakan Ferhatosmanoglu, Selnur Erdal, and Donald C. Trost, **Information Mining Over Heterogeneous and High-Dimensional Time-Series Data in Clinical Trials Databases**, *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE*, VOL. 10, NO. 2, APRIL 2006
- Filip Florea<sup>a,c,1</sup>, Henning Möller<sup>b</sup>, Alexandrina Rogozana<sup>a,c</sup>, Antoine Geissbuhler<sup>b</sup> and Stöfan Darmonia, **Medical image categorization with MedIC and MedGIFT**, University and Hospitals of Geneva
- Greg Pass, Ramin Zabih, **Comparing images using joint histograms**, *Multimedia Systems* 7: 234–240 (1999)
- Gregory Crane and Clifford Wulfman, **Towards a Cultural Heritage Digital Library**, 2003  
IEEE
- Guang-Ho Cha, Xiaoming Zhu, Dragutin Petkovic, Fellow, IEEE, and Chin-Wan Chung, **An Efficient Indexing Method for Nearest Neighbor Searches in High-Dimensional Image Databases**, *IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA*, VOL. 4, NO. 1, MARCH 2002
- Hayit Greenspan, *Member, IEEE*, and Adi T. Pinhas, **Medical Image Categorization and Retrieval for PACS Using the GMM-KL Framework**, *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE*, VOL. 11, NO. 2, MARCH 2007
- Heng Tao Shen, Kian-Lee Tan, Xiaofang Zhou, Bin Cui, **ICICLE: A semantic-based retrieval system for WWW images**, *Multimedia Systems* (2006) 11(5): 438–454
- Henning Müller and Thierry Pun, David Squire, **Learning from User Behavior in Image Retrieval: Application of Market Basket Analysis**, *International Journal of Computer Vision* 56(1/2), 65–77, 2004



- Henning Müller, Wolfgang Müller, Stephane Marchand-Maillet and Thierry Pun, David Mcg. Squire, **A Framework for Benchmarking in CBIR** , Multimedia Tools and Applications, 21, 55–73, 2003
- Henning Müller, Antoine Rosset, Jean-Paul Vallee, Francois Terrier, Antoine Geissbuhler , **A reference data set for the evaluation of medical image retrieval systems**, Computerized Medical Imaging and Graphics 28 (2004) 295–305
- Henning Müller, Antoine Rosset, MD, Arnaud Garcia ,Jean-Paul Vallee, PhD, MD , Antoine Geissbuhler, M , **Informatics in Radiology (infoRAD) Benefits of Content-based Visual Data Access in Radiology**, May-June 2005 RG ,Volume 25 ,Number 3.
- Henning Müller, Thomas Deselaers, Eugene Kim, Jayashree Kalpathy–Cramer,Thomas M. Deserno, William Hersh, **Overview of the ImageCLEF 2007 Medical Retrieval and Annotation Tasks** , 2007
- Henning Müller, Tobias Gass, Antoine Geissbuhler, **Performing image classification with a frequency based information retrieval schema for ImageCLEF 2006**, University and Hospitals of Geneva, Switzerland
- Henning Müller, University of Geneva and University of Applied Sciences, Switzerland , Jayashree Kalpathy-Cramer, Oregon Health and Science University, USA, **Putting the Content Into Context: Features and Gaps in Image Retrieval**, Int. J. of Healthcare Information Systems and Informatics, 4(1), 88-98, January-March 2009
- Henning Müller, Wolfgang Müller, Dvid McG . Squire, Stephane Marchand Maillet and Thierry Pun, **Perfomance Evaluation in Content –Based Image Retrieval: Overview and Proposals**, Preprint submitted to Elsevier Preprint ,15 August 2000
- Henning Müller, Xin Zhou, Adrien Depeursinge, Mikko Pitkanen, Jimison Iavindrasana, Antoine Geissbuhler, **MEDICAL VISUAL INFORMATION RETRIEVAL: STATE OF THE ART AND CHALLENGES AHEAD** , ICME 2007
- Henning Müller, Thomas Deselaers, Thomas Deserno, Paul Clough, Eugene Kim, and William Hersh, **Overview of the ImageCLEFmed 2007 Medical Retrieval and Medical Annotation Tasks**, CLEF 2006, LNCS 4730, pp. 595–608, 2007
- Hlynur Hauksson and Rut Sigurðardóttir, **The Effect of Cluster Size on Image Descriptor Retrieval Performance**, May 18, 2004

- Horst Eidenberger, **Statistical analysis of content-based MPEG-7 descriptors for image retrieval**, *Multimedia Systems* 10: 84–97 (2004)
- Jan Ramon, Daan Fierens, Fabian Guiza, Geert Meyfroidt, Hendrik Blockeel, Maurice Bruynooghe, Greet Van Den Berghe, **Mining data from intensive care patients**, 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved. doi:10.1016/j.aei.2006.12.002
- Javed A. Aslam, Emine Yilmaz, **A Geometric Interpretation and Analysis of Rprecision**, CIKM'05, October 31–November 5, 2005, Bremen, Germany
- Jean-Pierre Schober, Thorsten Hermes, Otthein Herzog, **Content-based Image Retrieval by Ontology-based Object Recognition**
- Jia Li, and James Z. Wang, **Studying Digital Imagery of Ancient Paintings by Mixtures of Stochastic Models**, *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, VOL. 13, NO. 3, MARCH 2004
- Jian Yaoa, Sameer Antanib, Rodney Longb, George Thomab, and Zhongfei Zhanga, **Automatic Medical Image Annotation and Retrieval Using SECC**, Appears in Proceedings of 19th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2006), June 2006
- Jing Li, Nigel Allinson, Member, IEEE, Dacheng Tao, and Xuelong Li, Member, IEEE, **Multitraining Support Vector Machine for Image Retrieval**, VOL. 15, NO. 11, NOVEMBER 2006
- José A. Rodríguez-Serrano, Florent Perronnin, Josep Lladós and Gemma Sánchez, **A Similarity Measure Between Vector Sequences with Application to Handwritten Word Image Retrieval**, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009
- Julia Vogela, and Bernt Schieleb, **Performance evaluation and optimization for content-based image retrieval**, *Pattern Recognition* 39 (2006) 897 – 909
- Kay H. Brodersen, Cheng Soon Ong, Klaas E. Stephan and Joachim M. Buhmann, **The binormal assumption on precision-recall curves**, 2010 International Conference on Pattern Recognition
- Kui Wu & Kim-Hui Yap, **Content-based image retrieval using fuzzy perceptual feedback**, *Multimed Tools Appl* (2007) 32:235–251

- Laurent Besson, Arnaud Da Costa, Eric Leclercq, Marie-Noëlle Terrasse Laboratoire LE2I – Université de Bourgogne – France, **A CBIR-framework: using both syntactical and semantical information for image description**, 2003 IEEE
- Lehmann TM1, Fischer B1, Güld MO1, Thies C1, Keysers D2, Deselaers T2, Schubert H3, Wein BB3, and Spitzer K1, **The IRMA Reference Database and Its Use for Content-Based Image Retrieval in Medical Applications**
- Lokesh Setia, Alexandra Teynor, Alaa Halawani and Hans Burkhardt , **Image Classification using Cluster Cooccurrence Matrices of Local Relational Features**, October 26–27, 2006
- Lokesh Setia, Alexandra Teynor, Alaa Halawani and Hans Burkhardt, **University of Freiburg at ImageCLEF06 - Radiograph Annotation Using Local Relational Features**
- Man-Kwan Shan and Suh-Yin Lee Institute of Computer Science and Information Engineering, National Chiao Tung University, HsinChu, Taiwan, ROC, **Content-based Video Retrieval based on Similarity of Frame Sequence**
- Manuele Bicego, Vittorio Murino, Mario A.T. Figueiredo, **Similarity-Based Clustering of Sequences Using Hidden Markov Models (2003)**, Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition, vol. LNAI 2734
- MARJO MARKKULA, MARIUS TICO, BEMMU SEPPONEN AND KATJA NIRKKONEN, EERO SORMUNEN, **A Test Collection for the Evaluation of Content-Based Image Retrieval Algorithms—A User and Task-Based Approach** , Information Retrieval, 4, 275–293, 2001
- Mark O Güld, Christian Thies, Benedikt Fischer, and Thomas M Deserno, **Baseline Results for the ImageCLEF 2006 Medical Automatic Annotation Task**, CLEF 2006, LNCS 4730, pp. 686–689, 2007
- Md. Mahmudur Rahman, Student Member, IEEE, Prabir Bhattacharya, Fellow, IEEE, and Bipin C. Desai, **A Framework for Medical Image Retrieval Using Machine Learning and Statistical Similarity Matching Techniques With Relevance Feedback**, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 11, NO. 1, JANUARY 2007
- Md. Mahmudur Rahman, Tongyuan Wang, Bipin C. Desai, **Medical Image Retrieval and Registration: Towards Computer Assisted Diagnostic Approach**, Proceedings of the

IDEAS Workshop on Medical Information Systems: The Digital Hospital (IDEAS-DH'04)0-7695-2289-0/04

Michail Vlachos, Marios Hadjieleftheriou, Dimitrios Gunopulos , Eamonn Keogh, **Indexing MultiDimensional TimeSeries with Support for Multiple Distance Measures**, 2003 ACM 1581137370/03/0008

Mohammad Faizal Ahmad Fauzi and Paul H. Lewis, **A multiscale approach to texture-based image retrieval**, *Pattern Anal Applic*, Received: 3 November 2005 / Accepted: 19 July 2007

Mohammed Saeed & Roger Mark, **A Novel Method for the Efficient Retrieval of Similar Multiparameter Physiologic Time Series Using Wavelet-Based Symbolic Representations**, AMIA 2006 Symposium Proceedings Page – 679

Nuno Vasconcelos, Murat Kunt, **CONTENT-BASED RETRIEVAL FROM IMAGE DATABASES: CURRENT SOLUTIONS AND FUTURE DIRECTIONS**, Appears in “Proceedings International Conference on Image Processing” Thessaloniki, Greece, 2001.

Peter L. Stanchev, David Green Jr., Boyan Dimitrov, **HIGH LEVEL COLOR SIMILARITY RETRIEVAL**, 28<sup>th</sup> International conference ICT &P 2003, Varna,Bulgaria

Raphael Maree, Pierre Geurts, Justus Piater, and Louis Wehenkel , **Biomedical Image Classification with Random Sub windows and Decision Trees**, International Workshop on Computer Vision for Biomedical Image Applications: Current Techniques and Future Trends (at ICCV 2005)

Ruofei Zhang, Zhongfei (Mark) Zhang, **FAST: Toward more effective and efficient image retrieval** , *Multimedia Systems* (2005) 10(6): 529–543

Ruofei Zhang, Zhongfei (Mark) Zhang, Mingjing Li, Wei-Ying Ma, Hong-Jiang Zhang, **A probabilistic semantic model for image annotation and multi-modal image retrieval**, *Multimedia Systems* (2006) 12(1): 27–33

S. Tsevas, and D.K. Iakovidis, "**Dynamic Time Warping Fusion for the Retrieval of Similar Patient Cases Represented by Multimodal Time-Series Medical Data**," accepted in Proc. IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, Corfu, Greece, 2010

S. Tsevas, *Student Member, IEEE*, and D. K. Iakovidis, *Member, IEEE*, **Automatic Evaluation of the Progress of Bacterial Pulmonary Infections in Temporal Radiographic Image**

- Sequences**, Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, ITAB 2009, Larnaca, Cyprus, 5-7 November 2009
- Sagarmay Deb and Yanchun Zhang , **An Overview of Content-based Image Retrieval Techniques** , Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Application (AINA'04)
- Sanghyun Park , Wesley W. Chu , **Similarity-Based Subsequence Search In Image Sequence Databases** , International Journal of Image and Graphics Vol. 3, No. 1 (2003) 31{53
- Sanghyun Park and Wesley W. Chu, Jeehee Yoon, Chihcheng Hsu, **Efficient Searches for Similar Subsequences of Different Lengths in Sequence Databases**, California Univ., Los Angeles, CA
- Shoji Hirano , Shusaku Tsumoto, **Cluster Analysis of Time-series Medical Data Based on the Trajectory Representation and Multiscale Comparison Techniques**, Department of Medical Informatics, Shimane University, School of Medicine , IEEE, 2006
- Shunren Xia 1, Dingfei Ge 2, Weirong Mo 1,Zanchao ZhangP, **A Content-Based Retrieval System for Endoscopic Images**, Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference
- Shunren Xia, Weirong Mo, and Zanchao Zhang, **A Content-Based Retrieval System for Endoscopic Images**, International Journal of Information Technology Vol.11 No. 12 2005
- Socrates Dimitriadis & Kostas Marias & Stelios C. Orphanoudakis , **A multi-agent platform for content-based image retrieval** , Springer Science + Business Media, LLC 2007
- Songhe Feng, DeXu,XuYang, **Attention-driven salient edge(s) and region(s) extraction with application to CBIR** , Institute of Computer Science & Engineering, Beijing Jiaotong University, 100044 Beijing, China 2010
- Spyros Tsevas, *Student Member, IEEE*, Dimitris K. Iakovidis, *Member, IEEE*, **Fusion of Multimodal Temporal Clinical Data for the Retrieval of Similar Patient Cases**, 2011 IEEE
- Sridhar R. Avula, Jinshan Tang, Scott T. Acton, **An object-based image retrieval system for digital libraries**, Multimedia Systems (2006) 11(3): 260–270

- T Syeda-Mahmood, F Wang, D Beymer, A Amir, M Richmond, SN Hashmi, **AALIM: Multimodal Mining for Cardiac Decision Support**, IBM Almaden Research Center, San Jose, CA, USA, **Computers in Cardiology 2007;34:209–212**
- Thomas M. Deserno, Sameer Antani, and Rodney Long, **Ontology of Gaps in Content-Based Image Retrieval**, Journal of Digital Imaging, Vol 22, No 2 (April), 2009: pp 202Y215
- Thomas M. Lehmann, Mark O. Gülda, Christian Thies, Bartosz Plodowski, Daniel Keysers, Bastian Ott, Henning Schubert, **IRMA – Content-Based Image Retrieval in Medical Applications**, MEDINFO 2004
- Thomas M. Lehmann, Mark O. Gülda, Thomas Deselaers, Daniel Keysers, Henning Schubert, Klaus Spitzner, Hermann Ney, Berthold B. Wein, **Automatic categorization of medical images for content based retrieval and data mining**, Computerized Medical Imaging and Graphics 29 (2005) 143–155, Received 26 March 2004; revised 29 August 2004; accepted 30 September 2004
- Thomas M. Lehmann, Mark O. Gulda, Thomas Deselaers, Daniel Keysers, Henning Schubert, Klaus Spitzner, Hermann Ney, Berthold B. Wein, **Automatic categorization of medical images for content-based retrieval and data mining**, Computerized Medical Imaging and Graphics 29 (2005) 143–155
- Valtteri Takala, Timo Ahonen, and Matti Pietikäinen, **Block-Based Methods for Image Retrieval Using Local Binary Patterns**, H. Kalviainen et al. (Eds.): SCIA 2005, LNCS 3540, pp. 882–891, 2005
- Vasileios Mezaris, Ioannis Kompatsiaris, Michael G. Strintzis, **Region-Based Image Retrieval Using an Object Ontology and Relevance Feedback**, EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2004:6, 886–901, 2003
- W. Dorda, W. Gall, G. Duftschmid Section of Medical Information and Retrieval Systems, Department of Medical Computer Sciences, University of Vienna Medical School, Austria, **Clinical Data Retrieval: 25 Years of Temporal Query Management at the University of Vienna Medical School**, 2002 Schattauer GmbH
- Wei Jiang, Student Member, IEEE, Guihua Er, Member, IEEE, Qionghai Dai, Senior Member, IEEE, and Jinwei Gu, Student Member, IEEE, **Similarity-Based Online Feature Selection in Content-Based Image Retrieval**, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 15, NO. 3, MARCH 2006

- Wei Wang and Aidong Zhang, **Extracting semantic concepts from images: a decisive feature pattern mining approach**, *Multimedia Systems* (2006) 11(4): 352–366
- WEI-MIN JENG AND JEN-HAO HSIAO, **An Efficient Content Based Image Retrieval System Using the Mesh-of-Trees Architecture**, *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING* 21, 797-808 (2005)H
- William Horsthemke, Daniela Raicu, and Jacob Furst, **Task-Oriented Medical Image Retrieval**
- Y. Shan, H. S. Sawhney, A. Pope, **"Measuring the Similarity of Two Image Sequences"**, *Asia Conference on Computer Vision (ACCV04)*, 2004
- Yihong Gong, **Advancing content-based image retrieval by exploiting image color and region features**, *Multimedia Systems* 7: 449–457 (1999)
- Ying Liua, Dengsheng Zhanga, Guojun Lua,Wei-Ying Mab, **A survey of content-based image retrieval with high-level semantics**, *Pattern Recognition* 40 (2007) 262 – 282
- Yi-Shin Chen and Cyrus Shahabi, **Yoda, an adaptive soft classification model:content-based similarity queries and beyond**, *Multimedia Systems* 8: 523–535 (2003)
- Yousef B.Mahdy, Khaled M.Shaaban, and Ali S.Abd El-Rahim, **Image Retrieval Based on Content**, *GVIP Journal*, Volume 6, Issue 1, July 2006
- Yuk Ying Chung and Xiaoming Chen, **Study of Clustering algorithm for wavelet-based Image Retrieval System**, 2005 IEEE
- Yung-Kuan Chan and Chih-Ya Chen, **An Image Retrieval System Based on the Feature of Color Differences among the Edges of Objects** , *JCS&T* Vol. 5 No. 1 April 2005
- Φώτης Περλικός, Αξιολόγηση Ακτινογραφίας Θώρακα, 12<sup>η</sup> Πνευμονολογική Κλινική Π.Γ.Ν.Ν.Θ.Α. «Η ΣΩΤΗΡΙΑ»
- Γκαβούνου Παναγούλα, Γκινοσάτη Βασιλική, Παπαϊωάννου Αλεξάνδρα, Πελτέκη Ελένη-Αργυρούλα, **Ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση ιατρικών εικόνων**, Πληροφορική της υγείας