



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων



Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος : Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας

Λάλος Βασίλης ΑΜ:2249

Επιβλέπων Καθηγητής : Τριανταφυλλίδης Γεώργιος

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Ημερομηνία Παρουσίασης :

Abstract:

The main purpose of this thesis entitled Image Quality Assessment is to investigate the reasons which created the need to construct algorithms that can assess the quality of images, based on objective criteria. Also the presentation and full description of each algorithm that implement image quality assessment, examples that helps to understand how the algorithms works and they considered as the state of the art this exact time is an important part of this thesis. Last but not least, the complete analysis and presentation of Blind Image Quality Index (BIQI) algorithm with the steps those are required for the use of the algorithm through the Matlab program.

Περίληψη :

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας με τίτλο Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας είναι να διερευνηθούν οι λόγοι και οι αιτίες που δημιούργησαν την ανάγκη να κατασκευασθούν αλγόριθμοι οι οποίοι θα ελέγχουν την ποιότητας μιας εικόνας με κριτήρια που θα είναι αντικειμενικά. Επίσης η παρουσίαση και αναλυτική περιγραφή αλγορίθμων που υλοποιούν αξιολόγηση ποιότητας εικόνας, αντικειμενικά κριτήρια που μπορεί να χρησιμοποιεί κάθε αλγόριθμος καθώς και πειραματικά παραδείγματα για την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας των αλγορίθμων οι οποίοι αποτελούν την αιχμή της τεχνολογίας αυτή τη στιγμή είναι ένα σημαντικό κομμάτι της πτυχιακής. Τέλος γίνεται η πλήρη ανάλυση και η παρουσίαση του πηγαίου κώδικα ενός αλγορίθμου του Blind Image Quality Index (BIQI) καθώς και τα βήματα που απαιτούνται για την χρήση του αλγορίθμου μέσω του προγράμματος Matlab.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Τι είναι η Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :	7
1.1 Γιατί έχουμε ανάγκη την Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :	7
1.2 Γιατί είναι δύσκολη η Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :	8
2. Κατηγορίες αλγορίθμων για Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας :	10
2.1 HVS-based.....	10
2.2 Structural-based.....	10
2.3 Full Reference Algorithms:	10
2.4 No Reference ή blind algorithms:.....	11
3. Ποια χαρακτηριστικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στην Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :	12
Διάγραμμα Πηγών Γνώσης που χρησιμοποιούνται για Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας	12
3.1 Ποιο γνωστοί αλγόριθμοι ανά κατηγορία :	13
3.1.1 Full Reference Algorithms	13
3.1.2 No Reference Algorithms.....	13
Συγκεντρωτικό σχεδιάγραμμα Αλγορίθμων για Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας.....	13
5. Full Reference Algorithms	14
5.1 Peak to Signal Noise Ratio-PSNR.....	14
5.1.1 Πως λειτουργεί:	14
5.1.2 Πειραματικό μέρος:.....	15
5.1.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:	19
5.2 Structural Similarity Index Method (SSIM).....	19
5.2.1 Πως λειτουργεί:	19
5.2.2 Πειραματικό μέρος:.....	23
5.2.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:	27
5.3 Multi Scale Structural Similarity (MS-SSIM).....	28
5.3.1 Πως λειτουργεί:	28
5.3.2 Πειραματικό μέρος:.....	29

5.3.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:	34
Συνοπτικός Πίνακας Full Reference Αλγορίθμων	35
6. No Reference Algorithms	36
6.1 Blind Image Quality Index (BIQI)	36
6.1.1 Πως λειτουργεί :	36
6.1.3 Πειραματικό μέρος :	37
6.1.4 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας :	40
6.2 BLind Image Integrity Notator using DCT-Statistics (BLIINDS)	41
6.2.1 Πως λειτουργεί :	41
6.3 Distortion Identification-based Image Verity and INtegrity Evaluation (DIIVINE)	43
6.3.1 Πως λειτουργεί :	43
Συνοπτικός Πίνακας No Reference Αλγορίθμων	46
7. Συμπεράσματα εξέτασης full-reference και no-reference αλγορίθμων.....	47
Συγκεντρωτικός Πίνακας με τα Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα δημιουργίας Αλγορίθμου για την Εκτίμηση Ποιότητας της Εικόνας.....	48
8. Παρουσίαση Αλγορίθμου Blind Image Quality Index	49
8.1 Γενικό Συμπέρασμα.....	56
9. Βιβλιογραφία	57

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Διάγραμμα λειτουργίας Full Reference Αλγόριθμου.....	10
Εικόνα 2 : Διάγραμμα λειτουργίας No-Reference Αλγόριθμου	11
Εικόνα 3 : Διάγραμμα Πηγών Γνώσεις.....	12
Εικόνα 4 : Συγκεντρωτικό σχεδιάγραμμα Αλγορίθμων	13
Εικόνα 5 : Σχήμα λειτουργίας του SSIM.....	20
Εικόνα 6 : Σχήμα λειτουργίας του MS-SSIM.....	29
Εικόνα 7 : Συνοπτικός Πίνακας Full Reference Αλγορίθμων	35
Εικόνα 8 : Σχεδιάγραμμα αλγορίθμου DIIVINE.....	44
Εικόνα 9 : Συνοπτικός Πίνακας No Reference Αλγορίθμων.....	46
Εικόνα 10 : Συνολικός Πίνακας Αλγορίθμων για Image Quality Assessment.....	46
Εικόνα 11 : Συγκεντρωτικός Πίνακας	48

1. Τι είναι η Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :

Η ποιότητα μιας εικόνας είναι ένα χαρακτηριστικό της το οποίο μας βοηθά στην μέτρηση της αλλοίωσης που υφίσταται μια εικόνα. Τα συστήματα απεικόνισης ,τα κανάλια μετάδοσης, ενδέχεται να εισάγουν θορύβους ή παραμορφώσεις μέσα στο σήμα μιας εικόνας για αυτό το να γνωρίζουμε την ποιότητας μιας εικόνας που θα προβληθεί σε ένα σύστημα απεικόνισης είναι σημαντικό. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε αλγορίθμους οι οποίοι αναλαμβάνουν να εκτιμήσουν τη ποιότητα της εικόνας βασιζόμενοι σε κάποια χαρακτηριστικά της εκάστοτε εικόνας.

1.1 Γιατί έχουμε ανάγκη την Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :

Ζούμε σε έναν ολοένα και αυξανόμενο ψηφιακό κόσμο. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει βίντεο και εικόνες να συλλαμβάνονται εύκολα και αποτελεσματικά, να μεταδίδονται, να φυλάσσονται, να ανταλλάσσονται και να αναπαράγονται σε μια πληθώρα συσκευών όπως HD TV, PDA, Tablets, Smart phones είναι μερικές ενδεικτικές συσκευές. Αυτή η εξέλιξη στη τεχνολογία σε συνδυασμό με το ότι ο άνθρωπος είναι ένα εξαιρετικά οπτικό ον απαιτεί η αναπαραγωγή και η αναπαράσταση των βίντεο και των εικόνων να γίνονται με ακρίβεια χωρίς να αποκλίνουν από αυτό που οι άνθρωποι θεωρούν ως αποδεκτό. Όμως το εύρος ζώνης και οι δυνατότητες των εκάστοτε συσκευών που συλλαμβάνουν την εικόνα περιορίζουν αισθητά την αντιληπτή ποιότητα μιας εικόνας. Επίσης η ψηφιοποίηση, η συμπίεση, η αποθήκευση, η μετάδοση μιας εικόνας μέσω ασύρματων ζεύξεων ή μέσω πολλαπλών καναλιών μέχρι το τελικό δέκτη καθώς και η διαδικασία απεικόνισης ενδέχεται να εισάγει παραμορφώσεις στην αρχική εικόνα. Πολλές εφαρμογές που παρέχονται στους χρήστες όπως το streaming video στο Internet, βίντεο κατά παραγγελία, free TV απαιτούν υψηλή ποιότητας εικόνας. Αυτές ειδικά τις κατηγορίες είναι εξαιρετικά ευαίσθητες με τη ποιότητα της εικόνας, με τη χρήση ενός αλγορίθμου Image Quality Assessment μπορεί να γίνεται άμεσα έλεγχος της ποιότητας της εικόνας που μεταδίδετε ώστε ο server να μπορεί να κάνει άμεσα διορθώσεις για την μέγιστη δυνατή ποιότητα εικόνας βασιζόμενος στο τι θεωρεί αποδεκτό το ανθρώπινο μάτι.

Στην ταχύτητα αναπτυσσόμενη εποχή που ζούμε και η δυνατότητα να συλλαμβάνουμε φωτογραφίες και βίντεο με τέτοια ευκολία και πληθώρα συσκευών δημιουργεί και ένα επιπλέον πρόβλημα, τον χώρο αποθήκευσης. Το μέγεθος του χώρου αποθήκευσης καθώς και οι ρυθμοί μετάδοσης μέσω Ιντερνέτ ή άλλων καναλιών είναι πεπερασμένος, αυτόματα δημιουργείτε η ανάγκη για συμπίεση των δεδομένων ώστε να καθίσταται δυνατή η λήψη, η αποθήκευση καθώς και η μετάδοση ψηφιακών βίντεο και φωτογραφιών. Η συμπίεση αυτή που υφίστανται τα δεδομένα ενδέχεται να προκαλέσουν παραμορφώσεις ή απώλεια ποιότητας.

Στην κοινωνία που ζούμε με την τεράστια βιομηχανική ανάπτυξη για να καλυφθεί η ζήτηση είναι απαραίτητη η μεγάλη ταχύτητα για την δημιουργία και διάθεση προϊόντων, οι αλγόριθμοι IQA χρησιμοποιούνται ήδη από εταιρίες που εκδίδουν χαρτονομίσματα όπου κάθε ένα νέο χαρτονόμισμα πριν οδηγηθεί στην αγορά πρέπει αυστηρά να ελέγχεται και να συγκρίνεται με το αρχικό και αποδεκτό

χαρτονόμισμα, επίσης μεγάλες γραμμές παραγωγής όπως αυτοκινητοβιομηχανίες, βιομηχανίες μεταποίησης γεωργικών προϊόντων διαθέτουν ειδικά μηχανήματα τα οποία ελέγχουν μέσω ειδικών συστημάτων την ποιότητα του εκάστοτε προϊόντος την ποιότητά τους σύμφωνα με την εικόνα του κάθε προϊόντος.

Μια ακόμα εξαιρετικά διαδεδομένη εφαρμογή των IQA αλγορίθμων είναι και το autofocus των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών, η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή με το πάτημα του κουμπιού λαμβάνει μια φωτογραφία που τη αποθηκεύει προσωρινά και πάνω της εφαρμόζει τον αλγόριθμο που έχει οριστεί από την εταιρία ώστε να δει αν η φωτογραφία είναι σωστά εστιασμένη και δεν επηρεάζεται από άλλα σήματα.

Σημαντική ώθηση έχουν δώσει οι αλγόριθμοι IQA και στα σύγχρονα ιατρικά μηχανήματα που είναι απαραίτητα για μια σωστή και ακριβέστερη διάγνωση, μια εφαρμογή είναι και οι ακτινογραφίες, όπου με τη χρήση ακτινών Γ καθίσταται δυνατή η απεικόνιση εσωτερικών οργάνων και σκελετικών δομών ενός ανθρώπου. Όμως με τις ακτινογραφίες δεν είναι δυνατή η αναπαράσταση πολύ μικρών αντικειμένων μέσα στο σώμα, όπως είναι τα αγγεία του ανθρώπου, εκεί γίνεται χρήση της αγγειογραφίας η οποία δίνει μια καλύτερη εικόνα για το εσωτερικό των αγγείων, όμως οι πρώτες απεικονίσεις των αγγείων δεν έδιναν μεγάλη λεπτομέρεια, με τη χρήση των IQA αλγορίθμων δόθηκε η δυνατότητα οι αγγειογραφίες να γίνουν εξαιρετικά ευκρινείς και με μεγάλη λεπτομέρεια στην απεικόνισή τους. Οι αλγόριθμοι IQA βοήθησαν επίσης στην βελτίωση των εικόνων που προέρχονται από εξετάσεις υπερήχων, τομογράφων, εξετάσεις μυοκαρδίου, μαστογραφιών, καρκινικών εξετάσεων, εξετάσεων όγκων.

1.2 Γιατί είναι δύσκολη η Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :

Για να είναι δυνατή μια μέτρηση ή εκτίμηση ποιότητας μιας εικόνας θα πρέπει να γίνει χρησιμοποιώντας αντικειμενικά κριτήρια τα όποια θα βασίζονται στην οπτική ενός ανθρώπινου παρατηρητή. Για την εκτίμηση ποιότητας μιας εικόνας υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες(αναλύονται διεξοδικά παρακάτω) οι full reference algorithms και οι no-reference algorithms. Η πρώτη κατηγορία για να κάνει εκτίμηση της ποιότητας μιας εικόνας απαιτεί να δίνετε και αρχική μη παραμορφωμένη εικόνα (εικόνα αναφοράς), ενώ η δεύτερη κατηγορία που είναι και η πιο δύσκολη σχεδιαστικά καθότι δεν υπάρχει αρχική εικόνα, ο αλγόριθμος προσπαθεί να κάνει εκτίμηση ποιότητας μόνο με την εικόνα που του παρέχεται. Αυτό βέβαια προσθέτει και ένα πλεονέκτημα γιατί μειώνει τον απαιτούμενο χώρο αποθήκευσης του αλγορίθμου το οποίο οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις αποθηκευτικού χώρου ειδικά σε περιπτώσεις όπου μεταδίδονται ροές βίντεο, καθώς και για συστήματα τα οποία δεν μπορούν να παρέχουν την αρχική μη παραμορφωμένη εικόνα. Οι δυσκολίες οι οποίες προκύπτουν στον σχεδιασμό ενός αλγορίθμου εκτίμησης ποιότητας (IQA) είναι πολλές, ιδίως γιατί βασίζοντα σε κριτήρια τα οποία δεν μπορούν να είναι πάντα αντικειμενικά και πολλές φορές η αντιληπτή ποιότητα και το τι θεωρείτε αποδεκτό από έναν ανθρώπινο παρατηρητή είναι υποκειμενικό. Οι δύο εικόνες που ακολουθούν έχουν περίπου την ίδια ποσότητα παραμόρφωσης fast-fading . Παρατηρούμε όμως ότι στην δεξιά εικόνα (Fig1) η ποιότητά της έχει επηρεαστεί πάρα πολύ ενώ η αριστερή

(Fig2) δεν έχει επηρεαστεί πολύ από την εισαγωγή θορύβου. Κατανοούμε δηλαδή ότι η εκτίμηση της ποιότητας μιας εικόνας δεν εξαρτάται μόνο από το είδος του θορύβου και την ποσότητά του αλλά και από το περιεχόμενο της εικόνας, την δομή της συνολικά.

Fig1



Fig2



2. Κατηγορίες αλγορίθμων για Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας :

Οι δύο βασικοί άξονες με τους οποίους έχουν ασχοληθεί οι ερευνητές τα τελευταία χρόνια είναι οι αλγόριθμοι **Full Reference** και **No-Reference(Blind)**. Η ονομασία των κατηγοριών έχει προέλθει από το μέγεθος της πληροφορίας που δέχονται σαν όρισμα.

Μπορούμε όμως να προχωρήσουμε λίγο πιο βαθιά και κατηγοριοποιήσουμε τους αλγορίθμους βάσει της τεχνικής που χρησιμοποιούν για να αποδώσουν την τελική εκτίμηση της ποιότητας.

2.1 HVS-based

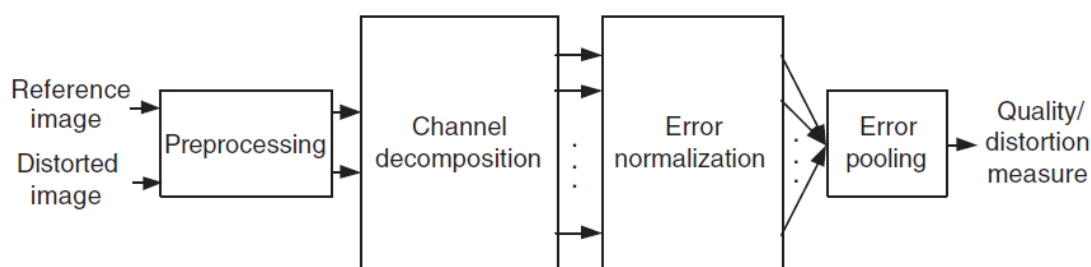
Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι αλγόριθμοι οι οποίοι σαν 1^ο βήμα έχουν πάντα την αποσύνθεση της εικόνας σε διαφορετικές χωρικής συχνότητας ζώνες. Βασίζονται στην μέτρηση της φωτεινότητας μιας εικόνας καθώς είναι γνωστό ότι οι περιοχές μιας εικόνας με υψηλή φωτεινότητα μπορούν να δεχτούν μεγάλες ποσότητες θορύβου πριν αρχίσει να είναι εμφανής και ενοχλητικός. Κάθε αλγόριθμος έχει τα δικά του κριτήρια, τα οποία είναι πάντα πάνω του ενός και στο τελικό στάδιο συνδυάζονται ώστε να δώσουν το τελικό αποτέλεσμα.

2.2 Structural-based

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν αλγόριθμοι οι οποίοι χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία μιας εικόνας ώστε να κάνουν την εκτίμηση της ποιότητας μιας εικόνας. Δομικά στοιχεία μια εικόνας είναι εκείνα τα στοιχεία τα οποία είναι ανεξάρτητα της φωτεινότητας και της αντίθεσης μιας εικόνας.

2.3 Full Reference Algorithms:

Ο αλγόριθμος που ανήκει σε αυτή τη κατηγορία δέχεται σαν είσοδο την αρχική εικόνα η οποία είναι υψηλής ποιότητας και την παραμορφωμένη. Η τελική εκτίμηση προκύπτει από τη σύγκριση χαρακτηριστικών μεταξύ της αρχικής και της παραμορφωμένης εικόνας. Το διάγραμμα που ακολουθεί μας δίνει μια ιδέα για το πώς λειτουργεί ο ένας **full reference** αλγόριθμος βασισμένος σε error visibility. Οι αλγόριθμοι full reference προσπαθούν να μιμηθούν την οπτική λειτουργία του ματιού του ανθρώπου(Human Visual System).



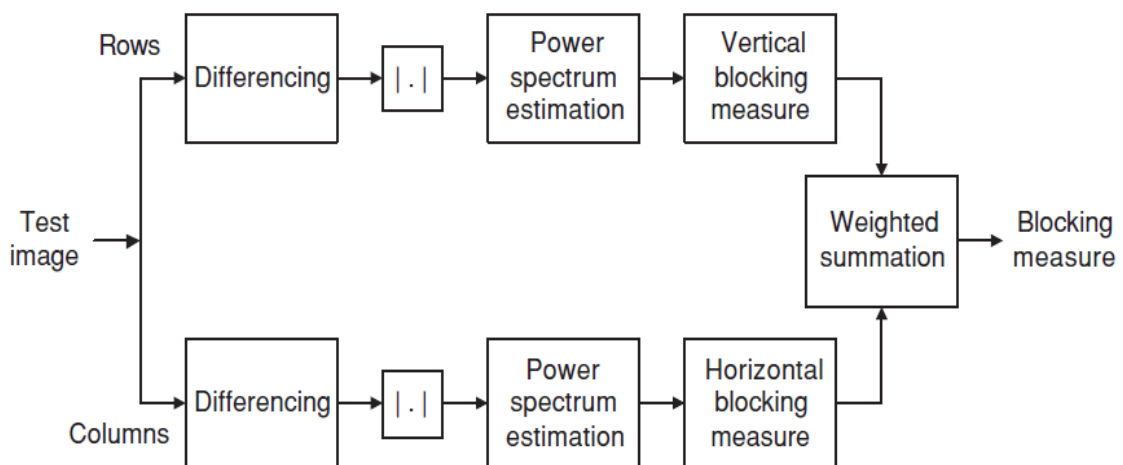
Εικόνα 1 : Διάγραμμα λειτουργίας Full Reference Αλγόριθμου

2.4 No Reference ή blind algorithms:

Αυτή η κατηγορία παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες για τη δημιουργία ενός αλγορίθμου καθότι δέχεται ως είσοδο την παραμορφωμένη εικόνα και μόνο. Ο αλγόριθμος μετά από μια σειρά διεργασιών καλείται να βαθμολογήσει την ποιότητα της εικόνας που έχει λάβει ως όρισμα. Το διάγραμμα που ακολουθεί μας δίνει μια ιδέα για το πώς λειτουργεί ο ένας **no reference** αλγόριθμος βασισμένος σε DCT statistics. Όπως γίνεται κατανοητό η κατασκευή ενός no-reference αλγορίθμου είναι εξαιρετικά δύσκολο καθότι δεν υπάρχει μέτρο σύγκρισης. Σε αντίθεση με την ανθρώπινη όραση η οποία ακόμα και χωρίς εικόνα αναφοράς(reference image) μπορεί να αντιληφθεί μια αλλοιωμένη εικόνα χωρίς να έχει δει την αρχική. Τα γενικά χαρακτηριστικά που μπορεί να εξάγει και χρησιμοποιήσει ένας no reference αλγόριθμος είναι :

1. Block Image Compression
2. Spatial Domain Method
3. Frequency Domain Method
4. Wavelet Image Compression

Σχεδιάγραμμα παραδείγματος αλγορίθμου βασισμένου σε Frequency Domain Blocking effect



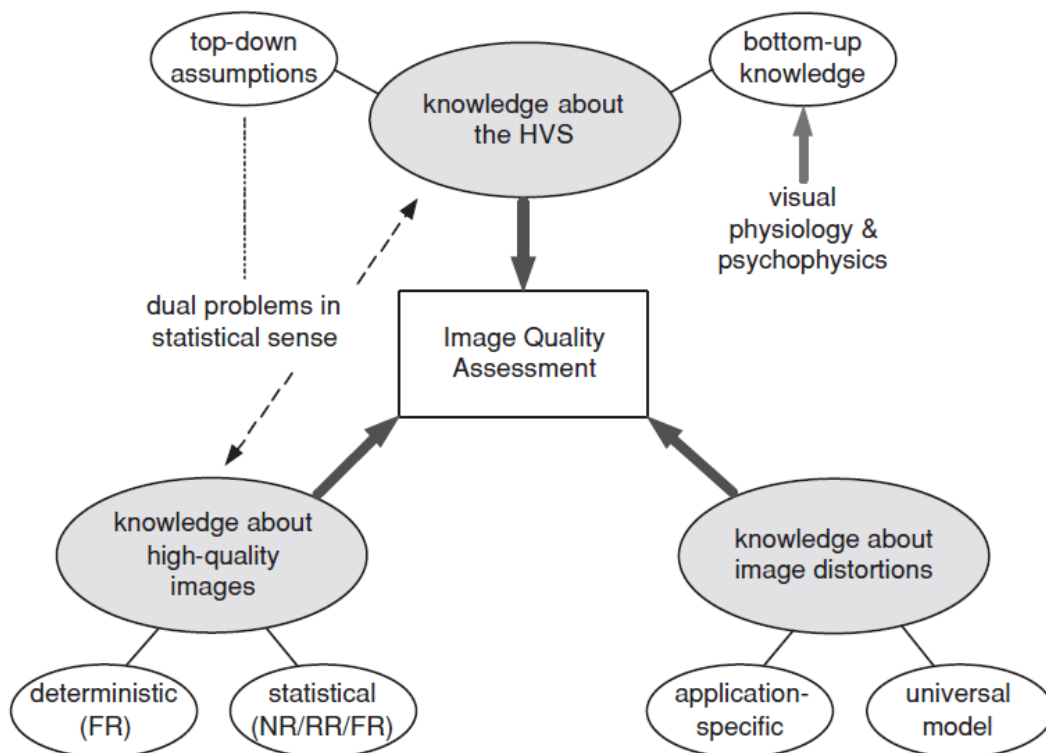
Εικόνα 2 :Διάγραμμα λειτουργίας No-Reference Αλγορίθμου

3. Ποια χαρακτηριστικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στην Αξιολόγηση Ποιότητας της Εικόνας :

Συνοψίζοντας οι γνώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση ποιότητας της εικόνας χωρίζονται σε 3^{εις} γενικές κατηγορίες :

1. Γνώσεις για το πώς δουλεύει το οπτικό σύστημα του ανθρώπου(HVS).
2. Γνώσεις για χαρακτηριστικά εικόνων υψηλής ποιότητας(High Quality Images)
3. Γνώσεις για τα είδη παραμόρφωσης των εικόνων

Διάγραμμα Πηγών Γνώσης που χρησιμοποιούνται για Αξιολόγηση Ποιότητας Εικόνας



Εικόνα 3 : Διάγραμμα Πηγών Γνώσεις

3.1 Ποιο γνωστοί αλγόριθμοι ανά κατηγορία :

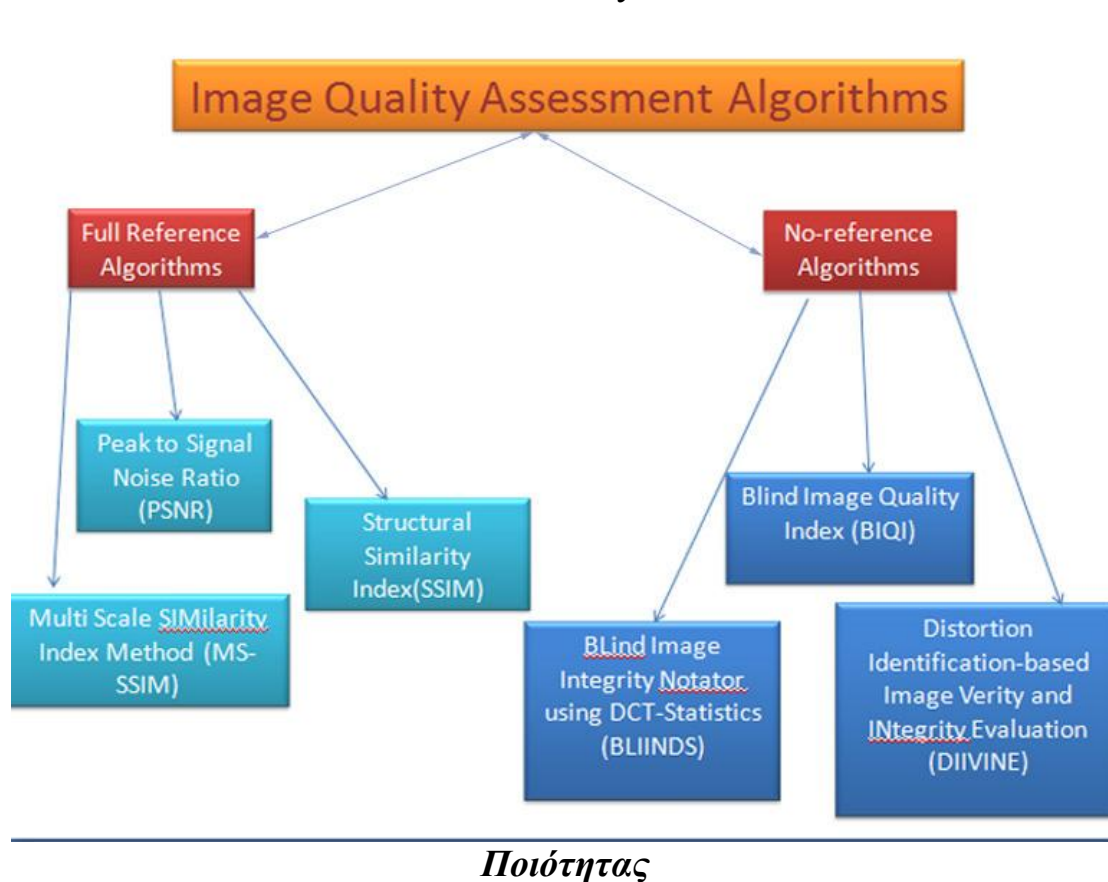
3.1.1 Full Reference Algorithms

- Peak to Signal Noise Ratio (PSNR)
- Structural SIMilarity Index Method (SSIM)
- Multi Scale SIMilarity Index Method (MS-SSIM)

3.1.2 No Reference Algorithms

- Blind Image Quality Index (BIQI)
- BLind Image Integrity Notator using DCT-Statistics (BLIINDS)
- Distortion Identification-based Image Verity and INtegrity Evaluation (DIIVINE)

Συγκεντρωτικό σχεδιάγραμμα Αλγορίθμων για Αξιολόγηση της Εικόνας



Εικόνα 4 : Συγκεντρωτικό σχεδιάγραμμα Αλγορίθμων

5. Full Reference Algorithms

5.1 Peak to Signal Noise Ratio-PSNR

5.1.1 Πως λειτουργεί:

Ο PSNR είναι ένας full reference αλγόριθμος ο οποίος εκφράζει τη διαφορά σήματος μεταξύ της μέγιστης δυνατής τιμής του σήματος και την δύναμη παραμόρφωσης του σήματος που επηρεάζει την ποιότητά του. Όταν χρησιμοποιούμε τον PSNR για εκτίμηση ποιότητας της εικόνας σαν σήμα ορίζουμε τα αρχικά δεδομένα μας(την αρχική εικόνα μας) και η παραμόρφωση είναι ουσιαστικά ο θόρυβος που εισάγεται κατά τη συμπίεση της εικόνας μας.

Η ποιότητας μιας εικόνας είναι υποκειμενική, ενδέχεται λοιπόν μια εικόνα με χαμηλότερο δείκτη PSNR να φαίνεται πως προσεγγίζει καλύτερα την αρχική εικόνα μας από κάποια άλλη με υψηλότερο δείκτη PSNR.

Ο αλγόριθμος PSNR για να κάνει εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας στηρίζεται στον MSE(mean square error). Ο MSE εκφράζει τη μέση τετραγωνική τιμή μεταξύ της αρχικής και της παραμορφωμένης εικόνας. Ο MSE υπολογίζει τη διαφορά pixel-by-pixel προσθέτοντας την τετραγωνική διαφορά που βρίσκει και διαιρώντας τη τιμή που βρίσκει με τον συνολικό αριθμό των pixel της εικόνας.

Μαθηματικές εκφράσεις :

PSNR

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_f}{\sqrt{MSE}} \right)$$


MSE





$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_0^{m-1} \sum_0^{n-1} \|f(i, j) - g(i, j)\|^2$$

Ο PSNR είναι ο πιο παλιός αλλά και ο πιο διαδεδομένος αλγόριθμος για εκτίμηση ποιότητας της εικόνας, το αποτέλεσμα του αλγορίθμου μετριέται σε dB, τιμές μεταξύ 30 έως 40dB θεωρούνται αρκετά καλές.





5.1.2 Πειραματικό μέρος:

Ας δούμε κάποια παραδείγματα για τα αποτελέσματα που μας δίνει ο αλγόριθμος χρησιμοποιώντας τα πιο γνωστά είδη θορύβου : Υπόψη η ο αλγόριθμος μας δίνει αποτελέσματα από το 0 έως το 100 dB, όσο πιο κοντά είμαστε στο 100 τόσο χειρότερη είναι η εικόνα. Μια εικόνα που κυμαίνεται 20 με 40 dB θεωρείται αποδεκτή.

Είδος Θορύβου	Εικόνα	Αποτέλεσμα
Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.		
Fast Fading Image 1		51,70dB
Fast Fading Image 2		49,89dB

<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>Gaussian Blur Image 3</p>		<p>44,56dB</p>
<p>Gaussian Blur Image 4</p>		<p>57,48dB</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		

<p>JPEG 2000 Image 5</p>		<p>55,87dB</p>
<p>JPEG 2000 Image 6</p>		<p>46,35dB</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>JPEG Image 7</p>		<p>45,82 dB</p>

<p>JPEG Image 8</p>		<p>55,89dB</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>White Noise Image 9</p>		<p>44dB</p>
<p>White Noise Image 10</p>		<p>58,57dB</p>

5.1.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:

Γίνεται κατανοητό από τα πειράματα που πραγματοποιήσαμε παραπάνω πως ο αλγόριθμος δεν μπορεί σίγουρα να ανταποκριθεί στη «λειτουργία» του ανθρώπινου ματιού. Εικόνες όπως οι Image 7, Image 3 και Image 2 μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικές για έναν ανθρώπινο κριτή, χωρίς δηλαδή να προκαλούν κάποια ενόχληση ακόμα και με τη παρουσία του θορύβου, για τον αλγόριθμο βρίσκονται πάνω από το όριο το οποίο θεωρείτε αποδεκτό. Ακόμα και εικόνες στις οποίες η παραμόρφωση έχει «καταστρέψει» εντελώς την ποιότητά της ο αλγόριθμος τις βαθμολογεί πολύ κοντά στο άνω όριο του, ενώ για έναν ανθρώπινο παράγοντα αυτές οι εικόνες είναι πλέον χειρίστης ποιότητας. Όπως γίνεται αντιληπτό μια απλή σύγκριση των τιμών pixel by pixel δεν μπορεί να είναι αντικειμενική, παρουσιάζει αρκετά ελαττώματα αλλά πρόκειται για την 1^η προσπάθεια αλγορίθμου για την εκτίμηση της ποιότητας μια εικόνας.

5.2 Structural Similarity Index Method (SSIM)

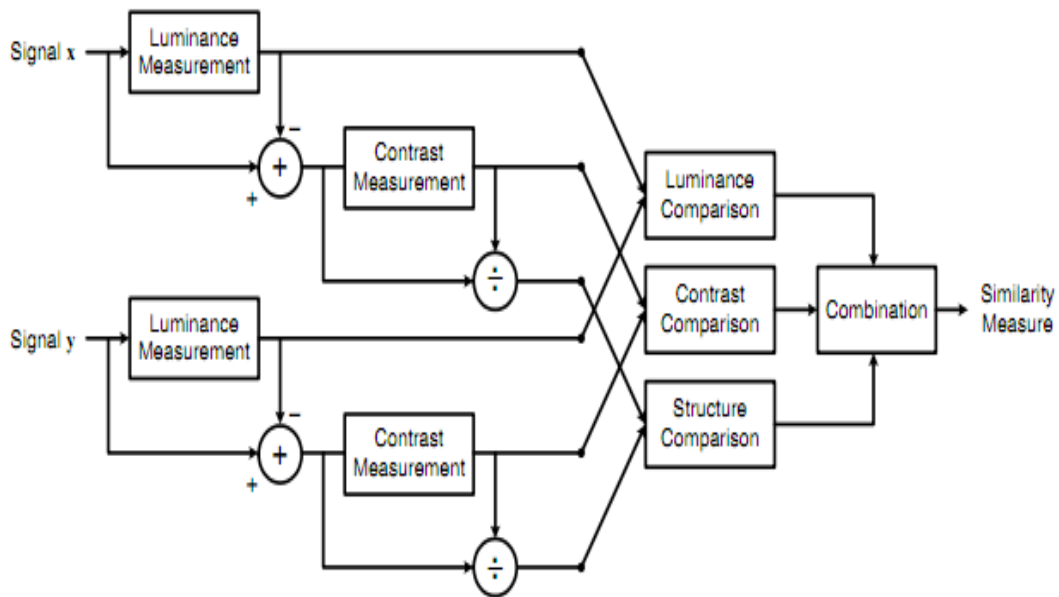
5.2.1 Πως λειτουργεί:

Ο SSIM είναι ένας full reference αλγόριθμος που δέχεται για εισόδους 2 σήματα, 2 εικόνες. Υποθέτουμε ότι η μια εικόνα είναι τέλειας ποιότητας έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί σαν ποσοτική μέτρηση της ποιότητας της 2^{ης} εικόνας.

Το σύστημα διαχωρίζει τις διεργασίες για την μέτρηση της ομοιότητας σε 3^{εις} βασικές κατηγορίες.

- Φωτεινότητα(luminance)
- Αντίθεση(contrast)
- Δομή(structure)

Δίνεται το σχήμα λειτουργίας του SSIM



Εικόνα 5 : Σχήμα λειτουργίας του SSIM

Φωτεινότητα(luminance) : Πρώτα συγκρίνετε η φωτεινότητα από κάθε σήμα(εικόνα),αυτή υπολογίζεται ως η μέση ένταση φωτεινότητας του κάθε σήματος από τον τύπο

Υπολογίζουμε το M_x και το M_y για τα δύο σήματα (x,y)

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$

Στο δεύτερο βήμα αφαιρούμε τη μέση ένταση της φωτεινότητας και από τα δύο σήματα. Το σήμα που παράγεται είναι $x-M_x$ και αντίστοιχα $y-M_y$.

Αντίθεση(contrast) : Χρησιμοποιώντας την τυπική απόκλιση(τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης) για την εκτίμηση του contrast του σήματος, χρησιμοποιώντας το τύπο

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Δομή(structure): Το σήμα κανονικοποιείται διαιρώντας το με την τυπική απόκλιση του έτσι ώστε και τα 2 σήματα να έχουν μονάδα για τυπική απόκλιση. Η σύγκριση της δομής γίνεται με αυτά τα κανονικοποιημένα σήματα.

$$(\mathbf{x} - \mu_x)/\sigma_x \text{ and } (\mathbf{y} - \mu_y)/\sigma_y.$$

Τέλος τα 3 αυτά στοιχεία συνδυάζονται για να μας δώσουν ένα συνολικό αποτέλεσμα ομοιότητας(similarity).

Ας σημειωθεί ότι αυτά τα 3 στοιχεία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, μια αλλαγή στην φωτεινότητα ή/και στην αντίθεση δεν επηρεάζει τη δομή των εικόνων.

Επίσης η μέτρηση ομοιότητας πρέπει να ικανοποιεί τους 3^{εις} περιορισμούς :

- Συμμετρία $S(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = S(\mathbf{y}, \mathbf{x})$.
- Όρια $S(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq 1$.
- Μοναδικό Μέγιστο $S(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1$ μόνο όταν $\mathbf{x}=\mathbf{y}$.

Για να ολοκληρωθεί η μέτρηση της ομοιότητας της δομής ορίζονται 3^{εις} βασικές συνιστώσες:

- $l(\mathbf{x}, \mathbf{y})$
- $c(\mathbf{x}, \mathbf{y})$
- $s(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

$l(\mathbf{x}, \mathbf{y})$:Είναι η σύγκριση φωτεινότητας(luminance) που γίνεται με τον τύπο

$$l(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1}$$

Η σταθερά C_1 περιλαμβάνεται για να αποφύγουμε αστάθεια όταν ο παρονομαστής $\mu_x^2 + \mu_y^2$ πλησιάζει το 0. Η σταθερά C_1 υπολογίζεται από τον τύπο :
 $C_1 = (K_1L)^2$

Όπου L είναι το εύρος των τιμών των Pixel και $K_1 < 1$.

$c(\mathbf{x}, \mathbf{y})$: Είναι η σύγκριση της αντίθεσης(contrast) που γίνεται με τον τύπο

$$c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2}$$

Όπου L είναι το εύρος των τιμών των Pixel και $K_2 < 1$ βάση του τύπου $C_2 = (K_2 L)^2$.

$s(\mathbf{x}, \mathbf{y})$: Η σύγκριση δομής γίνεται μετά από την αφαίρεση της φωτεινότητας και μετά την κανονικοποίηση(normalization) των σημάτων. Γίνεται με τον εξής τύπο

$$s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x \sigma_y + C_3}.$$

Όπου L είναι το εύρος των τιμών των Pixel και $K_2 < 1$ βάση του τύπου $C_3 = C_2/2$.

Τέλος συνδυάζοντας αυτές τις 3^{ες} μετρήσεις-συγκρίσεις και βγάνει το τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης της ομοιότητας(SSIM index) μεταξύ των σημάτων x και y.

Ο τύπος είναι $SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = [l(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\alpha \cdot [c(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\beta \cdot [s(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\gamma$




Όπου $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0$ είναι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν τη σχετική «σπουδαιότητα» των τριών στοιχείων.


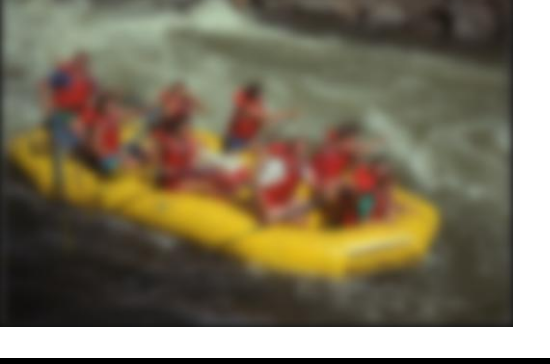


Για να απλοποιηθεί η έκφραση του τύπου θέτουμε $\alpha = \beta = \gamma = 1$ και $C_3 = C_2/2$ έτσι ο τύπος γίνεται


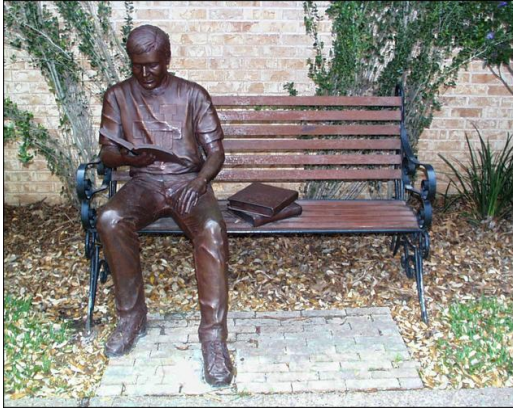

$$SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{(2\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}.$$

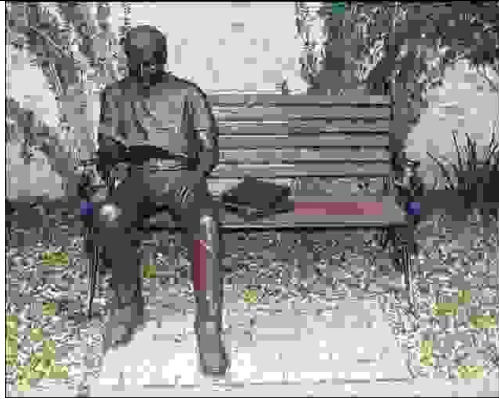



5.2.2 Πειραματικό μέρος:

Σε αυτό το σημείο θα δούμε πειραματικά παραδείγματα με εικόνες παραμορφωμένες από διάφορα είδη θορύβου σε διαφορετικές ποσότητες στην κάθε εικόνα για να δούμε πως ανταποκρίνεται ο αλγόριθμος. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου θα είναι ένας αριθμός από το 0 έως το 1, το 0 αντιπροσωπεύει την χειρότερη δυνατή ποιότητα της εικόνας ενώ το 1 την καλύτερη ποιότητα.

Είδος Θορύβου	Εικόνα	Αποτέλεσμα
Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.		
Fast Fading Image 1		0.8580
Fast Fading Image 2		0.6306

<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις.</p> <p>Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>Gaussian Blur Image 3</p>		<p>0.4451</p>
<p>Gaussian Blur Image 4</p>		<p>0.9347</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις.</p> <p>Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		

<p>JPEG 2000 Image 5</p>		<p>0.9479</p>
<p>JPEG 2000 Image 6</p>		<p>0.5565</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>JPEG Image 7</p>		<p>0.8325</p>

<p>JPEG Image 8</p>		<p>0.5938</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>White Noise Image 9</p>		<p>0.8556</p>
<p>White Noise Image 10</p>		<p>0.0583</p>

5.2.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:

Στα πειράματα που διεξαγάγαμε για να δούμε τι λειτουργία του αλγορίθμου, παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος πλησιάζει πάρα πολύ στη «λειτουργία» του ανθρώπινου ματιού. Τα αποτελέσματα που μας δίνει είναι πολύ κοντά στο τι θα θεωρούσε αποδεκτό ή μη αποδεκτό και ένας άνθρωπος-παρατηρητής. Ειδικά σε σύγκριση με την προηγούμενη γενιά όπως ο PSNR βλέπουμε μια εξαιρετική βελτίωση στην απόδοση, η οποία τείνει να εναρμονιστεί με το τι θεωρεί ο άνθρωπος μια ωραία εικόνα. Η βασική διαφορά προκύπτει ότι στην νέα γενιά των full-reference IQA για το τελικό αποτέλεσμα υπολογίζεται και το σύνολο της δομής μιας εικόνας και όχι μόνο η φωτεινότητα και η αντίθεση μιας εικόνας.

5.3 Multi Scale Structural Similarity (MS-SSIM)

Ο αλγόριθμος είναι ουσιαστικά μια βελτίωση του αλγορίθμου SSIM, όπως δηλώνει και το όνομά του ο αλγόριθμος εκτελεί συγκρίσεις μεταξύ των 2 εικόνων σε περισσότερες από 1 φορές για να εξάγει το τελικό αποτέλεσμα σε αντίθεση με τον SSIM ο οποίος κάνει 1 φορά τη σύγκριση.

5.3.1 Πως λειτουργεί:

Δέχεται ως εισόδους 2 εικόνες, την εικόνα αναφοράς(αρχική εικόνα) και την παραμορφωμένη εικόνα. Ο αλγόριθμος επανειλημμένα εφαρμόζει ένα χαμηλοπερατό(low pass) φίλτρο και μειώνει τη δειγματοληψία της φιλτραρισμένης εικόνας κατά παράγοντα 2. Η αρχική εικόνα θεωρείται ως η Scale 1 εικόνα και το μέγιστο επίπεδο που μπορεί να φτάσει ο αλγόριθμος είναι το Scale M το οποίο επιτυγχάνεται μετά από M-1 επαναλήψεις της διαδικασίας που αναφέρθηκε πιο πάνω.

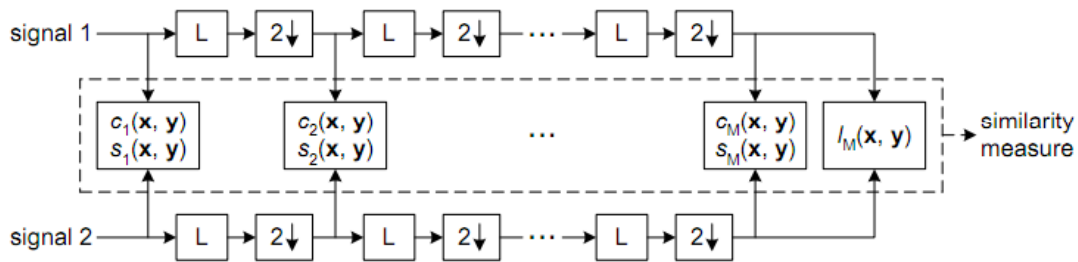
Οι διεργασίες για την σύγκριση της εικόνας παραμένουν οι ίδιες όπως είναι και στον απλό SSIM και είναι οι ακόλουθες :

$$l(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2 \mu_x \mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1},$$
$$c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2 \sigma_x \sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2},$$
$$s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x \sigma_y + C_3},$$

$$C_1 = (K_1 L)^2, C_2 = (K_2 L)^2 \text{ and } C_3 = C_2/2,$$

Η βασική διαφορά του MS-SSIM είναι ότι η σύγκριση της αντίθεσης(contrast-συνάρτηση $c(x,y)$)και η σύγκριση της δομής(structure-συνάρτηση $s(x,y)$) των εικόνων γίνεται σε κάθε στάδιο μετά την διαδικασία εφαρμογής του χαμηλοπερατού φίλτρου και της μείωσης της δειγματοληψίας κατά 2. Στο σχεδιάγραμμα που

ακολουθεί γίνεται πιο ξεκάθαρο πως λειτουργεί ο αλγόριθμος.



Εικόνα 6 : Σχήμα λειτουργίας του MS-SSIM

-L : το χαμηλοπερατό(low pass)φίλτρο, 2 μείωση δειγματοληψίας κατά 2(down sampling by 2).

Όπως βλέπουμε και στο σχήμα οι διεργασίες $c(x,y)$ και $s(x,y)$ εκτελούνται σε κάθε επίπεδο(scale) μέχρι και το επίπεδο M(scale M) ενώ η διεργασία για την μέτρηση της φωτεινότητας εκτελείτε μόνο στο τελικό στάδιο M (scale M).

Η συνολική αξιολόγηση SSIM προκύπτει από τον συνδυασμό των μετρήσεων που πάρθηκαν από όλα τα στάδια του αλγορίθμου και γίνεται με τον τύπο

$$SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = [l_M(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^{\alpha_M} \cdot \prod_{j=1}^M [c_j(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^{\beta_j} [s_j(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^{\gamma_j} .$$

Όπου $\alpha_j = \beta_j = \gamma_j$





5.3.2 Πειραματικό μέρος:

Σε αυτό το σημείο θα δούμε πειραματικά παραδείγματα με εικόνες παραμορφωμένες από διάφορα είδη θορύβου σε διαφορετικές ποσότητες στην κάθε εικόνα για να δούμε πως ανταποκρίνεται ο αλγόριθμος. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου θα είναι ένας αριθμός από το 0 έως το 1, το 0 αντιπροσωπεύει την χειρότερη δυνατή ποιότητα της εικόνας ενώ το 1 την καλύτερη ποιότητα. Υπενθυμίζεται πως ο αλγόριθμος MS-SSIM είναι μια βελτίωση του αλγορίθμου SSIM.

Είδος Θορύβου	Εικόνα	Αποτέλεσμα
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις.</p> <p>Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>Fast Fading Image 1</p>		<p>0.7931</p>
<p>Fast Fading Image 2</p>		<p>0.8303</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις.</p> <p>Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		

<p>Gaussian Blur Image 3</p>		<p>0.9410</p>
<p>Gaussian Blur Image 4</p>		<p>0.8912</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		

<p>JPEG 2000 Image 5</p>		<p>0.8937</p>
<p>JPEG 2000 Image 6</p>		<p>0.7912</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		

<p>JPEG Image 7</p>		<p>0.8923</p>
<p>JPEG Image 8</p>		<p>0.7859</p>
<p>Αρχική εικόνα χωρίς παραμορφώσεις. Ο αλγόριθμος απαιτεί την αρχική εικόνα.</p>		
<p>White Noise Image 9</p>		<p>0.5853</p>

<p>White Noise</p> <p>Image 10</p>		<p>0.9568</p>
------------------------------------	---	---------------

5.3.3 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας:

Όπως βλέπουμε και από τα πειράματα, ο αλγόριθμος ουσιαστικά αποτελεί μια βελτίωση του SSIM για να μπορέσει να έχει καλύτερη απόκριση στα είδη των παραμορφώσεων. Η διαδικασία που ακολουθείτε βελτιώνει την απόδοση του αλγόριθμου, πλησιάζοντας ακόμα περισσότερο στην λειτουργία του ανθρώπινου ματιού. Πειράματα που έγιναν για τον αλγόριθμο έδειξαν πως η εφαρμογή των συγκεκριμένων κριτηρίων σε 2 ή περισσότερα στάδια τελικά μας προσφέρει μια καλύτερη αξιολόγηση της εικόνας, ένα πιο σωστό αποτέλεσμα.

Συνοπτικός Πίνακας Full Reference Αλγορίθμων

Full Reference Algorithms		
	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
PSNR	Ο πιο παλιός αλγόριθμος για Image Quality Assessment. Απλός στην υλοποίηση.	Ξεπερασμένη τεχνική. Όχι τόσο καλή μέθοδος για εκτίμηση ποιότητας εικόνων
SSIM	Νέος αλγόριθμος. Βασίζεται στην μέτρηση της αλλοίωσης της δομής μιας εικόνας και όχι στα λάθη που περιέχει. Πολύ καλή απόδοση για όλα τα είδη παραμορφώσεων	Ίσως θεωρηθεί «μειονέκτημα» ότι πάντα απαιτείται και η αρχική εικόνα σε τέλεια ποιότητα για να γίνει εκτίμηση της ποιότητας.
MS-SSIM	Είναι μια βελτίωση του SSIM. Έχει περισσότερα επίπεδα επεξεργασίας για την εξαγωγή αποτελέσματος και αποδίδει καλύτερα από τον SSIM.	Ίσως θεωρηθεί «μειονέκτημα» ότι πάντα απαιτείται και η αρχική εικόνα σε τέλεια ποιότητα για να γίνει εκτίμηση της ποιότητας.

Εικόνα 7 : Συνοπτικός Πίνακας Full Reference Αλγορίθμων

6. No Reference Algorithms

6.1 Blind Image Quality Index (BIQI)

Ο BIQI είναι ένας no-reference(blind) αλγόριθμος ο οποίος για να κάνει εκτίμηση της ποιότητας μιας παραμορφωμένης εικόνας βασίζεται σε ένα πλαίσιο 2 επιπέδων. Το 1^ο επίπεδο αφορά την αναγνώριση του είδους του θορύβου που προκαλεί παραμόρφωση στην εικόνα με τη βασιζόμενο στη μέτρηση του πόσο έχουν αλλοιωθεί τα φυσικά στατιστικά της εικόνας (Natural Scene Statistics). Το 2^ο επίπεδο ασχολείται με την εκτίμηση ποιότητας χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο ειδικό ο οποίος αποφασίζει το είδος του θορύβου.

6.1.1 Πως λειτουργεί :

Έχει αποδειχθεί ότι οι αντιδράσεις των υποζωνών (subbands responses) σε φυσικές σκηνές (natural scenes) τείνουν να ακολουθούν μια μη-Gaussian(non-Gaussian) κατανομή η οποία μπορεί να παραμετροποιηθεί. Έχει αποδειχθεί από ερευνητές ότι οι παραμορφώσεις επηρεάζουν τα στατιστικά των σκηνών(Natural Scene Statistics), με τον αλγόριθμο BIQI γίνεται προσπάθεια να αποδειχθεί ότι οι αλλαγές που προκαλούνται στα στατιστικά των σκηνών(Natural Scene Statistics) είναι συστηματικά και παραμετροποιούνται. Μια περιγραφή των στατιστικών της παραμορφωμένης εικόνας (distorted image statistics-DIS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως η ‘υπογραφή’ ενός θορύβου έτσι ώστε να είναι δυνατή η αναγνώρισή του. Έπειτα ο αλγόριθμος έναν αλγόριθμο για την εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας ειδικό για αυτό το είδος του θορύβου.

6.1.2 Αναλυτικά η διαδικασία :



Εισάγεται μια παραμορφωμένη εικόνα, ο αλγόριθμος πρώτα κάνει μια εκτίμηση των παραμορφώσεων που υπάρχουν στην εικόνα. Η ποσότητα ή πιθανότητα της κάθε παραμόρφωσης επιτυγχάνεται και συμβολίζεται ως $p_i, \{i = 1, \dots, 5\}$. Ουσιαστικά αυτό ήταν το 1^ο επίπεδο στο οποίο επιτυγχάνεται ταξινόμηση των θορύβων. Το 2^ο επίπεδο εκτιμά την ποιότητας της εικόνας για κάθε ένα είδος παραμόρφωσης που ανιχνεύθηκε στο 1^ο επίπεδο. Η εκτίμηση βαθμολογείται ως εξής $q_i, \{i = 1, \dots, 5\}$, ουσιαστικά το $q(i)$ δίνει τη βαθμολογία της εκτίμησης της ποιότητας για το κάθε είδος παραμόρφωσης.

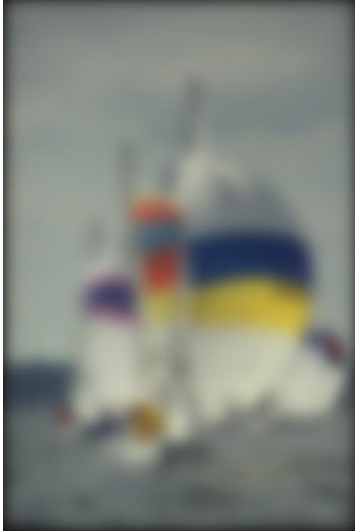


Η συνολική εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας γίνεται με τον τύπο





$$BIQI = \sum_{i=1}^{\infty} p_i \cdot q_i.$$

6.1.3 Πειραματικό μέρος :

Σε αυτό το σημείο θα δούμε πειραματικά παραδείγματα με εικόνες παραμορφωμένες από διάφορα είδη θορύβου σε διαφορετικές ποσότητες στην κάθε εικόνα για να δούμε πως ανταποκρίνεται ο αλγόριθμος. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου θα είναι ένας αριθμός από το 1 έως το 125, το 1 αντιπροσωπεύει την καλύτερη δυνατή ποιότητα της εικόνας ενώ το 125 την χειρότερη ποιότητα. Αριθμούς κοντά στο 125 είναι δύσκολο να δούμε καθότι αν μια εικόνα συγκεντρώνει σε τόσο μεγάλο ποσοστό όλα τα γνωστά είδη θορύβων θα είναι σίγουρα εντελώς κατεστραμμένη και ο αλγόριθμος δεν θα μπορεί να διακρίνει σωστά τα είδη των θορύβων και τα ποσοστά τους.

Είδος Θορύβου	Εικόνα	Αποτέλεσμα
Fast Fading Image 1		23,1420
Fast Fading Image 2		48.1388

<p>Gaussian Blur Image 3</p>		<p>113.3570</p>
<p>Gaussian Blur Image 4</p>		<p>58.5458</p>
<p>JPEG 2000 Image 5</p>		<p>54.8079</p>

<p>JPEG 2000 Image 6</p>		<p>41.5585</p>
<p>JPEG Image 7</p>		<p>67.9903</p>
<p>JPEG Image 8</p>		<p>26.7031</p>
<p>White Noise Image 9</p>		<p>12.2886</p>



6.1.4 Συμπεράσματα πειραματικής διαδικασίας :

Μετά τα πειράματα που διεξήχθησαν και έχοντας υπόψη πως ο BIQI είναι ο πρώτος αλγόριθμος no-reference για Image Quality Assessment παρατηρούμε πως ανταποκρίνεται εξαιρετικά καλά ακόμα και σε σύγκριση με full-reference αλγορίθμου. Αν θέσουμε και ένα αποδεκτό όριο γύρω στο 50 τα αποτελέσματα που μας δίνει ο αλγόριθμος ανταποκρίνονται πλήρως στα κριτήρια που θέτει ένα ανθρώπινο μάτι γιατί τι θεωρεί αποδεκτό και τη όχι. Βλέπουμε όμως πως ο αλγόριθμος έχει μικρές αδυναμίες όταν τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλά, παράδειγμα η εικόνα Image 10 έχει μεγάλες ποσότητες White Noise θορύβου και για ένα ανθρώπινο μάτι αυτή η εικόνα θεωρείται εξαιρετικά κακής ποιότητας ενώ ο αλγόριθμος την τοποθετεί στα 76/125, σχετικά μικρό νούμερο λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα της εικόνας. Αυτό το μικρό πρόβλημα μπορούμε να το παρακάμψουμε αφού εικόνες με βαθμολογία έως τα 50/125 κρίνονται ακόμα και από το ανθρώπινο μάτι πολύ καλές. Ένα αρνητικό του αλγορίθμου είναι ότι επικεντρώνεται στα 5 αυτά είδη θορύβου.

6.2 BLind Image Integrity Notator using DCT-Statistics (BLIINDS)

Ο αλγόριθμος BLIINDS για να κάνει εκτίμησης της ποιότητας της εικόνας βασίζεται στο συνδυασμό 2 προσεγγίσεων των no-reference αλγορίθμων. Η 1^η ονομάζεται Εξαγωγή Χαρακτηριστικών και μαθησιακή Προσέγγιση, αυτή η προσέγγιση εξάγει χαρακτηριστικά από τις εικόνες ,εκπαιδεύει και μαθαίνει τον αλγόριθμο να ξεχωρίζει τις αλλοιωμένες από τις μη αλλοιωμένες εικόνες βασίζοντας την απόφαση από τα χαρακτηριστικά που έχει εξάγει από την εικόνα. Η 2^η προσέγγιση ονομάζεται στατιστικά φυσικών σκηνών(Natural Scene Statistics) ,αυτή η μέθοδος υποθέτει ότι οι φυσικές ή μη αλλοιωμένες εικόνες καταλαμβάνουν ένα κομμάτι χώρου από το σύνολο του χώρου των πιθανών φυσικών εικόνων και στη συνέχεια προσπαθεί να βρει την απόσταση μεταξύ της αλλοιωμένης εικόνας(η οποία υποτίθεται είναι εκτός του χώρου των μη αλλοιωμένων εικόνων) με τον αντίστοιχο κομμάτι που βρίσκονται οι φυσικές εικόνες. Ο αλγόριθμος BLIINDS κάνει χρήση επίσης του Διακριτού Συνημιτονικού Μετασχηματισμού(Discrete Cosine Transform-DCT).

6.2.1 Πως λειτουργεί :

Η αντίθεση(contrast) είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό μιας εικόνας, για να υπολογισθεί η αντίθεση(contrast) γίνεται πρώτα ο υπολογισμός των τοπικών DCT-patches. Στη πιο απλή περίπτωση μιας 2D-DCT γίνεται μια εφαρμογή 17x17 image patches .Η τοπική αντίθεση(contrast) ορίζεται ως η μέση τιμή των μη-DC τιμών στο τοπικό patch κανονικοποιημένη(normalized) κατά DC. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα από κάθε patch συγκεντρώνεται και βγαίνει η μέση τιμή του η οποία είναι και η τιμή της αντίθεσης(contrast) της εικόνας.

Τα δομικά στοιχεία(structure features) της εικόνας τα εξάγουμε από τα μεγέθη των DCT συχνοτήτων. Για να καταγράψουμε τα στατιστικά χαρακτηριστικά των DCT σε ιστογράμματα υπολογίζεται η κύρτωση(kurtosis) η οποία γίνεται με τον τύπο

$$\kappa(x) = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4}$$

Όπου το χ είναι το $\chi=\chi/2$ και το σ είναι η τυπική απόκλιση. Η κύρτωση υπολογίζεται για κάθε τοπικό patch(χ 17 x 17 local patches) ,συγκεντρώνοντας όλα τα αποτελέσματα από το κάθε patch ο μέσος όρος προκύπτει από το 10% των χαμηλότερων τιμών. Αυτός ο μέσος όρος είναι και η συνολική κύρτωση της εικόνας.

Η μέτρηση της ανισοτροπίας (anisotropy) γίνεται ως εξής : Για κάθε τοπικό DCT patch υπολογίζεται το DCT με 4^ς διαφορετικές κατευθύνσεις (0°, 45°, 90° and 135°). Έπειτα κάθε DCT patch υπόκειται σε κανονικοποίηση(normalization) με το τύπο

$$\tilde{P}_\theta[n, k] = \frac{P_\theta[n, k]^2}{\sum_k P_\theta[n, k]^2}$$

Όπου $P[n, k]$, το K συμβολίζει τον δείκτη συχνότητας του συντελεστή DCT (1<K<=17) και το n είναι ο χωρικός δείκτης(spatial index) του DCT patch που υπολογίζεται, το Θ αντιστοιχεί σε μια από τις 4 κατευθύνσεις.

Έπειτα υπολογίζεται η εντροπία του Renyi για το κάθε patch που έχει υποστεί κανονικοποίηση(normalization) με το τύπο :

$$R_\theta[n] = -\frac{1}{2} \log \left(\sum_k \tilde{P}_\theta[n, k]^3 \right).$$

Αν υποθέσουμε ότι M_θ είναι ο αριθμός των συνολικών patches με κατεύθυνση θ τότε έχουμε τον μέσο όρο ανά προσανατολισμό ο οποίος συμβολίζεται ως $E[R_\theta]$. Η διαφορά που προκύπτει ανάμεσα στις τέσσερις κατευθύνσεις μαζί με το μέγιστο $E[R_\theta]$, επιλέγονται ως μετρήσεις της ανισοτροπίας(measures of anisotropy).

6.3 Distortion Identification-based Image Verity and INtegrity Evaluation (DIIVINE)

Ο DIIVINE είναι ένας no-reference ή αλλιώς Blind αλγόριθμος ο οποίος είναι σε θέση να κάνει εκτίμηση της ποιότητας μιας εικόνας χωρίς να χρειάζεται εικόνα αναφοράς όπως χρειάζονται οι αλγόριθμοι full-reference.

6.3.1 Πως λειτουργεί :

Ο DIIVINE βασίζεται σε ένα πλαίσιο 2 επιπέδων που αφορούν την αναγνώριση του είδους της παραμόρφωσης που ακολουθείτε από την εκτίμηση της ποιότητας του είδους της παραμόρφωσης.

Τα δυο στάδια είναι :

Επίπεδο 1-Ταυτοποίηση Παραμόρφωσης(distortion identification) : Σε αυτό το επίπεδο εξάγονται στατιστικές που αφορούν τη δομή ή σκηνή της παραμορφωμένης εικόνας και χρησιμοποιούνται για να προσδιορισθεί ποιο είδος από τα n είδη παραμορφώσεων έχει η εικόνα.

Επίπεδο 2-Εκτίμηση Παραμόρφωσης(distortion-specific) : Τα ίδια σύνολα των στατιστικών που εξάχθηκαν στο επίπεδο 1 χρησιμοποιούνται και σε αυτό το στάδιο για να γίνει η εκτίμηση ποιότητας της παραμόρφωσης που ανιχνεύθηκε στο Επίπεδο 1.

6.3.2 Αναλυτικά η διαδικασία για τον DIIVINE :

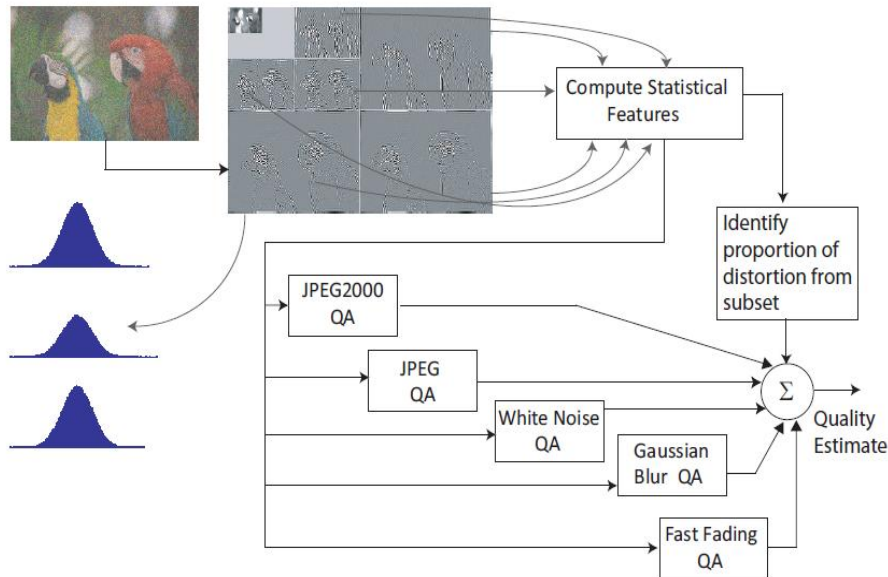
Η παραμορφωμένη εικόνα αποσυντίθεται σε χρησιμοποιώντας μια scale-space αποσύνθεση προκειμένου να δημιουργηθούν band-pass αντιδράσεις. Οι συντελεστές που λαμβάνονται από την υποζώνη (sub band) στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν μια σειρά από στατιστικά χαρακτηριστικά. Τα στατιστικά τα οποία συλλέγονται χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί ένα διάνυσμα το οποίο είναι μια στατιστική περιγραφή της παραμόρφωσης της εικόνας. Τα διανύσματα που δημιουργούνται χρησιμοποιούνται για 2 κυρίους λόγους :

1) Να προσδιορισθεί η πιθανότητα η εικόνα να έχει προσβληθεί από μια (1) ή περισσότερες παραμόρφωσης

2) Σχεδιάζεται ένα διάνυσμα χαρακτηριστικών για το αποτέλεσμα του κάθε είδους παραμόρφωσης, δημιουργείτε ένα regression model για κάθε κατηγορίας παραμόρφωσης, με τη προϋπόθεση ότι η εικόνα επηρεάζεται από τη συγκεκριμένη παραμόρφωση.

Ο συνδυασμός της ταυτοποίησης της παραμόρφωσης και της εκτίμησης της παραμόρφωσης χρησιμοποιούνται για να παραχθεί η τελική εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας.

Σχεδιάγραμμα αλγορίθμου



Εικόνα 8 : Σχεδιάγραμμα αλγορίθμου DIIVINE

6.3.3 Πως εξάγονται οι στατιστικοί συντελεστές στον DIIVINE :

Ένα σύνολο συντελεστώ γειτονικών κυματιδίων(wavelet) σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας το μοντέλο Gaussian Scale Mixture(GSM). Ένα N διαστάσεων διάνυσμα Y είναι GSM εάν $Y \equiv z \cdot U$ όπου το \equiv σημαίνει ισότητα στη κατανομή των πιθανοτήτων και το U είναι ένα τυχαίο διάνυσμα μηδενικού Gaussian με διακύμανση C_U και το z είναι μια τυχαία μεταβλητή που ονομάζεται mixing multiplier.

Η πυκνότητα του Y δίνεται από τον τύπο :

$$p_Y(y) = \int \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |z^2 C_U|} \exp\left(\frac{-Y^T C_U^{-1} Y}{z^2}\right) p_Z(z) dz$$

6.3.4 Πως εξάγονται τα στατιστικά δομής-σκηνής(natural scene statistics) στον DIVINE :

Για να εξαχθούν στατιστικά από τις παραμορφωμένες εικόνες γίνεται χρήση της κατευθυνόμενης αποσύνθεσης πυραμίδα(steerable pyramid decomposition) .Η κατευθυνόμενη πυραμίδα (steerable pyramid)είναι ένας πλήρης μετασχηματισμός κυματιδίων(wavelet transform) που επιτρέπει την αυξημένη επιλεκτικότητα προσανατολισμού.

Όταν δίνεται μια εικόνα της οποίας η ποιότητα πρόκειται να εκτιμηθεί το 1^ο βήμα είναι να γίνει αποσύνθεση κυματιδίων (wavelet decomposition) με τη χρήση της κατευθυνόμενης πυραμίδας(steerable pyramid) για πάνω από 2 επίπεδα(scales) και 6 προσανατολισμούς(orientation). Το επόμενο σημαντικό βήμα είναι να εκτελεσθεί η διεργασία της divide-normalization. Η divide-normalization μειώνει την στατιστική εξάρτηση μεταξύ των υποζωνών (subbands) αποσυνδέοντας τις αντιδράσεις των υποζωνών (subbands) σε κάποιο βαθμό.

Στόχος είναι δεδομένου μιας υποζώνης Y να μπορεί να υπολογισθεί η εξομαλυμένη παράμετρος p η οποία βασίζεται στις αντιδράσεις γειτονικών υποζωνών για να είναι δυνατός ο τελικός υπολογισμός $\hat{y} = y/p$.

Ο τύπος για το p είναι : $p = \sqrt{Y^T C_U^{-1} Y / N}$.

Συνοπτικός Πίνακας No Reference Αλγορίθμων

No reference Algorithms		
	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
BIQI	Αποδίδει πολύ καλά σε παραμορφώσεις WN,Blur,JPEG200 και FF(Fast Fading).	Δεν αποδίδει τόσο καλά σε μερικές παραμορφώσεις συμπίεσης JPEG σε σχέση με έναν full reference αλγόριθμο.
BLIINDS	Ανταγωνίζεται τους σύγχρονους FR αλγορίθμους και δουλεύει αρκετά καλύτερα από τον PSNR.	Χρειάζεται «προπόνηση» για να αποδώσει όσο τον δυνατόν καλύτερα.
DIIVINE	Δουλεύει σχεδόν όσο καλά όσο και οι FR αλγόριθμοι.	Παρουσιάζει μικρή αδυναμία στις παραμορφώσεις JPEG2000. Χρειάζεται «προπόνηση».

Εικόνα 9 : Συνοπτικός Πίνακας No Reference Αλγορίθμων

Image Quality Assessment Algorithms	
Όνομα Αλγορίθμου	Πως λειτουργεί :
PSNR	Είναι full reference αλγόριθμος ο οποίος συγκρίνει τη φωτεινότητα κάθε pixel της παραμορφωμένης εικόνας με την αρχική και υπολογίζει το Mean square error από το οποίο προκύπτει η τελική εκτίμηση του αλγορίθμου.
SSIM	Είναι full reference αλγόριθμος ο οποίος βασίζει τη τελική εκτίμηση του σε 3 ^α επίπεδα επεξεργασίας : 1)Μέτρηση της φωτεινότητας, 2)Μέτρηση της αντίθεσης και 3)Έλεγχος της δομής της εικόνας. Κάθε στάδιο γίνεται ξεχωριστά για την αρχική και τη παραμορφωμένη εικόνα.
MS-SSIM	Είναι η βελτίωση του SSIM αλγορίθμου. Τα 3 ^α επίπεδα μένουν τα ίδια αλλά μετά από κάθε εφαρμογή του 1 ^{ου} και του 2 ^{ου} επιπέδου γίνεται εφαρμογή ενός low pass φίλτρου και down sampling κατά 2. Αυτή η διαδικασία γίνεται ως το τέλος όπου μόνο τότε γίνεται και η σύγκριση στο 3 ^ο επίπεδο.
BIQI	Είναι ένας no reference αλγόριθμος ο οποίος κάνει εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας μέσω 2 επιπέδων : στο 1 ^ο επίπεδο επιχειρείται η αναγνώριση τους είδους των θορύβων ενώ στο 2 ^ο επίπεδο γίνεται η εκτίμηση της ποιότητας βάσει των ειδών της παραμόρφωσης.
BLIINDS	Είναι ένας no reference αλγόριθμος που βασίζεται σε 2 στάδια: 1)Εξάγει χαρακτηριστικά από τις εικόνες και «εκπαιδεύεται» να αναγνωρίζει παραμορφωμένες εικόνες. 2)Προσπαθεί να βρει πόσο απέχει η εικόνα που έχει ως όρισμα από την υποτιθέμενη τέλεια αρχική εικόνα βασιζόμενος στα Natural Scenes Statistics.
DIIVINE	No reference αλγόριθμος ο οποίος βασίζεται σε 2 στάδια : 1 ^ο στάδιο η αναγνώριση του θορύβου ή θορύβων. Βάσει των πληροφοριών του σταδίου 1 στο 2 ^ο επίπεδο επιχειρείται η εκτίμηση της ποιότητας της εικόνας σύμφωνα με τους θορύβους που έχουν αναγνωρισθεί.

Εικόνα 10 : Συνολικός Πίνακας Αλγορίθμων για Image Quality Assessment

7. Συμπεράσματα εξέτασης full-reference και no-reference αλγορίθμων

Παρατηρώντας τα πειραματικά αποτελέσματα των αλγορίθμων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως πια οι διαφορές μεταξύ No-reference και Full-reference όλο και μειώνονται, οι αλγόριθμοι εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς με όλο και καλύτερα και ποιο αντικειμενικά κριτήρια για την εκτίμηση της ποιότητας των εικόνων. Οι Full-reference αλγόριθμοι αποτέλεσαν την βάση για την εξέλιξη όλων των αλγορίθμων, ακόμα και των no-reference αφού ήταν οι πιο «εύκολοι» στη δημιουργία τους χωρίς πολύπλοκους σχεδιασμούς και προγραμματιστικών γνώσεων. Η δημιουργία ενός No-reference είναι μια επίπονη διαδικασία κυρίως γιατί ο αλγόριθμος καλείται να αποφανθεί για την ποιότητα μιας εικόνας χωρίς να υπάρχει κάποια εικόνα αναφοράς, ουσιαστικά προσπαθεί να «μιμηθεί» την λειτουργία του ανθρώπινου ματιού και να αξιολογήσει την εικόνα σύμφωνα με τα κριτήρια ενός ανθρώπινου παρατηρητή. Αποτέλεσμα της δυσκολίας αυτής είναι οι No-reference αλγόριθμοι να είναι πολύπλοκοι και δύσκολοι στη δημιουργία τους. Προχωρώντας όμως η έρευνα σε αυτό το καινοτόμο πεδίο της πληροφορικής σύντομα θα έχουμε αλγόριθμους No-reference οι οποίοι θα αποδίδουν καλύτερα από τους Full-reference αλγόριθμους.

Οι σημερινές ανάγκες της ψηφιακής εποχή μας οδηγούν στην ανάπτυξη No-reference αλγορίθμων καθώς δεν είναι δυνατή πάντα η τροφοδότηση του αλγορίθμου με μια εικόνα αναφοράς. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αλγορίθμων που είναι ευρύτερα διαθέσιμοι αυτή τη στιγμή, αυτοί που παρουσιάστηκαν παραπάνω αποτελούν την αιχμή της τεχνολογίας αυτή τη στιγμή, αν και σε κάποιους δεν υπάρχει ακόμα ελεύθερο το λογισμικό τους σύντομα θα είναι διαθέσιμο.

Ένα μειονέκτημα που έχουν οι No-reference αλγόριθμοι είναι ότι για να αποδώσουν το καλύτερο δυνατόν θα πρέπει πρώτα να «εκπαιδευτούν» με μια βάση εικόνων που αποτελείται από διάφορες εικόνες, διάφορα είδη θορύβων σε διαφορετικές ποσότητες, Αντίστοιχα στους Full-reference δεν χρειάζεται κάποιου είδους προπόνηση, η μόνη προϋπόθεση που απαιτείται είναι υπάρχει ένα αξιόπιστο κανάλι το οποίο θα τροφοδοτεί τον αλγόριθμο με την εικόνα αναφοράς.

Συνοψίζοντας, ο τομέας των αλγορίθμων εκτίμησης ποιότητας εικόνας είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο, στο εγγύς μέλλον θα παρουσιαστούν αλγόριθμοι οι οποίοι θα ανταποκρίνονται εξαιρετικά στα κριτήρια της όρασης του ανθρώπινου ματιού, θα είναι πιο απλοί προγραμματιστικά και θα δώσουν νέα ώθηση στις εφαρμογές που απαιτούν άριστη ποιότητας εικόνας και σίγουρα θα βοηθήσει πολύ στην εξέλιξη ιατρικών μηχανημάτων τα οποία θα επιτρέπουν στους γιατρούς να κάνουν ευκολότερα διάγνωση διάφορων παθήσεων καθώς και στη έγκαιρη αναγνώριση τους.

**Συγκεντρωτικός Πίνακας με τα Πλεονεκτήματα και
Μειονεκτήματα δημιουργίας Αλγορίθμου για την Εκτίμηση
Ποιότητας της Εικόνας**

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Full Reference –No Reference		
Είδος Αλγορίθμου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Full Reference	Απλός κώδικας, Δεν χρειάζεται προπόνηση, αποτέλεσμα που ανταποκρίνεται στο HVS.	Απαραίτητο αξιόπιστο κανάλι τροφοδότησης της εικόνας αναφοράς χωρίς παραμορφώσεις.
No Reference	Δεν χρειάζεται εικόνα αναφοράς, δεν καταλαμβάνει μεγάλο χώρο αποθήκευσης.	Πολύπλοκος κώδικας, ενδέχεται να παρουσιάσει αδυναμίες σε κάποιους θορύβους.

Εικόνα 11 : Συγκεντρωτικός Πίνακας

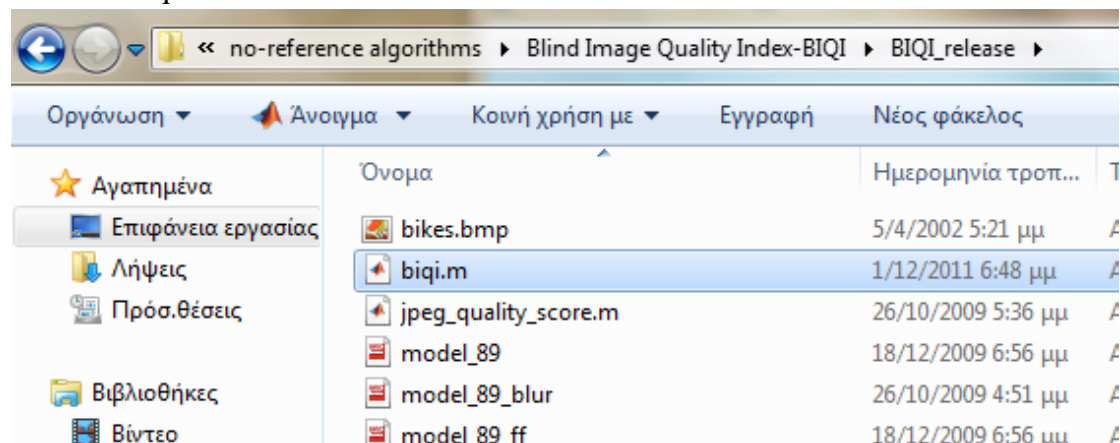
8. Παρουσίαση Αλγορίθμου Blind Image Quality Index

Στο παρών κεφάλαιο θα γίνει αναλυτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του Image Quality Assessment αλγόριθμου που ονομάζεται Blind Image Quality Index(BIQI). Για να δούμε τον αλγόριθμο θα πρέπει να κατεβάσουμε το αρχείο το οποίο βρίσκεται στην εξής τοποθεσία :

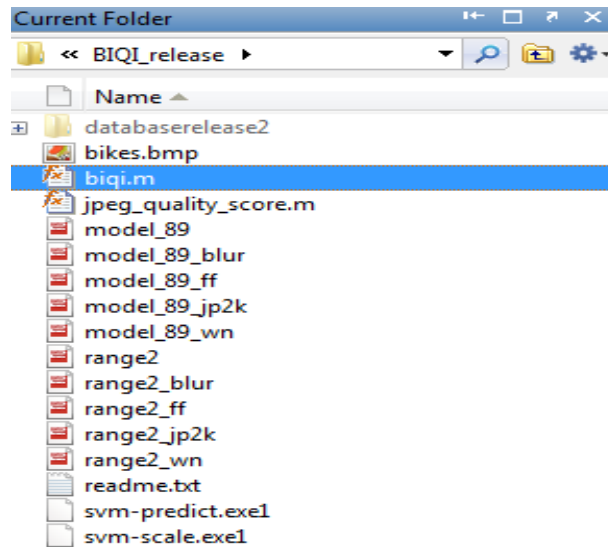
Link BIQI: <http://live.ece.utexas.edu/research/Quality/index.htm> στην κατηγορία Software Rereleases. Επίσης θα πρέπει να έχουμε και μια βάση δεδομένων εικόνων για να μπορέσουμε να δούμε τον αλγόριθμο σε λειτουργία. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες στο διαδίκτυο όμως μια πολύ καλή και με μεγάλη ποικιλία εικόνων είναι η LIVE Image Quality Assessment Database .

Link <http://live.ece.utexas.edu/research/Quality/index.htm>

Για να δούμε τη λειτουργία του αλγορίθμου θα χρειαστούμε το πρόγραμμα Matlab , προτιμότερη είναι η τελευταία έκδοση για να περιέχονται όλα τα απαραίτητα toolbox. Πρώτο βήμα είναι να ανοίξουμε τον κώδικα με το Matlab, απλώς με διπλό κλικ στο biqi.m



Αφού γίνει αυτό το βήμα βρισκόμαστε στην επιφάνεια εργασίας του Matlab, όπου στο αριστερό μέρος βλέπουμε όλα τα αρχεία που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του πηγαίου κώδικα. Μπορούμε να δούμε τον κώδικα κάνοντας διπλό κλικ πάνω στο αρχείο biqi.m, προσέχουμε στο current folder να εμφανίζεται το όνομα του φακέλου που περιέχει τον πηγαίο κώδικα αλλιώς δε θα λειτουργούν οι εντολές.



Ανοίγοντας τον πηγαίο κώδικα βλέπουμε πληροφορίες για τους δημιουργούς του αλγορίθμου καθώς και το paper που έχουν εκδώσει για τον συγκεκριμένο αλγόριθμο. Οι δημιουργοί του αλγορίθμου είναι ο A. K. Moorthy και A. C. Bovik του πανεπιστημίου του Τέξας στην περιοχή Austin. Μας ενημερώνει πως ο κώδικας είναι ελεύθερος όχι μόνο για να εξετάσουμε την λειτουργία του αλλά και ελεύθερος για οποιαδήποτε βελτίωση ή αλλαγή μπορούμε να επιτύχουμε, βασικό όμως είναι να αναφερθούμε στους δημιουργούς του καθώς μας παρέχουν μια καινοτόμο έρευνα που πραγματοποίησαν εντελώς δωρεάν, για αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε τα ονόματά τους.

Εν συνεχεία βλέπουμε κάποιες οδηγίες για το πώς ο αλγόριθμος λειτουργεί και την πρέπει να του δώσουμε σαν είσοδο. Η είσοδος που περιμένει ο αλγόριθμος είναι μια εικόνα η οποία θα πρέπει να είναι σε Grayscale, αυτό γίνεται μέσω εντολής από το παράθυρο εργασίας του Matlab. Επίσης ενημερωνόμαστε ότι τα αποτελέσματα του αλγορίθμου είναι ένας αριθμός από το 0 έως το 100.

Ας προχωρήσουμε να δώσουμε μια εικόνα στον αλγόριθμο και να δούμε αναλυτικά την ακολουθία :

Η 1^η εντολή που χρειαζόμαστε είναι να δώσουμε την εικόνα, ο φάκελος που περιέχει τις εικόνες έχει τοποθετηθεί μέσα στο φάκελο με τον πηγαίο κώδικα οπότε χρειαζόμαστε μόνο το σχετικό «μονοπάτι» για να διαβάσει το Matlab την εικόνα, η εικόνα που επιλέχθηκε είναι μια τυχαία εικόνα από την βάση δεδομένων Live Database :

```
image = rgb2gray(imread('databaserelease2\fastfading\img17.bmp'));
```

Αφού δοθεί η εντολή βλέπουμε στο δεξί μέρος στην περιοχή Workspace ότι έχει δημιουργηθεί ο πίνακας της εικόνας



Εφόσον υπάρχει πια η εικόνα «φορτωμένη» στο Matlab είμαστε σε θέση να εκτελέσουμε τον κώδικα και να δούμε το αποτέλεσμα, η εντολή για να ξεκινήσει η εκτέλεση του κώδικα είναι η **quality = biqi(image)**; Σε αυτό το σημείο θα δούμε κατευθείαν το αποτέλεσμα του αλγορίθμου για αυτό θα γίνει μια πιο αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας του πηγαίου κώδικα.

```
[C S] = wavedec2(im,num_scales,'db9');
for p = 1:num_scales
    [horz_temp,vert_temp,diag_temp] = detcoef2('all',C,S,p);
    horz(p) = {[horz_temp(:)]};
    diag(p) = {[diag_temp(:)]};
    vert(p) = {[vert_temp(:)]};

    h_horz_curr = cell2mat(horz(p));
    h_vert_curr = cell2mat(vert(p));
    h_diag_curr = cell2mat(diag(p));

    mu_horz(p) = mean(h_horz_curr);
    sigma_sq_horz(p) = mean((h_horz_curr-mu_horz(p)).^2);
    E_horz = mean(abs(h_horz_curr-mu_horz(p)));
    rho_horz = sigma_sq_horz(p)/E_horz^2;
    [min_difference, array_position] = min(abs(rho_horz - r_gam));
    gam_horz(p) = gam(array_position);

    mu_vert(p) = mean(h_vert_curr);
    sigma_sq_vert(p) = mean((h_vert_curr-mu_vert(p)).^2);
    E_vert = mean(abs(h_vert_curr-mu_vert(p)));
    rho_vert = sigma_sq_vert(p)/E_vert^2;
    [min_difference, array_position] = min(abs(rho_vert - r_gam));
    gam_vert(p) = gam(array_position);

    mu_diag(p) = mean(h_diag_curr);
    sigma_sq_diag(p) = mean((h_diag_curr-mu_diag(p)).^2);
    E_diag = mean(abs(h_diag_curr-mu_diag(p)));
    rho_diag = sigma_sq_diag(p)/E_diag^2;
    [min_difference, array_position] = min(abs(rho_diag - r_gam));
    gam_diag(p) = gam(array_position);
end
```

Σε αυτό το 1^ο στάδιο γίνεται η ανάλυση της εικόνας στα «δομικά» της στοιχεία υποβάλλοντας την σε ένα μετασχηματισμό κυματιδίων(wavelet transform) σε 3^α επίπεδα και 3¹⁵ κατευθύνσεις χρησιμοποιώντας τη Daubechies 9/7 βάση μετασχηματισμών. Τα στατιστικά στοιχεία που συλλέγονται σε αυτό το στάδιο θα χρησιμοποιηθούν αμέσως μετά για να γίνει εκτίμηση της ποιότητας μιας εικόνας.

Αφού αποθηκευθούν τα στοιχεία αυτά ξεκινάει το 2^ο επίπεδο το οποίο καλείται για να εκτιμήσει την παρουσία κάθε θορύβου στην εικόνα και σε ποιο ποσοστό υπάρχει μέσα στην εικόνα. Αυτό γίνεται με τον εξής κώδικα

```

153 % Jp2k quality
154 - system(['svm-scale -r range2_jp2k test_ind.txt >> test_ind_scaled']);
155 - system(['svm-predict.exe1 -b 1 test_ind_scaled model_89_jp2k output_blur']);
156 - load output_blur
157 - jp2k_score = output_blur;
158 - delete output_blur test_ind_scaled
159
160 % JPEG quality
161 - jpeg_score = jpeg_quality_score(im);
162
163
164 %WN quality
165 - system(['svm-scale -r range2_wn test_ind.txt >> test_ind_scaled']);
166 - system(['svm-predict.exe1 -b 1 test_ind_scaled model_89_wn output_blur']);
167 - load output_blur
168 - wn_score = output_blur;
169 - delete output_blur test_ind_scaled
170
171
172 % Blur quality
173 - system(['svm-scale -r range2_blur test_ind.txt >> test_ind_scaled']);
174 - system(['svm-predict.exe1 -b 1 test_ind_scaled model_89_blur output_blur']);
175 - load output_blur
176 - blur_score = output_blur;
177 - delete output_blur test_ind_scaled
178
179 % FF quality
180 - system(['svm-scale -r range2_ff test_ind.txt >> test_ind_scaled']);
181 - system(['svm-predict.exe1 -b 1 test_ind_scaled model_89_ff output_blur']);
182 - load output_blur

```

Παρατηρούμε ότι ο κώδικας χωρίζεται σε 5 κατηγορίες θορύβου. Ο αλγόριθμος έχει σχεδιασθεί να αναγνωρίζει και να εκτιμά θορύβους που ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες μόνο, οι οποίες είναι και οι πιο συνηθισμένες. Να σημειωθεί πως δεν θεωρείται πως η κάθε εικόνα περιέχει μόνο 1 είδος θορύβου, για κάθε είδος θορύβου η εικόνα περνά από έλεγχο και το τελικό αποτέλεσμα βγαίνει από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων που έχει πετύχει σε κάθε ένα από αυτούς. Τα αρχεία svm-scale και svm-predict χρησιμοποιούνται για να γίνει σύγκριση της εικόνας με ήδη γνωστά στον αλγόριθμο αποτελέσματα εικόνων που είχαν τέτοιου είδους

παραμόρφωση. Αυτό σημαίνει ότι τα αρχεία model_89_wn,blur,ff,jp2k είναι αρχεία τα οποία δημιουργήθηκαν με κάποιο πρόγραμμα που κάνει SVM regression ώστε να μπορέσει ο αλγόριθμος να «εκπαιδευτεί» πάνω σε αυτές τις παραμορφώσεις. Παρατηρούμε όμως ότι για το JPEG θόρυβο καλείτε ένας άλλος αλγόριθμος ο jpeg_quality_score.m που παρέχεται μαζί με τον αλγόριθμο BIQI. Βλέπουμε πως για κάθε κατηγορία θορύβου κρατείτε το σκορ που έχει επιτύχει για κάθε έναν ξεχωριστά, αυτό θα χρησιμοποιηθεί στο τελικό στάδιο όπου θα γίνει άθροιση όλων των επιμέρους σκορ προκειμένου να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα

```
%% Final pooling

% figure out probabilities
fid = fopen('output_89','r');
fgetl(fid);
C = textscan(fid,'%f %f %f %f %f %f');
output = [C{1} C{2} C{3} C{4} C{5} C{6}];
fclose(fid);
probs = output(:,2:end);
scores = [jp2k_score jpeg_score wn_score blur_score ff_score];
disp(scores);
quality = sum(probs.*scores,2);

delete output_89
```

Σε αυτό το τελευταίο κομμάτι συνδυάζονται όλα τα αποτελέσματα που είχε η εικόνα για κάθε κατηγορία θορύβου ξεχωριστά και ενώνονται ώστε να έχουμε το τελικό αποτέλεσμα, την εκτίμηση του αλγορίθμου για την ποιότητα της εικόνας που του δώσαμε. Στο παρών παράδειγμα και με την εικόνα που του δώσαμε ο αλγόριθμος μας επέστρεψε το αποτέλεσμα :

```
Mean squared error = -1.#IND (regression)
Squared correlation coefficient = -1.#IND (regression)
48.1388
```

Συνοψίζοντας οι 2 βασικές εντολές που χρειαζόμαστε για δούμε την εκτέλεση ενός κώδικα είναι οι

Command Window

```
>> image = rgb2gray(imread('databaserelease2\fastfading\img17.bmp'));  
>> quality = biqi(image);
```

Ας δούμε την εικόνα που δώσαμε στον αλγόριθμο ώστε να μπορέσουμε να εξετάσουμε εμείς την ποιότητα της εικόνας και να συγκρίνουμε το δικό μας αποτέλεσμα με αυτό που μας έδωσε ο αλγόριθμος. Η εικόνα επιλέχθηκε τυχαία και είναι η εξής :



Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό η εικόνα είναι αρκετά παραμορφωμένη από την εισαγωγή θορύβου ειδικά στο κάτω και δεξί μέρος της εικόνας. Κρίνοντας με εμάς ως ανθρώπινους παρατηρητές καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η εικόνα δεν είναι και η καλύτερη δυνατή, ναι μεν δεν έχει καταστραφεί πλήρως αλλά δεν θα τη θεωρούσαμε μια αποδεκτά παραμορφωμένη εικόνα ώστε να την χρησιμοποιήσουμε για κάποιο σκοπό. Μια αξιολογή παρατήρηση είναι πως ο θόρυβος κυριαρχεί στην εικόνα αλλά στο πάνω μέρος όπου βρίσκονται τα πιο ανοιχτά χρώματα και σε μεγαλύτερη φωτεινότητα ο θόρυβος δεν ενοχλεί τόσο. Ας δούμε ένα ακόμα

παράδειγμα μιας εικόνας εντελώς παραμορφωμένης και τι αποτέλεσμα θα μας δώσει ο αλγόριθμος.

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε είναι η ίδια για να δώσουμε την εικόνα στον αλγόριθμο με τις 2 εντολές

```
>> image = rgb2gray(imread('databaserelease2\jpeg\img196.bmp'));  
>> quality = biqi(image);
```



Η εικόνα έχει δεχθεί παραμόρφωση JPEG σε μεγάλο βαθμό όπως βλέπουμε, έχει αλλοιωθεί πολύ, είναι σχεδόν αδύνατο να διακρίνουμε το φόντο της εικόνας ενώ και το θέμα της οι 2 παπαγάλοι έχουν αλλοιωμένα χρώματα αλλά και χαρακτηριστικά. Η βαθμολογία που έδωσε ο αλγόριθμος για αυτή την εικόνα είναι

```
Squared correlation coefficient = -1.#IND (regression)  
122.4794
```

Εξαιρετικά υψηλή βαθμολογία που όμως δίνει με αρκετή ακρίβεια τον βαθμό της παραμόρφωσης της εικόνας. Ένας ανθρώπινος παρατηρητής θα έδινε παρόμοια βαθμολογία αν του ζητούσαμε να βαθμολογήσει αυτή την εικόνα σε μια κλίμακα από 0 έως 125, όπου το 0 αντιπροσωπεύει την καλύτερη ποιότητα ενώ το 125 τη χειρότερη ποιότητα.

8.1 Γενικό Συμπέρασμα

Ο αλγόριθμος BIQI είναι από τους πρώτους No-Reference αλγόριθμους που δημιουργήθηκαν και όπως δείξαμε και στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν ανταποκρίνεται εξαιρετικά καλά ακόμα και σε σύγκριση με έναν Full-Reference αλγόριθμο ο οποίος έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να κάνει σύγκριση της εικόνας «δοκιμής» με την αρχική εικόνα που δεν έχει παραμορφώσεις. Μειονέκτημα στην λειτουργία του BIQI είναι ότι συγκεντρώνεται σε 5 είδη θορύβου και δεν μπορεί να ανταποκριθεί αν του δοθεί εικόνα με άλλου είδους παραμόρφωση. Συνέπεια αυτής της αδυναμίας είναι να μη μπορεί να ανταποκριθεί σωστά όταν στην εικόνα υπάρχουν είδη θορύβων που συνίστανται από άλλα είδη θορύβων, για παράδειγμα ο θόρυβος Fast Fading είναι συνδυασμός συμπίεσης JP2K και απώλεια πακέτων κατά τη μετάδοση. Γενικά ο αλγόριθμος έχει μια μικρή αδυναμία στις παραμορφώσεις JPEG και JPEG 2000 σε σύγκριση με έναν Full-Reference αλγόριθμο αλλά μην ξεχνάμε πως πρόκειται για έναν No-Reference αλγόριθμο ο οποίος επιχειρεί να αξιολογήσει την ποιότητα μιας εικόνας χωρίς καμιά πληροφορία πέραν της εικόνας που του δίνεται σαν όρισμα. Ο αλγόριθμος BIQI αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη νέων αλγορίθμων No-reference και είναι ουσιαστικά ο 1^{ος} που μπόρεσε να ανταποκριθεί εξίσου καλά με αλγορίθμους Full-Reference. Σίγουρα θα υπάρξει βελτίωση του αλγορίθμου στο προσεχές μέλλον καθότι είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος έχει εξαιρετικά αποτελέσματα στα είδη θορύβου που έχει «προπονηθεί». Η αρχιτεκτονική που έχει ακολουθηθεί για την υλοποίηση του αλγορίθμου αφήνει περιθώρια μεγάλης βελτίωσης για τα είδη των θορύβων που ήδη περιέχει, ενώ με περαιτέρω έρευνα θα είναι δυνατή η προσθήκη νέων κατηγοριών θορύβων ώστε ο αλγόριθμος να βρίσκεται πάντα στην αιχμή της τεχνολογίας. Με μια τέτοια βελτίωση θα οδηγήσει τον αλγόριθμο να έχει εξαιρετικά αποτελέσματα σε όλες τις κατηγορίες των θορύβων και να εξαλείψει τις μικρές αδυναμίες που εμφανίζει.

9. Βιβλιογραφία

- [1].] Modern Image Quality Assessment, Zhou Wang Alan C. Bovik, Synthesis Lecture on Image, Video & Multimedia Processing.
- [2]. Handbook of Image & Video Processing, Al Bovik
- [3]. Blind Image Quality Assessment: From Natural Scene Statistics to Perceptual Quality, Anush Krishna Moorthy, Alan Conrad Bovik, Fellow, IEEE.
- [4]. A DCT Statistics-Based Blind Image Quality Index Michele A. Saad, Student Member, IEEE, Alan C. Bovik, Fellow, IEEE, and Christophe Charrier.
- [5]. NATURAL DCT STATISTICS APPROACH TO NO-REFERENCE IMAGE QUALITY ASSESSMENT Michele A. Saad, Alan C. Bovik at Austin Christophe Charrier.
- [6]. Model-Based Blind Image Quality Assessment Using Natural DCT Statistics Michele A. Saad , Student Member, IEEE, Alan C. Bovik, Fellow, IEEE, and Christophe Charrier, Member, IEEE.
- [7]. A Statistical Evaluation of Recent Full Reference Image Quality Assessment Algorithms Hamid Rahim Sheikh, Member, IEEE, Muhammad Farooq Sabir, Student Member, IEEE, Alan C. Bovik, Fellow, IEEE.
- [8]. Image Quality Assessment: From Error Measurement to Structural Similarity Zhou Wang, Member, IEEE, Alan C. Bovik, Fellow, IEEE, Hamid R. Sheikh, Student Member ,IEEE, and Eero P. Simoncelli, Member, IEEE.
- [9]. A TWO-STAGE FRAMEWORK FOR BLIND IMAGE QUALITY ASSESSMENT, Anush K. Moorthy and Alan C. Bovik.
- [10]. User Validation of Image Quality Assessment Algorithms Peter Longhurst, Alan Chalmers.
- [11]. IMAGE QUALITY MEASUREMENT IN THE FREQUENCY DOMAIN George A. Triantafyllidis.
- [12]. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity Zhou Wang, Member, IEEE, Alan Conrad Bovik, Fellow, IEEE, Hamid Rahim Sheikh, Student Member, IEEE, and Eero P. Simoncelli, Senior Member, IEEE.
- [13]. MULTI-SCALE STRUCTURAL SIMILARITY FOR IMAGE QUALITY ASSESSMENT, Zhou Wang, Eero P. Simoncelli and Alan C. Bovik.
- [14]. No-Reference Blur Assessment of Digital Pictures Based on Multifeature Classifiers Alexandre Ciancio, André Luiz N. Targino da Costa, Member, IEEE, Eduardo A. B. da Silva, Senior Member, IEEE, Amir Said, Senior Member, IEEE, Ramin Samadani, Senior Member, IEEE, and Pere Obrador, Member, IEEE.
- [15]. A Fast and Efficient Multiple Step Algorithm of Iris Image Quality Assessment Chunlei Shi Longxu Jin Department of space technology.

- [16]. [16] A New No-Reference Quality Metric for JPEG2000 Images Jing Zhang and Thinh M. Le, Senior Member, IEEE.
- [17]. Study on Image Quality Assessment Methods Based on Human Visual Sensitivity, Chen kun.
- [18]. Quality Assessment of Deblocked Images, Changhoon Yim, Member, IEEE, and Alan Conrad Bovik, Fellow, IEEE.
- [19]. Image Quality Assessment using a Rotated Gaussian Discrimination Function Bobby Geary, Christos Grecos
- [20]. The Full Reference Quality Assessment Metrics for Super Resolution of an Image: Shedding Light or Casting Shadows? Toufeeq Ahmad, Shahryar Shafique Quershi.
- [21]. A New Image Fusion Quality Assessment Method Based on Contourlet and SSIM, Congli Li, Xiushun Yang, Binbin Chu, Wei Lu, Lulu Pang.
- [22]. Image Quality Assessment - Comparison of Objective Measures with Results of Subjective Test, Andela Zaric, Matej Loncaric, Dijana Tralic, Maja Brzica, Emil Dumic, Sonja Grgic.
- [23]. Color Image Quality Assessment Based on Image Quality Parameters Perceived by Human Vision System, Zheng-Xiang Xie Zhi-Fang Wang.
- [24]. Information Content Weighting for Perceptual Image Quality Assessment, Zhou Wang, Member, IEEE, and Qiang Li, Member, IEEE.
- [25]. Frequency Domain Blockiness Measurement for Image Quality Assessment M.T. Qadri, K.T. Tan** and M. Ghanbari , Fellow IEEE.
- [26]. The Improved Wavelet Transform Based Image Fusion Algorithm and The Quality Assessment, Yijian Pei, Huayu Zhou , Jiang Yu, Guanghui Cai.
- [27]. A Method of Image Quality Assessment Based on Imaging System Parameters Wei Zhang, Xiyang Zhi, Ming Zhao.
- [28]. PERCEPTUAL IMAGE QUALITY ASSESSMENT USING A GEOMETRIC STRUCTURAL DISTORTION MODEL, Guangquan Cheng, JinCai Huang, Cheng Zhu, Zhong Liu, Lizhi Cheng
- [29]. VARIABLE SELECTION FOR IMAGE QUALITY ASSESSMENT USING A NEURAL NETWORK BASED APPROACH, Atidel Lahoulou , Emmanuel Viennet, Mourad Haddadi.
- [30]. Visual Importance Pooling for Image Quality Assessment of Despeckle Filters in Optical Coherence Tomography, Debdoot Sheet, Santanu ParI, Arindam Chakraborty, Jyotirmoy Chatterjee and Ajoy K. Ray.
- [31]. Visual Attention in Objective Image Quality Assessment: Based on Eye-Tracking Data, Hantao Liu, Member, IEEE, and Ingrid Heynderickx.

- [32]. Image Quality Assessment Based on Structure and Edge Similarity, Liu Junyao, Wang Huijing.
- [33]. Identification of Factors Related to the Enhancement of Image-Quality for Subjective Image-Quality Assessment Model Based on Psychological Measurement, Eriko Aiba, Koyu Numata, Takashi X. Fujisawa, and Noriko Nagata.
- [34]. A New Fusion Image Quality Assessment Based on Edge and Structure Similarity, Junyao Liu, Huijing Wang , Wen Qin.
- [35]. Subjective Image Quality Assessment based on Objective Image Quality Measurement Factors, Hyung-Ju Park, Dong-Hwan Har, Member, IEEE.