



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
ΒΙΝΤΕΟ ΣΗΜΑΤΟΣ

Επιμέλεια:

ΒΕΝΤΟΥΡΗ ΕΛΕΝΗ

Επιβλέπων καθηγητής:

κ.ΧΟΥΣΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	4
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7

ΜΕΡΟΣ Α΄

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

1.1 Φως.....	8
1.2 Χρώματα.....	8
1.3 Ανθρώπινη Όραση.....	8
1.4 Αντίληψη Χρωμάτων.....	9
1.5 Διακριτική Ικανότητα.....	10
1.5.1 Όραση και Φωτισμός.....	10
1.5.2 Αντίθεση.....	10
1.5.3 Θάμβωση.....	10
1.5.4 Χρώμα και Φωτισμός.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΝΤΕΟ

2.1 Ορισμός του βίντεο.....	12
2.2 Αναλογικό βίντεο.....	12
2.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναλογικού βίντεο.....	13
2.2.2 Συστήματα αναλογικού βίντεο.....	13
2.2.2.1 Σύστημα PAL.....	13
2.2.2.2 Σύστημα NTSC.....	13
2.2.2.3 Σύστημα SECAM.....	14
2.3 Ψηφιακό βίντεο.....	14
2.3.1 Βασικά χαρακτηριστικά του ψηφιακού βίντεο.....	15
2.3.1.1 Συχνότητα ανανέωσης.....	15
2.3.1.2 Χρωματική ανάλυση.....	15
2.3.1.3 Χωρική ανάλυση.....	16
2.3.2 Πρότυπα ψηφιακού βίντεο.....	16
2.3.3 Ρυθμός μετάδοσης ψηφιακού Βίντεο.....	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

3.1 Εισαγωγικό σημείωμα.....	18
3.2 Τεχνικές για μείωση του όγκου.....	18
3.3 Παράγοντες που σχετίζονται με την συμπίεση.....	20
3.3.1 Πραγματικός χρόνος / Μη πραγματικός χρόνος.....	20
3.3.2 Συμμετρική / Ασύμμετρη.....	20
3.3.3 Αναλογίες συμπίεσης.....	21
3.3.4 Μη απωλεστική / Απωλεστική.....	21
3.3.5 Διαπλαισιακή / Ενδοδιαπλαισιακή.....	21
3.3.6 Έλεγχος Bit Rate.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΧΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΒΙΝΤΕΟ

4.1 Εισαγωγικό σημείωμα.....	23
4.2 Ποιοτική ανοχή.....	23
4.3 Τμηματική πρόβλεψη κίνησης.....	23
4.4 Πλεονασμός.....	24
4.4.1 Στατικός πλεονασμός.....	24
4.4.2 Υποκειμενικός πλεονασμός.....	24
4.5 Είδη πλαισίων.....	24
4.5.1 Ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση.....	25
4.5.2 Διαπλαισιακή κωδικοποίηση.....	25
4.6 Κβαντοποίηση.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

5.1 Κωδικοποίηση χρώματος.....	28
5.2 Μοντέλα χρωμάτων.....	28
5.2.1 Μοντέλο RGB.....	29
5.2.2 Μοντέλο YIQ.....	30
5.2.3 Μοντέλο YCbCr.....	31
5.2.4 Μοντέλο YUV.....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

6.1 Εισαγωγικό σημείωμα.....	33
6.2 Θεώρημα Nyquist.....	33
6.3 Δειγματοληψία βίντεο σήματος και όγκος δεδομένων.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ

7.1 Έννοια της κβαντοποίησης.....	35
-----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

8.1 Σκοπός κωδικοποίησης / Διαδικασία.....	36
8.2 Προσαρμοστική Κωδικοποίηση.....	36
8.3 Κωδικοποίηση εντροπίας και πηγής.....	36
8.3.1 Κωδικοποίηση εντροπίας.....	37
8.3.1.1 Στατιστική Κωδικοποίηση.....	37
8.3.1.1.1 Αντικατάσταση προτύπων.....	37
8.3.1.1.2 Κωδικοποίηση Huffman.....	38
8.3.2 Κωδικοποίηση Πηγής.....	38
8.3.2.1 Κωδικοποίηση μετασχηματισμού.....	39
8.3.2.2 Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση.....	39
8.3.2.3 Διανυσματική κβαντοποίηση.....	40
8.4 Μέθοδοι Run Length Encoding και Huffman.....	41
8.5 Μετασχηματισμοί.....	42
8.5.1 Μετασχηματισμός fractal.....	42
8.5.2 Μετασχηματισμός DCT.....	43
8.6 Διαδικασία Κωδικοποίησης.....	44
8.7 Διαδικασία αποκωδικοποίησης.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ

9.1 Εισαγωγικό Σημείωμα.....	48
9.2 MPEG.....	48
9.2.1 MPEG 2.....	48
9.2.2 MPEG 4.....	49
9.3 QUICK TIME.....	49
9.4 AVI.....	50
9.5 WMV.....	50

ΜΕΡΟΣ Β΄**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**

10.1 Επιλογή παραμέτρων – χαρακτηριστικών βίντεο σήματος.....	51
10.2 Εισαγωγικό σημείωμα.....	52
10.2.1 Επιλογή των βίντεο.....	53
10.2.2 Δημιουργία των βίντεο.....	56
10.3 Επιλογή προγράμματος συμπίεσης.....	58
10.4 Συμπίεση.....	58
10.4.1 Βήμα προς βήμα.....	60
10.5 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου.....	63
10.5.1 Παρουσίαση ερωτηματολογίου.....	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

11.1 Προετοιμασία Πειράματος.....	67
11.2 Διεξαγωγή πειράματος.....	68
11.3 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	70

ΜΕΡΟΣ Γ΄**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....86****ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄**

Λεξιλόγιο ψηφιακής εικόνας και βίντεο.....	90
Βιβλιογραφία.....	93

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

CD με υλικό της Πτυχιακής.....	96
--------------------------------	----

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: ορατό φάσμα	8
Σχήμα 1.2: μοντέλο RGB	8
Σχήμα 1.3: το ανθρώπινο μάτι	9
Σχήμα 4.1: ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση	25
Σχήμα 4.2: διαπλαισιακή κωδικοποίηση	27
Σχήμα 5.1: σύστημα συντεταγμένων RGB	30
Σχήμα 6.1: σωστή δειγματοληψία	33
Σχήμα 6.2: λάθος δειγματοληψία	33
Σχήμα 6.3: Ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος	34
Σχήμα 7.1: κβαντοποίηση	35
Σχήμα 8.1 : Η βασική αρχή της κωδικοποίησης μετασχηματισμού	39
Σχήμα 8.2 : Η βασική αρχή της διανυσματικής κβαντοποίησης	41
Σχήμα 8.3 : Η βασική αρχή της διανυσματικής κβαντοποίησης με μετάδοση όρου λάθους	41
Σχήμα 8.4 : σάρωση zig-zag	46
Σχήμα 11.1: κάτοψη χώρου 1	69
Σχήμα 11.2 : κάτοψη χώρου 2	69
Ενότητα 11.3: πίνακες στατιστικής ανάλυσης	70

Πίνακας 2.1: αριθμός πλαισίων αναλογικού σήματος βίντεο	12
Πίνακας 2.2: Λόγος εικόνας	13
Πίνακας 5.1: μοντέλα χρωμάτων	29
Πίνακας 8.1: Τυχαίο αρχικό μπλοκ pixels 8x8.	44
Πίνακας 8.2 : Το ίδιο μπλοκ μετά από εφαρμογή DCT	45
Πίνακας 8.3 : Το προηγούμενο μπλοκ μετά από εφαρμογή ποσοστοποίησης (thresholding)	45
Πίνακας 8.4 : Κβαντοποίηση με μετατροπή σε ακέραιες τιμές	46
Πίνακας 8.5 : Ανακατασκευή του αρχικού block μετά από αποκωδικοποίηση	47
Πίνακας 10.1: Λευκή κάρτα	57
Πίνακας 10.2: Αποχρώσεις του γκρι	57
Πίνακας 10.3: Μοντέλο RGB	57
Πίνακας 10.4: προδιαγραφές για το Premiere	57
Πίνακας 10.5: video converters	58
Πίνακας 10.6: πρώτη περίπτωση συμπίεσης	59
Πίνακας 10.7: δεύτερη περίπτωση συμπίεσης	59
Ενότητα 10.4.1: συγκεντρωτικοί πίνακες συμπίεσης	60
Πίνακας 11.1: media players	68
Ενότητα 11.3: πίνακες στατιστικής ανάλυσης	70

Ψάχνοντας κάτι ενδιαφέρον, κάτι πρωτότυπο, κάτι που θα μπορούσε να προσεγγίσει και να εντυπωσιάσει τον κάθε ένα που ασχολείται με την λέξη «τεχνολογία»...φτάσαμε στο σημείο να αποφασίσουμε το συγκεκριμένο θέμα της Πτυχιακής. Γνώση, Έρευνα, Απορία, Συμπέρασμα. Τέσσερις λέξεις με ιδιαίτερη σημασία η καθεμία. Εάν «υπολογιστούν» όλες μαζί, η λέξη πρόκληση θα είναι το αποτέλεσμα. Πρόκληση για κάτι καινούριο..

Μετά από ένα χρόνο έρευνας στο διαδίκτυο, σε βιβλία και ότι πλησιάζει η τεχνολογία, δεν καταφέραμε να ανακαλύψουμε ότι το θέμα που είχαμε αποφασίσει τελικά για την συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία είχε πραγματοποιηθεί στο παρελθόν. Θεωρητικές γνώσεις στο θέμα της συμπίεσης βίντεο, συγκεκριμένες. Ομολογώ πως σε σχέση με την συμπίεση ήχου, σε πρακτικές (γενικές) γνώσεις η βιβλιογραφία όσον αφορά τη συμπίεση του βίντεο είναι αρκετά «φτωχή».

Είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς γιατί μπορεί να συμβαίνουν τα παραπάνω. Με όσες γνώσεις απέκτησα κατά την διεκπεραίωση της Πτυχιακής, μπορώ να εκφέρω άποψη όσον αφορά το θέμα αυτό, και ίσως και την άποψη που ευρέως κυριαρχεί. Έτσι στηρίζομαι στο γεγονός ότι εφόσον το βίντεο αναπτύχθηκε πολύ αργότερα από τον ήχο, και πόσο μάλλον η ανάγκη για συμπίεση, είναι απολύτως φυσιολογικό η βιβλιογραφία του να είναι ελλιπής.

Η ανάπτυξη του βίντεο έχει αρχίσει να γίνεται όλο και πιο αισθητή τα τελευταία χρόνια, και το θέμα της συμπίεσης με τη σειρά του έχει πάρει θέση για διερεύνηση καλύτερων προδιαγραφών. Άρα λογικό κατά κάποιο τρόπο είναι κάτι ανάλογο με την πτυχιακή αυτή να μην έχει πραγματοποιηθεί ακόμα. Ενδέχεται όμως να έχει γίνει σε προπαρασκευαστικό στάδιο, αλλά επειδή κυριαρχεί η ιδέα ότι η MPEG αντιπροσωπεύει τις ιδανικές συνθήκες για την καλύτερη συμπίεση βίντεο – και ειδικά για μια κινηματογραφική ταινία –, ποιος θα τολμούσε να φτάσει στο σημείο να την συγκρίνει πειραματικά με άλλες συμπίεσεις;

Είναι πολύ ενδιαφέρον, να ξεκινάς να κάνεις κάτι που δεν ξέρεις σε τι συμπεράσματα θα σε οδηγήσει.. και ποια άποψη τελικά θα καταφέρει να επικρατήσει. Και πάλι εδώ θα χρησιμοποιήσω την λέξη πρόκληση...

Ξεκινώντας λοιπόν, βάζουμε ως σκοπό να καταφέρουμε μέσω του πειράματος που θα διεξαχθεί, να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα όσον αφορά την συμπίεση. Πιο συγκεκριμένα, το θέμα της πτυχιακής βασίζεται σε μια θεωρητική και συγκριτική ανάλυση των δημοφιλέστερων μεθόδων συμπίεσης βίντεο. Το σημαντικότερο μέρος της πτυχιακής είναι μια στατιστική μελέτη, μέσω της οποίας θα αποδειχτεί κατά πόσο και πως επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά της εικόνας μετά από την συμπίεση.

Η στατιστική μελέτη αναφέρεται σε ένα πείραμα που θα πραγματοποιηθεί σε αντιπροσωπευτικό δείγμα θεατών οι οποίοι θα παρακολουθήσουν (σε χώρο με ιδανικές συνθήκες) συγκριτικά μια σειρά από βίντεο συμπιεσμένα με διαφορετικές μεθόδους και θα κληθούν να απαντήσουν σε κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο...

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χρήστο Χουσίδη για την καθοδήγηση του ώστε να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αντρέα Παπαδόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια του, καθώς και τον Παύλο Γρυλλάκη (βοηθοί εργαστηρίου «Ήχος και Εικόνα»).

Τέλος, ευχαριστώ όλους όσους βοήθησαν για την διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της εργασίας και συγκεκριμένα, τα παιδιά που συμμετείχαν για τα «γυρίσματα» των βίντεο και όλους όσους πήραν μέρος στο συγκριτικό τεστ...

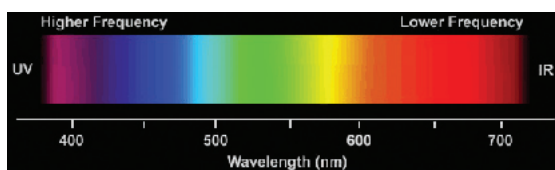
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

1.1 Φως

Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που μεταφέρεται σε κύματα διαφορετικού μήκους (από 4 τρισεκατομμύρια του εκατοστού έως μερικά χιλιόμετρα).

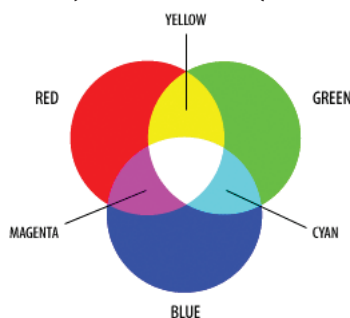
Το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο μόνο σε ένα μικρό εύρος αυτού του συνεχούς μήκους, στα 400 έως 700 νανόμετρα (nm), (1 νανόμετρο είναι ίσον με 1 δισεκατομμυριοστό του μέτρου). Μέγιστη ευαισθησία παρουσιάζει γύρω στα 550 (nm), πράσινο φως.



Σχήμα 1.1: ορατό φάσμα

1.2 Χρώματα

Το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε είναι τα βασικά χρώματα για τον άνθρωπο, γιατί δεν μπορούν να προκύψουν από την ανάμειξη άλλων χρωμάτων, όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα. Αν αναμείξουμε σε ακριβώς ίσες ποσότητες κόκκινο, πράσινο και μπλε χρώμα τότε προκύπτει λευκό. Πέρα όμως από τα βασικά χρώματα, υπάρχουν και τα συμπληρωματικά. Τα συμπληρωματικά χρώματα προκύπτουν από την ανάμειξη των βασικών χρωμάτων ανά δύο. Αυτά είναι το κίτρινο, το κυανό (γαλάζιο) και το πορφυρό (μωβ), που έχουν το χαρακτηριστικό ότι αν αναμειχθούν κι αυτά ανά δύο, προκύπτουν τα βασικά χρώματα.



Σχήμα 1.2: μοντέλο RGB

1.3 Ανθρώπινη Όραση

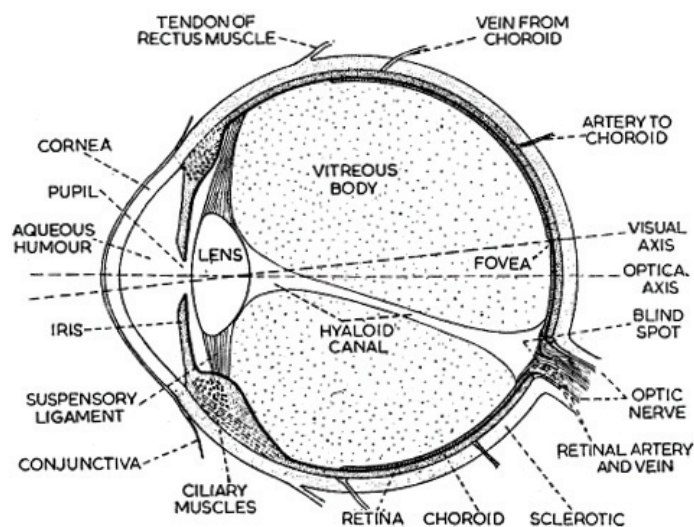
Το ανθρώπινο σύστημα όρασης αποτελείται από το μάτι (οπτικός αισθητήρας) που χρησιμεύει στην δημιουργία του ειδώλου, το οπτικό νεύρο που μεταδίδει το ερέθισμα στον εγκέφαλο και το τμήμα του εγκεφάλου που εκτελεί την επεξεργασία και την τελική κατανόηση της πληροφορίας.

Πιο αναλυτικά, η ανθρώπινη όραση είναι η ακαριαία αλληλεπίδραση του ματιού και του εγκεφάλου μέσω ενός δικτύου νευρώνων κι άλλων αντίστοιχων κυττάρων. Αρχικά υπάρχει η διέγερση των οπτικών «παραληπτών» του φωτός και η μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων στον εγκέφαλο μέσω οπτικών νευρών. Η πληροφορία επεξεργάζεται σε διάφορα στάδια και τελικά έχουμε την εικόνα του ειδώλου.

Το ανθρώπινο μάτι φέρει μια σειρά «εργαλείων» ώστε να λάβει την εικόνα ενός αντικειμένου. Τα κυριότερα απ' αυτά είναι ο φακός (lens), η ίριδα (iris), ο κερατοειδής χιτώνας (retina) και το οπτικό νεύρο (optic nerve). Η συνεργασία λοιπόν αυτών των στοιχείων του ανθρώπινου ματιού, αλλά και πολλών ακόμα είναι υπεύθυνη για την ανθρώπινη όραση.

Άρα όταν βλέπουμε ένα αντικείμενο, αυτό μέσω της ίριδας και του φακού, σχηματίζει ένα είδωλο στον κερατοειδή χιτώνα. Ο χιτώνας με την σειρά του ανιχνεύει το φως και μετατρέπει το είδωλο του σώματος σε ηλεκτρικά σήματα. Τα σήματα αυτά μεταφέρονται στον εγκέφαλο.

Η ίριδα είναι υπεύθυνη για την ποσότητα του φωτός το οποίο διέρχεται μέσα στο μάτι. Αξίζει να σημειωθεί ότι το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται ανεστραμμένο στον κερατοειδή χιτώνα. Ο εγκέφαλος είναι όμως αυτός ο οποίος μετατρέπει το είδωλο σε όρθιο. Ακολουθεί μια σημαντική διαδικασία μέχρι να αντιληφθεί ο εγκέφαλος τα ηλεκτρικά σήματα και να τα μετατρέψει σε κάτι κατανοησιμο για μας, μια εικόνα. Η εστίαση του ματιού είναι και αυτή αποτέλεσμα συνεργασίας αρκετών στοιχείων που βρίσκονται στο ανθρώπινο μάτι. Κυρίως υπεύθυνος είναι όμως ο μυς του ματιού (eye muscle). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται συνοπτικά τα παραπάνω.



Σχήμα 1.3: το ανθρώπινο μάτι

1.4 Αντίληψη Χρωμάτων

Το χρώμα δεν αποτελεί μια έμφυτη ιδιότητα των αντικειμένων ούτε μια φυσική ιδιότητα του φωτός. Το χρώμα ενός αντικειμένου που αντιλαμβανόμαστε εξαρτάται από το φασματικό περιεχόμενο του φωτός που απορροφάται από τους φωτουποδοχείς της όρασης,

(τις τρεις ομάδες κωνίων) από όπου ξεκινά μια σειρά νεύρο-φυσιολογικών «αντιδράσεων» (πολύ σημαντικών για την αντίληψη των χρωμάτων) στον αμφιστροειδή, στις προ-φλοιώδες οδούς και σε ανώτερα στάδια, επεξεργασίας στον οπτικό φλοιό.

Αρα με άλλα λόγια, το οπτικό μας σύστημα μπορεί να διακρίνει ένα εκατομμύριο ερεθίσματα ως διαφορετικά ανάλογα με το χρώμα τους. Σημαντικό επίσης είναι ότι η σύνθεση του φωτός αλλάζει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό μπορεί να προκαλέσει διαφορετική αντίληψη των χρωμάτων.

Τα χρώματα μπορούν να διακριθούν σε σταθερά και εξαρτώμενα. Τα σταθερά χρώματα εμφανίζονται το ίδιο σε όλες τις συνθέσεις φωτός ενώ τα εξαρτώμενα εμφανίζονται ίδια μόνο υπό συγκεκριμένη σύνθεση φωτός.

1.5 Διακριτική Ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Καταρχήν είναι μεγαλύτερη όταν το είδωλο αντικειμένου προβάλλεται στην κεντρική περιοχή του αμφιστροειδούς, μειώνεται δε όταν το είδωλο προβάλλεται στην περιφέρεια. Επίσης είναι μειωμένη με την παρουσία «οπτικού θορύβου», δηλαδή άλλων οπτικών ερεθισμάτων κοντά στο αντικείμενο. Η διακριτική ικανότητα είναι μεγαλύτερη σε φωτεινές παρά σε σκοτεινές συνθήκες καθώς και όταν αυξάνει η αντίθεση μεταξύ του στοιχείου και του περιβάλλοντος του. Όταν ένα αντικείμενο κινείται, διαφέρει η δυναμική διακριτική ικανότητά του.

1.5.1 Όραση και Φωτισμός

Ο καλός φωτισμός είναι απαραίτητος για την σωστή και άνετη εκτέλεση οποιασδήποτε εργασίας. Ο καλός φωτισμός επιτρέπει στους ανθρώπους να μπορούν να διακρίνουν τις λεπτομέρειες. Το κατάλληλο επίπεδο φωτισμού για καλή εργασιακή απόδοση παραδείγματος χάριν, εξαρτάται από τη φύση του εργασιακού καθήκοντος, την διακριτική ικανότητα του εργαζομένου και το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται η συγκεκριμένη εργασία.

1.5.2 Αντίθεση

Η αντίθεση μεταξύ αντικειμένου και υποβάθρου επηρεάζει την διακριτική ικανότητα. Η αντίθεση δημιουργείται από διαφορές στην φωτεινότητα μεταξύ αντικειμένου και του υποβάθρου του.

1.5.3 Θάμβωση

Θάμβωση είναι η μείωση της διακριτικής ικανότητας που προκύπτει από πηγές που εκπέμπουν φως απευθείας στα μάτια ή που δημιουργούν ανατακλάσεις στο αντικείμενο εργασίας.

Σε μερικές περιπτώσεις, ειδικά όταν ο φωτισμός του χώρου είναι έντονος, η θάμβωση δημιουργεί ενόχληση και αποσπά απλώς την προσοχή. Αυτό δεν σημαίνει ότι μειώνει αισθητά την διακριτική ικανότητα, αλλά καλό είναι να αποφευχθεί. Και οι θαμβώσεις είναι δυνατόν να αποφευχθούν, με μείωση της αντίθεσης ανάμεσα στις φωτεινές πηγές και στον περιβάλλοντα χώρο.

1.5.4 Χρώμα και Φωτισμός

Ο τεχνητός φωτισμός προτιμάται από τον φυσικό λόγω των διακυμάνσεων του φυσικού φωτός, διότι είναι απαραίτητη η διατήρηση ίδιας ποσότητας και ποιότητας φωτισμού όλες τις ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΙΝΤΕΟ

2.1 Ορισμός του βίντεο

Το βίντεο είναι μια αλληλουχία εικόνων οι οποίες διαδέχονται η μια την άλλη με τέτοια ταχύτητα ($1/30$ - $1/25$ του δευτερολέπτου) ώστε να δίνουν την ψευδαίσθηση της φυσικής κίνησης. Το βίντεο μπορεί να είναι σε αναλογική ή σε ψηφιακή μορφή.

2.2 Αναλογικό βίντεο

Ο όρος αναλογικό βίντεο αναφέρεται στην ηλεκτρονική τεχνολογία κωδικοποίησης, μετάδοσης και αναπαραγωγής οπτικοακουστικής πληροφορίας, όπου η μορφή των χρησιμοποιούμενων συστημάτων είναι αναλογικού τύπου.

Αναλογικό βίντεο χρησιμοποιεί η συμβατική «ασπρόμαυρη» τηλεόραση, όπου η εικόνα αναπαράγεται καθώς μια δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει διαδοχικές γραμμές στην οθόνη και καθορίζει τον βαθμό φωτεινότητας των διάφορων περιοχών.

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά την δομή του σήματος, το αναλογικό βίντεο αποτελείται από πλαίσια. Κάθε πλαίσιο (frame) αποτελείται από έναν αριθμό οριζοντίων γραμμών σάρωσης και εκφράζεται από ένα παλλόμενο (μεταβαλλόμενο) κύμα, γνωστό ως κυματομορφή.

Ο ρυθμός ανανέωσης πλαισίου (frame rate) είναι το μέγεθος που εκφράζει πόσο συχνά ανανεώνεται το πλαίσιο εικόνας στην οθόνη του δέκτη. Μετριέται σε Hz ή ισοδύναμα fps (frames per second). Σε περίπτωση που ο θεατής αισθάνεται ότι η εικόνα τρεμοπαίζει το φαινόμενο είναι γνωστό ως flickering. Ο αριθμός των πλαισίων που παράγονται από ένα αναλογικό σήμα βίντεο ανά δευτερόλεπτο, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	Αριθμός πλαισίων
Τυπικές τιμές	25-75 πλαίσια / sec
Δεν υπάρχει τρεμόπαιγμα	>40 πλαίσια / sec
Ελάχιστο όριο για το ανθρώπινο μάτι	15 πλαίσια / sec

Πίνακας 2.1: αριθμός πλαισίων αναλογικού σήματος βίντεο

Η κάθετη ανάλυση (vertical resolution) αναφέρεται στον αριθμό διακριτών γραμμών στις οποίες αναλύεται ένα πλαίσιο και δηλώνει την κάθετη ανάλυση του σήματος στην αναλογική μετάδοση. Χαρακτηριστικές τιμές ανάλυσης είναι οι 525 γραμμές για το NTSC και οι 625 γραμμές για το σύστημα PAL. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο λόγος πλάτους της εικόνας προς το ύψος της.

	Λόγος εικόνας (aspect ratio)
Συμβατική τηλεοπτική εικόνα	3:4
Τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας	16:9
Κινηματογράφος	1.85:1 ή 2.35:1

Πίνακας 2.2: Λόγος εικόνας

2.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναλογικού βίντεο

Τα πλεονεκτήματα του αναλογικού βίντεο είναι η εύκολη και οικονομική εκπομπή καθώς και η προσιτή τιμή του απαιτούμενου προς αναπαραγωγή εξοπλισμού. Τα μειονεκτήματα του, επικεντρώνονται στις διαρροές που υφίσταται το αναλογικό σήμα κατά την μεταφερόμενη πληροφορία, και ειδικά στην περίπτωση της ασύρματης εκπομπής. Αυτό βασικά οφείλεται στον εξωτερικό ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο, ο οποίος αλλοιώνει ποσοστό της πληροφορίας.

2.2.2 Συστήματα αναλογικού βίντεο

2.2.2.1 Σύστημα PAL

625/50/2:1 PAL (Phase Alternative Line)

Το σύστημα PAL αναπτύχθηκε στην Γερμανία από τον Walter Bruch το 1967. Χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και στην Ασία με εύρος ζώνης 6.5 MHz. Εκπέμπει διαπλεκόμενη εικόνα με 625 συνολικά οριζόντιες γραμμές και η συχνότητα ανανέωσης είναι 25 πλαίσια / sec. Κάθε πλαίσιο χωρίζεται σε δύο πεδία (σύμπλεξη) από 312.5 γραμμές. Στο σύστημα PAL, χρησιμοποιείται το χρωματικό μοντέλο YUV, και ο λόγος της εικόνας είναι 4:3.

2.2.2.2 Σύστημα NTSC

525/59.94/2:1 NTSC (National Television System Committee)

Το σύστημα NTSC χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο μέρος της Αμερικής και στην Ιαπωνία με εύρος ζώνης 5.5 MHz. Αυτό το σύστημα εφευρέθηκε το 1953 από το FCC (Federal Communications Commission) για εμπορική εκπομπή.

Εκπέμπει διαπλεκόμενη εικόνα με 525 συνολικά οριζόντιες γραμμές (262.5 γραμμές σε κάθε πεδίο, από τις οποίες οι 45 χρησιμοποιούνται για πληροφορίες ελέγχου). Επομένως, το οπτικό πεδίο αποτελείται από μόνο 480 γραμμές σάρωσης. Η συχνότητα ανανέωσης στο σύστημα αυτό είναι 60 Hz, δηλαδή 30 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Το σύστημα NTSC χρησιμοποιεί το χρωματικό μοντέλο YIQ.

Το σύστημα SECAM αναπτύχθηκε στην Γαλλία το 1967 και έχει ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το PAL αλλά με λίγο διαφορετική και σαφώς κατώτερη κωδικοποίηση χρώματος. Χρησιμοποιείται στην Γαλλία, στην Ανατολική Ευρώπη και σε περιοχές της Αφρικής.

2.3 Ψηφιακό βίντεο

Το ψηφιακό βίντεο μπορεί να εκληφθεί ως ένα σύνολο στατιστικών εικόνων που εναλλάσσονται γρήγορα πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Συνεπώς διακρίνουμε ότι το βίντεο «κληρονομεί» τα χαρακτηριστικά των εικόνων που το αποτελούν (χρωματική και χωρική ανάλυση) και έχει επίσης το χαρακτηριστικό της συχνότητας εναλλαγής τους.

Τα πλεονεκτήματα του ψηφιακού βίντεο επικεντρώνονται στην ανάλυση της εικόνας, στην απόδοση χρώματος, και στον λόγο σήματος προς θόρυβο. Επίσης, επιτρέπει την επεξεργασία τυχαίας προσπέλασης σε αντίθεση με την γραμμική επεξεργασία του αναλογικού βίντεο.

Το ψηφιακό βίντεο είναι πιο εξελιγμένο. Αυτό σημαίνει ότι δεν εμφανίζει τα προβλήματα των «επόμενων γενεών», δεν εμφανίζει προβλήματα ποιότητας που προκύπτουν κατά την ψηφιοποίηση αναλογικής πληροφορίας, και χρησιμοποιεί μικρό μέγεθος κάμερας. Επιπλέον πλεονεκτήματα του είναι ότι παρουσιάζει διαδραστική δυνατότητα και ότι μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταδοθεί αποτελεσματικά.

Άρα συμπεραίνουμε από τα παραπάνω ότι η ψηφιακή μορφή του βίντεο, προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα, με το βασικότερο αυτό της ψηφιακής επεξεργασίας. Μετατροπές οι οποίες για να γίνουν σε αναλογικό βίντεο απαιτούσαν πανάκριβο και εξειδικευμένο hardware, πλέον γίνονται με “χειρουργική” ακρίβεια χρησιμοποιώντας (σχετικά) φθινό software. Όλα αυτά όμως έχουν σαν αποτέλεσμα το ψηφιακό βίντεο να έχει μεγάλες απαιτήσεις πόρων. Άρα καταλήγουμε και στο πιο σημαντικό μειονέκτημα του, την τεράστια χωρητικότητα που απαιτεί.

Το βίντεο, στην ψηφιακή μορφή ασυμπίεστο, χωρίς δηλαδή καμία επεξεργασία προς μείωση του όγκου του, καταλαμβάνει τεράστιο χώρο. Συγκεκριμένα, 1 δευτερόλεπτο με ανάλυση 720 x 576 και 25 fps, θα έπιανε 30 MB χώρου και φυσικά θα απαιτούσε επίσης 30 Mbytes/sec για να αναπαραχθεί.

Ο παρακάτω τύπος αναφέρεται στον υπολογισμό του όγκου του ψηφιακού βίντεο.

$$\text{Όγκος δεδομένων} = \text{αριθμός pixel per frame} \times \text{frame rate} \times \text{bytes per pixel}^*$$

*Ο αριθμός των bytes per pixel ισοδυναμεί με 3 για RGB24, 4 για RGB32, 2 για RGB16 και 2 για YUV.

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά του ψηφιακού βίντεο. Βασικές γνώσεις τις οποίες πρέπει να γνωρίζουμε πριν να προχωρήσουμε στην συμπίεση του.

2.3.1.1 Συχνότητα ανανέωσης

Το πρότυπο για την προβολή οποιουδήποτε είδους μη-film βίντεο είναι 30 καρέ το δευτερόλεπτο ενώ για film είναι 24-30 καρέ το δευτερόλεπτο. Άρα η πληροφορία βίντεο αποτελείται από 30 ή 24 εικόνες (καρέ) κάθε δευτερόλεπτο. Στην παραδοσιακή τηλεόραση τα καρέ αυτά χωρίζονται σε δυο μέρη, τις άρτιες και περιττές γραμμές, σχηματίζοντας τα λεγόμενα πεδία (fields). Εδώ έγκειται και η μεγάλη διαφορά μεταξύ του τρόπου προβολής της εικόνας από μια τηλεόραση και έναν υπολογιστή. Η τηλεόραση όταν προβάλλει το αναλογικό της σήμα βίντεο παρουσιάζει πρώτα τις περιττές γραμμές (πρώτο πεδίο) και μετά τις άρτιες (δεύτερο πεδίο). Κάθε ζευγάρι σχηματίζει ένα καρέ και εμφανίζονται 60 πεδία το δευτερόλεπτο, (δηλαδή 30 καρέ το λεπτό). Αυτό είναι το λεγόμενο “interlaced” βίντεο.

Η οθόνη ενός υπολογιστή χρησιμοποιεί μια τεχνική για την ανανέωση του περιεχομένου της οθόνης που ονομάζεται «σταδιακή σάρωση» (progressive scan). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η οθόνη δεν χωρίζεται σε πεδία, αλλά η κάθε γραμμή εμφανίζεται με τη σειρά από πάνω ως κάτω. Όλο το καρέ εμφανίζεται 30 φορές το δευτερόλεπτο και η μέθοδος αυτή ονομάζεται “non-interlaced” βίντεο. Όμως για το ψηφιακό βίντεο στον υπολογιστή μπορούμε να έχουμε ανεκτό αποτέλεσμα και με 15 fps.

2.3.1.2 Χρωματική ανάλυση

Η έννοια της χρωματικής ανάλυσης αναφέρεται στο πλήθος των διαφορετικών χρωμάτων που εμφανίζονται ταυτόχρονα στην οθόνη. Οι υπολογιστές κωδικοποιούν το χρώμα σε μια μορφή τριών διακριτών συνιστωσών “RGB” (red – green – blue) δηλαδή κόκκινη, πράσινη και μπλε συνιστώσα. Όλα τα διακριτά χρώματα κωδικοποιούνται με ένα συγκεκριμένο πλήθος δυαδικών ψηφίων (bits). Το πλήθος αυτό ορίζει συνεπώς και τη μέγιστη τιμή των διαφορετικών χρωμάτων που υποστηρίζονται (με n bits 2^n διαφορετικοί συνδυασμοί).

Μια άλλη συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή είναι η “YUV”. Αν και δεν υπάρχει άμεσος συσχετισμός μεταξύ RGB και YUV τα συστήματα αυτά μοιάζουν στο ότι έχουν και τα δύο διάφορα επίπεδα βάθους χρώματος (color depth), δηλαδή μέγιστο πλήθος χρωμάτων.

Το βάθος χρώματος καθορίζεται από την μνήμη που αφιερώνει το σύστημα για να αποθηκεύσει τους χρωματικούς τόνους του κάθε εικονοστοιχείου (pixel). Μεγάλο βάθος χρώματος σημαίνει καλύτερη απόδοση των ποικίλων χρωματικών τόνων αλλά και μεγαλύτερο μέγεθος αρχείου, αφού αυξάνεται η μνήμη που θα πρέπει να εκχωρηθεί σε κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας.

Τυπικές αναλύσεις χρώματος RGB είναι 8 bits /pixel (256 χρώματα) [δηλαδή μια εικόνα των 8 bit αποδίδει 256 χρώματα], 16 bits /pixel (65,536 χρώματα), 24 bits /pixel (16.7 εκατομμύρια χρώματα) και 32 bits /pixel το λεγόμενο true color.

Τυπικές αναλύσεις χρώματος YUV είναι 7 bit, 4:1:1 ή 4:2:2 (περίπου 2 εκατομμύρια χρώματα) και 8 bit, 4:4:4 (περίπου 16 εκατομμύρια χρώματα).

2.3.1.3 Χωρική ανάλυση

Η χωρική ανάλυση είναι στην ουσία το μέγεθος της εικόνας. Όπως και με τα πρότυπα RGB και YUV δεν υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ αναλύσεων αναλογικών τηλεοράσεων και οθόνων υπολογιστών.

Οι κλασσικές τηλεοράσεις προβάλλουν μια πλήρη εικόνα χωρίς τα περιθώρια των οθόνων υπολογιστών. Στο σύστημα NTSC η ανάλυση είναι 768 x 484 ενώ στο PAL 768 x 576 . Οι οθόνες των υπολογιστών υποστηρίζουν διάφορες αναλύσεις όπως η Standard VGA 640 x 480, 800 x 600, 1024 x 768 κτλ. Στην πράξη όμως το ψηφιακό βίντεο δεν απαιτεί τόσο μεγάλες αναλύσεις και συνήθως έχει ανάλυση μικρότερη του 640 x 480.

Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της εικόνας τόσο περισσότερα εικονοστοιχεία χρησιμοποιούνται, έχοντας ως συνέπεια και μεγαλύτερο μέγεθος αρχείου.

2.3.2 Πρότυπα ψηφιακού βίντεο

Ένα πρότυπο που χρησιμοποιεί το ψηφιακό βίντεο είναι το χρωματικό μοντέλο YCrCb. Το ίδιο χρησιμοποιείται και στα παρακάτω πρότυπα:

DVB (Digital Video Broadcasting)
 HDTV (High Definition TeleVision)
 SIF (Source Intermediate Format)
 CIF (Common Interchange Format)
 QCIF (Quarter CIF)

2.3.3 Ρυθμός μετάδοσης ψηφιακού Βίντεο

Για να υπολογιστεί ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων του ψηφιακού βίντεο χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παράμετροι..

f = frame size (width * height – σε pixels)
 r = frame rate (frames per second)
 c = color depth (in bits/pixel)
 t = time in seconds

και ο τύπος με τον οποίο προκύπτει το αποτέλεσμα είναι:

$$\text{Ρυθμός μετάδοσης} = f \times r \times c \times t \text{ (σε bps)}$$

Όταν σε ένα ψηφιακό βίντεο, γίνεται επαγγελματική επεξεργασία και σχεδόν καθόλου συμπίεση τότε ο ρυθμός δεδομένων είναι υψηλός. Αντίθετα, χαμηλός αριθμός δεδομένων παρουσιάζεται σε εφαρμογές με διάδραση ή και μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις, και επίσης όταν χρησιμοποιούνται τεχνικές συμπίεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

3.1 Εισαγωγικό σημείωμα

Όπως είδαμε το ψηφιακό βίντεο είναι ουσιαστικά ένα σύνολο εικόνων που εναλλάσσονται γρήγορα πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Επειδή όμως ο όγκος του συνόλου της πληροφορίας αυτής είναι πολύ μεγάλος, καταλήγουμε στην συμπίεση. Και αυτό, γιατί η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας έχει αυξηθεί τελευταία, καθώς έχει αντικαταστήσει την αναλογική που παραδοσιακά χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες σε διάφορους τομείς. Είναι άρα πολύ λογικό να γίνεται συνεχώς έρευνα για την καλύτερη συμπίεση της ψηφιακής πληροφορίας, και φυσικά με στόχο την οικονομία του εύρους φάσματος (bandwidth).

3.2 Τεχνικές για μείωση του όγκου

Υπάρχουν βασικά δύο τεχνικές για την μείωση του όγκου της ψηφιακής πληροφορίας. Η υποδειγματοληψία χρώματος (Chroma sampling) και η αποδοτική συμπίεση. Πιο αναλυτικά...

Η υποδειγματοληψία χρώματος είναι τεχνική κατά την οποία ψηφιοποιούνται λιγότερα δείγματα συνιστωσών χρώματος απ' ό,τι της φωτεινότητας. Γνωρίζουμε ότι η ανθρώπινη αντίληψη είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητη στις χρωματικές μεταβολές παρά σε εκείνες της φωτεινότητας. Άρα χρειαζόμαστε λιγότερα δεδομένα χρωματικής πληροφορίας απ' ό,τι φωτεινότητας για να δημιουργηθεί η αίσθηση της ποιοτικής εικόνας στον παρατηρητή.

Επομένως κατά την δειγματοληψία του αναλογικού σήματος βίντεο μπορούν να ψηφιοποιηθούν λιγότερα δείγματα για τις συνιστώσες χρώματος του αρχικού αναλογικού σήματος χρώματος σε σχέση με την φωτεινότητα.

Η αποδοτική συμπίεση γίνεται μέσω ισχυρών συμπιεστών (codeds). Αυτοί οι συμπιεστές είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την συμπίεση και αποσυμπίεση ψηφιακού βίντεο. Τέτοιου είδους συμπίεση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με hardware, είτε με software codecs. Οι τελευταίοι έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα εφόσον δεν απαιτούν κάποιο ειδικό hardware και είναι προφανές ότι είναι βραδύτεροι.

Για να γίνει κατανοητή η ανάγκη της συμπίεσης παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα. Εάν θα έπρεπε να μεταδώσουμε ψηφιακά ένα κανονικό ασυμπίεστο τηλεοπτικό σήμα PAL το οποίο καταλαμβάνει ένα bandwidth περίπου 5 MHz, και για να μην έχουμε απώλεια πληροφορίας θα πρέπει να ακολουθήσουμε το θεώρημα Nyquist.

Καταρχήν να διευκρινιστεί ότι όταν αναφερόμαστε σε απώλεια πληροφορίας εννοούμε την μείωση της ποιότητας της εικόνας. Σύμφωνα λοιπόν με το θεώρημα Nyquist, θα πρέπει

να διπλασιάσουμε την συχνότητα, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση στα 10 MHz. Για να έχουμε όμως επαρκή ευκρίνεια (resolution), θα πρέπει κάθε δείγμα να έχει τουλάχιστον 8 bits (28 = 256 επίπεδα κωδικοποίησης), έτσι στην προκειμένη περίπτωση θα έχουμε $10 \times 8 = 80$ Mbits/sec. Παρόλο που αντιμετωπίζουμε πρόβλημα μετάδοσης σε μια τόσο υψηλή ταχύτητα, το πρόβλημα γίνεται μεγαλύτερο ζητώντας καλύτερη ευκρίνεια.

Οπότε καταλήγουμε να χρησιμοποιήσουμε δείγματα των 16, ή και 24 bits. Μέχρι τώρα αναφερόμαστε σε ασπρόμαυρη εικόνα. Αν θέλουμε να έχουμε και χρώμα, ο όγκος της ψηφιακής πληροφορίας για ένα ασυμπίεστο σήμα βίντεο, γίνεται τριπλάσιος, αφού κάθε χρώμα σχηματίζεται ως συνδυασμός των τριών βασικών χρωμάτων. Συνεπώς χρειαζόμαστε τουλάχιστον $3 \times 80 = 240$ Mbits/sec.

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος του bandwidth που χρειάζεται αρκεί να συγκριθεί με την ταχύτητα μεταφοράς (transfer rate) δεδομένων από ή και προς τον επεξεργαστή μέσα σε ένα computer, η οποία δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 40 Mbit/sec (5 MB/sec). Είναι δηλαδή έξι φορές πιο μικρή από όσο χρειαζόμαστε. Η μεταφορά δεδομένων γίνεται συνήθως με ISA bus. Ακόμα και στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί SCSI bus, το πρόβλημα παραμένει.

Αν αναφερθούμε στα CD-ROM το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο δύσκολο εφόσον ένα cd/rom φτάνει μέχρι 10 Mbit/sec, δηλαδή 24 φορές πιο μικρή ταχύτητα. Έτσι, παρόλο που είναι δυνατή – αν και πρακτικά ασύμφορη – η μετάδοση του παραπάνω σήματος, είναι αδύνατη η αποθήκευση και αναπαραγωγή του.

Η ταχύτητα μεταφοράς όμως, δεν είναι το μόνο πρόβλημα. Για ένα κινηματογραφικό φιλμ, που διαρκεί 90 λεπτά, δηλαδή $90 \times 60 = 5400$ δευτερόλεπτα θα χρειαζόμασταν αποθηκευτικό μέσο ικανό να αποθηκεύσει τα $30 \times 5400 = 162$ GB. Αυτό σημαίνει ότι θα χρησιμοποιούσαμε άπειρους σκληρούς δίσκους για όλο αυτό τον όγκο. Ακόμα και τα DVD τα οποία έχουν αρκετή χωρητικότητα, δεν επαρκούν για την αποθήκευση, όπως προαναφέρθηκε, μιας κινηματογραφικής ταινίας 90 λεπτών ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο, και αυτό γιατί για τα 90 αυτά λεπτά χρειαζόμαστε τουλάχιστον 35 DVD, εάν υποθέσουμε ότι το DVD έχει 4,7 GB.

Με όλα τα παραπάνω συνειδητοποιούμε ότι υπάρχει πρόβλημα τόσο στην μετάδοση όσο και στην αποθήκευση του ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο. Εδώ λοιπόν, επικεντρώνεται το θέμα της Πτυχιακής, στην συμπίεση.

Το βίντεο στην ψηφιακή του μορφή, δηλαδή ασυμπίεστο, καταλαμβάνει μεγάλο αποθηκευτικό χώρο. Άρα η προσπάθεια για μείωση του όγκου του έχει μεγάλη σημασία, και εδώ έγκειται και η απάντηση για το συγκεκριμένο ερώτημα αυτής της ενότητας «γιατί η συμπίεση είναι αναγκαία;».

Για να υπολογιστεί η χωρητικότητα ενός αρχείου, χρησιμοποιούμε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ψηφιοποιημένο βίντεο. Αυτοί οι παράγοντες είναι τα χαρακτηριστικά του ψηφιακού βίντεο που αναλύονται σε προηγούμενη ενότητα.

Άρα η χωρητικότητα ενός αρχείου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Χωρητικότητα (bits)} = \text{Συχνότητα ανανέωσης (fps)} \times \text{Μέγεθος εικόνας (pixels)} \times \text{Χρωματικό βάθος Εικόνας (bits/pixel)} \times \text{Διάρκεια (sec)}.$$

Ο περιορισμός του μεγέθους των αρχείων βίντεο είναι απαραίτητος και για έναν άλλο λόγο. Εάν υποθέσουμε ότι το πρόβλημα της αποθήκευσης δεν υπήρχε, τότε όλα θα ήταν εντάξει; Αν το σκεφτούμε λίγο πιο καλά, η επεξεργασία και γενικά η διαχείριση όλου αυτού του όγκου δεδομένων θα ήταν τότε το σημαντικό πρόβλημα. Άρα η συμπίεση έρχεται για να λύσει και ένα ακόμα θέμα.

3.3 Παράγοντες που σχετίζονται με την συμπίεση

Ο στόχος της συμπίεσης βίντεο είναι να μειώσει μαζικά ένα ποσοστό της απαιτούμενης πληροφορίας, ώστε να μπορέσει να αποθηκευτεί το ψηφιακό βίντεο σήμα, διατηρώντας βέβαια όσο είναι δυνατόν την ποιότητα του αρχικού βίντεο.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αναφορά μας στην ψηφιακή συμπίεση βίντεο. Ακολουθεί ανάλυση.

3.3.1 Πραγματικός χρόνος / Μη πραγματικός χρόνος

Ο όρος «πραγματικός χρόνος» δεν έχει χρησιμοποιηθεί σωστά. Στον «κόσμο της συμπίεσης» σημαίνει ότι ακριβώς εκφράζει. Μερικά συστήματα συμπίεσης συλλαμβάνουν, συμπιέζουν, αποσυμπιέζουν, και αναπαράγουν το βίντεο στα 30 fps, και όλα αυτά σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καθόλου καθυστέρηση.

Άλλα πάλι συστήματα είναι μόνο σε θέση να κάνουν σύλληψη (capturing) μερικά από τα 30 fps και / ή είναι σε θέση να αναπαράγουν μόνο μερικά από αυτά.

Η ανεπαρκής συχνότητα ανανέωσης είναι ένα από τα πιο αξιοσημείωτα ελαττώματα του βίντεο. Κάτω των 24 πλαισίων το δευτερόλεπτο (fps), το βίντεο θα είναι αισθητά απότομο. Επιπλέον τα πλαίσια που παραλείπονται περιέχουν υπερβολικά σημαντικές πληροφορίες συγχρονισμού των δεδομένων. Με άλλα λόγια, εάν η κίνηση των χειλιών ενός ατόμου έχει χαθεί εξαιτίας των παραλειπόμενων πλαισίων κατά την διάρκεια της σύλληψης ή της αναπαραγωγής, θα είναι αδύνατον να συγχρονιστεί ο ήχος σωστά με το βίντεο.

Άρα αντιλαμβανόμαστε ότι η έννοια του πραγματικού χρόνου έχει να κάνει με την συχνότητα ανανέωσης των πλαισίων.

3.3.2 Συμμετρική / Ασύμμετρη

Εδώ θα αναφέρουμε στο πως οι εικόνες βίντεο συμπιέζονται και αποσυμπιέζονται. Συμμετρική συμπίεση σημαίνει ότι εάν μπορεί κανείς να αναπαράγει ένα βίντεο μεγέθους (ανάλυση;) 640 x 480 και με συχνότητα ανανέωσης 30 fps, τότε μπορεί επίσης να κάνει σύλληψη και να το αποθηκεύσει με τις ίδιες τιμές. Ασύμμετρη συμπίεση σημαίνει ακριβώς το αντίθετο. Ο βαθμός ασυμμετρίας συνήθως εκφράζεται ως μια αναλογία. Για παράδειγμα, η αναλογία 150:1 σημαίνει ότι απαιτούνται 150 λεπτά ώστε να συμπιεστεί ένα λεπτό από το βίντεο.

Η ασύμμετρη συμπίεση μπορεί μερικές φορές να είναι πιο περίπλοκη και πιο αποδοτική όσον αφορά την ποιότητα και την ταχύτητα κατά την αναπαραγωγή για τον λόγο ότι χρησιμοποιείται πολύ περισσότερος χρόνος όταν συμπιέζεται το βίντεο. Τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα στην ασύμμετρη συμπίεση είναι ότι η συμπίεση αυτή απαιτεί πάρα πολύ χρόνο, και συχνά δίνεται το υλικό σε κάποια συγκεκριμένη εταιρεία ώστε να πραγματοποιήσει την συμπίεση. Αυτό σημαίνει ότι επιβαρύνεται το ερευνητικό έργο (project) με παραπάνω χρόνο και φυσικά με παραπάνω κόστος.

3.3.3 Αναλογίες συμπίεσης

Μια άλλη έννοια με τον όρο «αναλογία» θα ξαναχρησιμοποιηθεί εκεί όπου γίνεται συμπίεση ενός ψηφιακού βίντεο σήματος. Αυτή είναι η αναλογία της συμπίεσης και δεν θα πρέπει να συγχέεται με την αναλογία που αναφέρεται στην ασυμμετρία.

Η αναλογία της συμπίεσης αντιπροσωπεύει αριθμητικά τα αρχικό βίντεο σε σύγκριση με το συμπιεσμένο. Για παράδειγμα, η αναλογία 200:1 σημαίνει ότι το αρχικό βίντεο έχει την τιμή 200, σε σύγκριση με το συμπιεσμένο βίντεο που παρουσιάζεται με μια μικρότερη τιμή, και στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτή είναι 1.

Όσο πιο πολύ συμπιέζεται το βίντεο, τόσο πιο υψηλή είναι η αναλογία συμπίεσης ή αλλιώς η αριθμητική διαφορά ανάμεσα στις δύο τιμές. Γενικά, όσο πιο υψηλή είναι η αναλογία συμπίεσης τόσο πιο χαμηλή θα είναι η ποιότητα της εικόνας.

Οι αναλογίες συμπίεσης διαφέρουν όχι μόνο από μια μέθοδο συμπίεσης σε μια άλλη, αλλά και από το hardware και το software που χρησιμοποιείται από έναν υπολογιστή για να γίνει η συμπίεση (όπου μερικές φορές μπορεί να είναι αναλόγως λιγότερο αποδοτικό).

3.3.4 Μη απωλεστική / Απωλεστική

Ο παράγοντας «απώλεια» καθορίζει εάν υπάρχει απώλεια ποιότητας μεταξύ της αρχικής εικόνας και της εικόνας αφότου έχει συμπιεστεί και έχει αναπαραχθεί (αποσυμπιεσμένη).

Όσο πιο πολύ συμπιεστεί ένα σήμα τόσες πιο πολλές είναι οι πιθανότητες να επηρεαστεί και η ποιότητα του. Ουσιαστικά με όλες τις μεθόδους συμπίεσης χάνεται κατά κάποιο ποσοστό η ποιότητα όταν γίνεται συμπίεση. Ακόμα κι αν η ποιοτική διαφορά δεν είναι αξιοπρόσεχτη, τέτοιες μεθόδους συμπίεσης τις χαρακτηρίζουμε με απώλειες. Αυτή τη στιγμή, οι μόνοι χωρίς απώλειες αλγόριθμοι που υπάρχουν αφορούν την συμπίεση εικόνας. Η συμπίεση χωρίς απώλειες μπορεί συνήθως να συμπίεσει μια ρεαλιστική φωτογραφία με παράγοντα αναλογίας 2:1.

3.3.5 Διαπλαισιακή / Ενδοδιαπλαισιακή

Αυτό είναι πιθανώς το πιο ευρέως συζητημένο και αμφισβητούμενο θέμα της συμπίεσης. Η ενδοπλαισιακή μέθοδος συμπιέζει και αποθηκεύει κάθε πλαίσιο (frame) του βίντεο ως μια ξεχωριστή εικόνα. Η διαπλαισιακή συμπίεση, από την άλλη μεριά, βασίζεται στην ιδέα, ότι

παρόλο που υπάρχει κίνηση, υπάρχουν πολλές φορές στοιχεία που παραμένουν σταθερά σε πολλές σκηνές βίντεο.. άρα μεγάλη περιοχή του κάθε πλαισίου μπορεί να θεωρηθεί περιττή.

Η διαπλασιακή συμπίεση ξεκινά δημιουργώντας ένα πλαίσιο αναφοράς. Κάθε επόμενο πλαίσιο του βίντεο συγκρίνεται με το προηγούμενο και το επόμενο πλαίσιο, και μόνο η διαφορά μεταξύ αυτών των πλαισίων αποθηκεύεται. Έτσι το ποσοστό της πληροφορίας που έχει σωθεί μειώνεται σημαντικά.

3.3.6 Έλεγχος Bit Rate

Ο τελευταίος παράγοντας όσον αφορά την συμπίεση βίντεο, είναι ο έλεγχος του bit rate, ο οποίος είναι ειδικά σημαντικός για όσους χρησιμοποιούν σύστημα συμπίεσης με χαμηλό εύρος ζώνης. Ένα καλό σύστημα συμπίεσης βίντεο μπορεί να επιτρέψει στο χρήστη να μάθει μέσα από το λογισμικό ποιες παράμετροι είναι οι πιο σημαντικοί.

Σε μερικές εφαρμογές η συχνότητα ανανέωσης μπορεί να είναι ύψιστης σημασίας, ενώ το μέγεθος του κάθε πλαισίου να μην είναι. Σε άλλες εφαρμογές, μπορεί να μην μας ενδιαφέρει εάν η συχνότητα ανανέωσης μειώνεται κάτω των 15 fps, αλλά η ποιότητα αυτών των πλαισίων πρέπει να είναι πολύ καλή.

Κλείνοντας αυτήν την ενότητα θα πρέπει να αναφερθεί ότι, κάποιιοι από τους παράγοντες συμπίεσης θα αναλυθούν πιο πολύ σε επόμενες ενότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΡΧΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΒΙΝΤΕΟ

4.1 Εισαγωγικό σημείωμα

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για να προχωρήσουμε στο θέμα της συμπίεσης πρέπει να αποκτήσουμε κάποιες συγκεκριμένες θεωρητικές γνώσεις. Έτσι οι αρχές της συμπίεσης βίντεο ορίζονται ως το επόμενο βήμα και ως ένα αρκετά σημαντικό κεφάλαιο.

4.2 Ποιοτική ανοχή

Υπάρχει η αντίληψη ότι στην ψηφιακή μετάδοση για να μεταδοθεί και το πιο απαιτητικό πλαίσιο μιας σειράς κινούμενων εικόνων, θα πρέπει να υπάρχει συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Όμως στις μέρες μας, κάτω από την εμπορική πίεση που υπάρχει – λόγω κόστους – θεωρείται λογικό να δεχόμαστε κάποιο ποσοστό παραμόρφωσης σε κάποιες σπάνιες σκηνές. Αυτό βέβαια έχει ως αντάλλαγμα την χρήση των bit, που εξοικονομούνται για την αναβάθμιση του μέσου όρου ανάλυσης όλων των σκηνών.

Στην συμπίεση βίντεο αναζητείται μια χρυσή τομή (sweet spot) ανάμεσα στην ποιότητα και το εύρος ζώνης. Μια τομή, η οποία πολλές φορές βασίζεται σε υποκειμενικές μετρήσεις που γίνονται σε άτομα που θεωρούνται ικανά «δείγματα» για να εκτιμήσουν μια κινούμενη εικόνα. Η μέθοδος και το ποσοστό της συμπίεσης θεωρούνται αποδεκτά και τυποποιούνται αν θεωρηθούν ανεκτές οι ατέλειες (artifacts) της εικόνας μετά από την συμπίεση. Αυτό ισχύει και για τον ήχο.

Γνωρίζουμε ότι ο ήχος έχει την δυνατότητα συμπίεσης σε μεγάλα ποσοστά και χωρίς να γίνεται πάντα αισθητή η μείωση της ποιότητας του. Αυτό βέβαια δεν έχει να κάνει με την εικόνα. Εδώ η κατάσταση είναι λίγο πιο δύσκολη και οι όποιες ατέλειες υπάρχουν και είναι ορατές, απλά γίνεται προσπάθεια να μην είναι ενοχλητικές από τον θεατή.

4.3 Τμηματική πρόβλεψη κίνησης

Η τμηματική πρόβλεψη κίνησης είναι ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να περιγράψουμε πιο αποτελεσματικά εικόνες με κίνηση. Με την βοήθεια αυτής της μεθόδου μπορούμε να εκτελέσουμε τη διαπλασιακή κωδικοποίηση και να περιγράψουμε την αλληλουχία εικόνων ως μια σειρά ομοιοτήτων και διαφορών.

Αντί να κωδικοποιήσουμε ανεξάρτητα δύο πλαίσια μπορούμε να περιγράψουμε τη δεύτερη εικόνα χωρίζοντας την σε ίσα τμήματα και στην συνέχεια να φτιάξουμε ένα πίνακα που να περιέχει τα τμήματα που παρέμειναν ίδια και διανύσματα που να δείχνουν τη νέα θέση

των τμημάτων που άλλαξαν θέση. Έτσι στην περίπτωση που έχουμε ήδη αποστείλει την πρώτη εικόνα μπορούμε να στείλουμε τη δεύτερη σαν ένα πίνακα για παράδειγμα είκοσι διανυσμάτων και ορισμένων σταθερών τμημάτων, που προφανώς έχει πολύ μικρότερο μέγεθος.

4.4 Πλεονασμός

Όλες οι μέθοδοι ψηφιακής συμπίεσης στηρίζονται πάνω σε μια βασική αρχή. Αυτή η αρχή αναφέρεται στο γεγονός ότι το σήμα εμπεριέχει ένα ποσοστό πλεονασμού (redundancy). Ο όρος αυτός αντιπροσωπεύει την πληροφορία που είτε μπορεί να παραληφθεί, είτε να κωδικοποιηθεί με λιγότερη ακρίβεια, χωρίς αυτό να επιδρά στο τελικό αποτέλεσμα. Παρακάτω θα αναλυθούν τα δύο είδη πλεονασμών.

4.4.1 Στατικός πλεονασμός

Επειδή οι τιμές των δειγμάτων μιας εικόνας σε μεγάλο ποσοστό σχετίζονται μεταξύ τους, το επίπεδο του σήματος μπορεί σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή να προϋπολογιστεί από την προηγούμενη τιμή του. Αυτό μπορούμε να το επαληθεύσουμε και εποπτικά π.χ. σε μία εικόνα του δελτίου ειδήσεων ένα μεγάλο κομμάτι της εικόνας (φόντο) παραμένει αμετάβλητο και μόνο το κομμάτι της εικόνας που καταλαμβάνει ο παρουσιαστής μεταβάλλεται ελαφρά. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε ένα τμήμα της εικόνας από μία προηγούμενη και να προσθέσουμε απλά τις διαφορές που έχουν προκύψει χωρίς να χρειάζεται να κωδικοποιούμε σε κάθε πλαίσιο (frame) την πλεονάζουσα πληροφορία.

4.4.2 Υποκειμενικός πλεονασμός

Το ανθρώπινο μάτι - ανάλογα με το περιεχόμενο της εικόνας - μπορεί να ανεχτεί ένα ποσοστό παραμόρφωσης ή αλλοίωσης ορισμένων παραμέτρων της εικόνας χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι η ανθρώπινη όραση είναι γενικά πολύ πιο ευαίσθητη στη φωτεινότητα παρά στα χρώματα.

Άρα μπορούμε να αφιερώσουμε λιγότερο από το διαθέσιμο bandwidth κατά την περιγραφή των χρωμάτων και γενικά της πλεονάζουσας πληροφορίας και φυσικά έχοντας σκοπό να περάσει απαρατήρητο από το θεατή. Ο υποκειμενικός πλεονασμός και οι ιδιαιτερότητες της ανθρώπινης όρασης έχουν αξιοποιηθεί εδώ και δεκαετίες στην αναλογική τηλεόραση, αλλά τώρα εφαρμόζονται και στην ψηφιακή μετάδοση.

4.5 Είδη πλαισίων

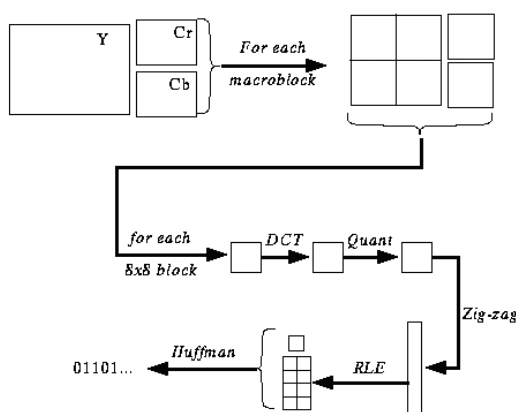
Σε αυτές τις έννοιες αναφερθήκαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σ' αυτήν την ενότητα όμως θα αναλυθούν λεπτομερώς. Οι παρακάτω, είναι δύο βασικές προσεγγίσεις στην

κωδικοποίηση της κινούμενης εικόνας. Η πρώτη είναι βασισμένη στη μέθοδο συμπίεσης ακίνητης εικόνας JPEG και η δεύτερη στην τμηματική πρόβλεψη κίνησης (block motion compensation).

4.5.1 Ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση

Η συμπίεση βίντεο στην πιο πρωτόγονη μορφή της δεν αποτελεί τίποτα άλλο από τη διαδοχική εφαρμογή αλγορίθμων κωδικοποίησης στατικής εικόνας σε κάθε πλαίσιο (frame). Αυτή η προσέγγιση λέγεται ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση (intraframe coding) και δεν έχει τόσο καλά αποτελέσματα γιατί δεν λαμβάνει υπόψη της την χρονική περίσσια (temporal redundancy).

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση το κάθε πλαίσιο αντιμετωπίζεται σαν αυτόνομη μονάδα και κωδικοποιείται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα. Έτσι το τελικό σήμα είναι μία σειρά από διακριτές ακίνητες εικόνες. Σε αντίθεση, οι διαπλαισιακές τεχνικές (interframe coding) προσπαθούν να απαλείψουν αυτή τη χρονική περίσσια που εμφανίζεται εξαιτίας της ομοιότητας που συναντάμε στα διαδοχικά πλαίσια.



Σχήμα 4.1: ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση

4.5.2 Διαπλαισιακή κωδικοποίηση

Στην συγκεκριμένη κωδικοποίηση, κωδικοποιούνται οι τυχόν διαφορές μεταξύ των πλαισίων αφού πρώτα έχουν ληφθεί υπόψη οι πιθανές ομοιότητες τους. Έτσι στο τελικό σήμα υπάρχει μία εξάρτηση μεταξύ των πλαισίων αφού για να αποκωδικοποιηθεί κάποιο πιθανώς να χρειαστεί να ληφθούν πληροφορίες και από κάποιο άλλο (προηγούμενο ή επόμενο). Με αυτό τον τρόπο η συμπίεση που πραγματοποιείται είναι πολύ μεγαλύτερη, εφόσον μόνο οι διαφορές μεταξύ των πλαισίων κωδικοποιούνται. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι πλαισίων:

Τα I-πλαίσια (intracoded frames), τα οποία είναι αυτόνομα κωδικοποιημένα frames, τα P-πλαίσια (predictive frames), τα οποία είναι κωδικοποιημένα με βάση την προβλεπτική κωδικοποίηση και τα B-πλαίσια (intercoded frames). Τα τελευταία, είναι τα παρεμβαλλόμενα (Interpolation) frames ανάμεσα στα P και I frames. Για να γίνουν όλα τα παραπάνω πιο κατανοητά, η παρακάτω ανάλυση "απαιτείται".

I (Intra frames)

Αυτά τα πλαίσια χρησιμοποιούν την ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση. Τα πλαίσια τύπου I είναι τα μόνα που είναι κωδικοποιημένα στο σύνολό τους και η αποκωδικοποίηση είναι ανεξάρτητη (μπορεί να γίνει χωρίς αναφορά σε κάποιο άλλο). Αποτελούν σημεία αναφοράς κατά την τυχαία προσπέλαση ενός σήματος. Άρα επειδή η παρουσία τους είναι απαραίτητη σαν σημείο χρονικής αναφοράς αλλά και για να αποφευχθεί η διάδοση των σφαλμάτων που δημιουργούν τα P πλαίσια, επιβάλλεται να μεταδίδονται ανά τακτά χρονικά πλαίσια. Έτσι υπάρχει ένα I πλαίσιο τουλάχιστον κάθε 15 πλαίσια. Εάν για παράδειγμα η συχνότητα είναι 30 Hz, τότε θα μεταδίδονται δύο φορές το δευτερόλεπτο. Η διαδικασία της κωδικοποίησης ενός I πλαισίου βασίζεται στη λογική του προτύπου JPEG. Σε αυτή την περίπτωση η εικόνα χωρίζεται σε macroblocks και για κάθε block ξεχωριστά εφαρμόζεται ο DCT μετασχηματισμός, Κβαντοποίηση, Zig-Zag Scanning, και οι κωδικοποιήσεις Run-Length-Encoding και Huffman Encoding.

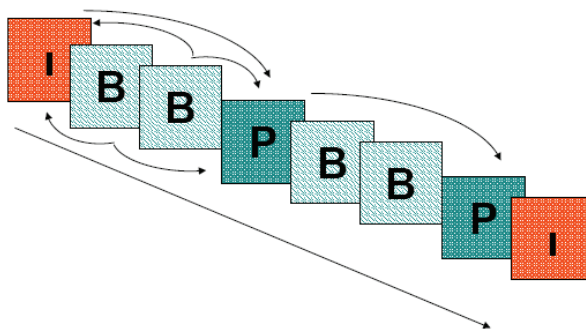
P (Predicted frames)

Τα πλαίσια τύπου P είναι βασισμένα σε ένα προηγούμενο I ή P πλαίσιο. Με τη βοήθεια του motion compensation προβλέπουν τη νέα θέση όποιων macroblocks έχουν απλά μετακινηθεί και κωδικοποιούν τον αριθμό του macroblock, ένα διάνυσμα κίνησης και τη διαφορά (σφάλμα πρόβλεψης). Με τη σειρά τους μπορούν να αποτελέσουν και αυτά σημείο αναφοράς για επόμενα πλαίσια και αυτός είναι και ο λόγος που συμβάλλουν στην εισαγωγή και διάδοση σφαλμάτων, αφού η διαδικασία της πρόβλεψης κίνησης δεν μπορεί να είναι 100% ακριβής. Δεν έχουν το μέγεθος των I πλαισίων γιατί δεν έχουν περιγραφεί με την ίδια ακρίβεια, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συμπίεσης. Η διαδικασία λοιπόν της κωδικοποίησης τους περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: σύγκριση macroblocks του τρέχοντος πλαισίου με αυτά του προηγούμενου και εύρεση της βέλτιστης ομοιότητας (motion estimation), δημιουργία motion vector, και υπολογισμός των διαφορών πρόβλεψης (motion compensation) μετασχηματισμός DCT των διαφορών σε κάθε block του νέου macroblock, κβαντοποίηση, την κωδικοποίηση Run-Length-Encoding και το αποτέλεσμα κωδικοποιείται με κωδικοποίηση Huffman, όπως και στα I πλαίσια.

B (Bi-directional frames)

Τα πλαίσια τύπου B είναι πλαίσια που δημιουργούνται λαμβάνοντας το μέσο όρο σε επίπεδο macroblock ενός προηγούμενου και ενός επόμενου πλαισίου I και P (ένα από το κάθε είδος). Δε συντελούν τόσο πολύ στη διάδοση των σφαλμάτων γιατί δεν χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς και επιπλέον μειώνουν σημαντικά το σφάλμα παίρνοντας το μέσο όρο από δύο πλαίσια. Μπορούμε να πούμε ότι ο 'κύκλος της ζωής' τους περιορίζεται μόνο σε αυτά και δεν επεκτείνεται με το να κληροδοτούν πληροφορίες σε άλλα πλαίσια, κάτι που πολλές φορές σε συνδυασμό και με την υπολογιστική πολυπλοκότητα που απαιτούν για την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση τα κάνει μη επιθυμητά από τους κατασκευαστές.

Η διαδικασία της κωδικοποίησης περιλαμβάνει συνδυασμό των αντίστοιχων macroblocks που παρουσιάζουν μικρές διαφορές με τα αντίστοιχα των πλαισίων αναφοράς (προηγούμενο και επόμενο) δηλαδή αφαίρεση του μέσου όρου των άλλων δύο από το τρέχον πλαίσιο, συνδυασμό των διανυσμάτων κίνησης των πλαισίων αναφοράς (που συνδυάζονται όπως και τα αντίστοιχα macroblocks, δηλαδή λαμβάνεται ο μέσος όρος τους) και στη συνέχεια την ίδια διαδικασία με τα I και P πλαίσια για την κωδικοποίηση του macroblock που προκύπτει.



Σχήμα 4.2: διαπλαισιακή κωδικοποίηση

4.6 Κβαντοποίηση

Η κβαντοποίηση είναι η μέθοδος που μας βοηθάει να απαλλαγούμε από ένα σημαντικό μέρος της πληροφορίας. Με τον όρο κβαντοποίηση γενικά εννοούμε τη μετατροπή ενός σήματος άπειρων (η πάρα πολλών) τιμών σε ένα σήμα ορισμένων διακριτών τιμών. Για παράδειγμα η κβαντοποίηση μιας εικόνας που περιέχει εκατομμύρια χρώματα οδηγεί σε μία εικόνα που έχει 256 διαφορετικές τιμές για το χρώμα (πρότυπο JPEG).

Με άλλα λόγια κβαντοποίηση είναι ο περιορισμός των bits με τα οποία περιγράφουμε τα δείγματα του σήματος (προφανώς το 256 έχει πολύ λιγότερα bits από τους τεράστιους αριθμούς με τους οποίους έπρεπε να περιγράψουμε τα δείγματά μας αν δεν γινόταν κβαντοποίηση). Αναλυτικά η κβαντοποίηση θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

5.1 Κωδικοποίηση χρώματος

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε την ανάπτυξη και την χρήση τριών βασικών σχημάτων – μορφοποίησης – κωδικοποίησης έγχρωμου σήματος βίντεο. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά.

Component: μεταφέρει τρεις διαφορετικές συνιστώσες χρώματος.

Y/C: αποτελεί μια σύνθεση σημάτων χρώματος σε ένα (φωτεινότητα-Y-), στο σήμα C γίνεται μεγαλύτερη συμπίεση, έχοντας ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ποιότητα σήματος.

Composite: τα σήματα Y & C γίνονται ένα, με μεγαλύτερη συμπίεση αλλά με χαμηλότερη ποιότητα.

Κάθε χρώμα αναπαρίσταται ως συνδυασμός τριών βασικών χρωμάτων. Σε ένα βίντεο που προσδιορίζεται για μετάδοση, επιλέγεται ώστε η μια συνιστώσα να είναι η φωτεινότητα και οι άλλες δύο να αποτελούν τις χρωματικές συνιστώσες. Η φωτεινότητα είναι ένα υποκειμενικό μέγεθος που περιγράφει το πόσο φωτεινό φαίνεται ένα αντικείμενο ως προς την εκπομπή και την αντανάκλαση του φωτός. Οι χρωματικές συνιστώσες, αναφέρονται στην φασματική περιγραφή; του χρώματος. Οι συνιστώσες αυτές είναι δυνατόν να μεταδίδονται με μικρότερη ακρίβεια.

5.2 Μοντέλα χρωμάτων

Τα χρώματα είναι μια κωδικοποίηση του ανθρώπινου νευρικού συστήματος για να διακρίνει τα μήκη κύματος του φωτός που προσπίπτουν στο αισθητήριο όργανο της όρασης.

Τα βασικά χρώματα που χρησιμοποιούμε για τη σύνθεση των χρωμάτων δεν είναι ίδια σε όλες τις εφαρμογές. Οι διαφορές βασίζονται στον τρόπο που παράγεται το φως που φτάνει στο μάτι αλλά και στο επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα. Το φως που βλέπουμε μπορεί να προέρχεται από απευθείας εκπομπή, από απορρόφηση που οφείλεται σε ανάκλαση ή από απορρόφηση καθώς αυτό διέρχεται μέσα από ημιδιαφανή χρωματιστά υλικά.

Για να δημιουργηθεί χρωματικό αποτέλεσμα κατά την εκπομπή του φωτός τα μήκη κύματος «αθροίζονται» ενώ κατά την απορρόφηση του φωτός από τα υλικά για να δημιουργηθεί χρωματικό αποτέλεσμα, τα μήκη κύματος «αφαιρούνται». Παράλληλα με όλα αυτά, η αντίληψη του φωτός από τον άνθρωπο δημιουργεί περαιτέρω χαρακτηριστικά για το εκλαμβανόμενο φως, όπως η λαμπρότητα, η απόχρωση και η χρωματική καθαρότητα.

Όλα τα παραπάνω προαναφέρθηκαν για τον εξής λόγο. Η αίσθηση του χρώματος

είναι μια πολύπλοκη ανθρώπινη διαδικασία. Έτσι, ανάλογα με την εφαρμογή και το οπτικό αποτέλεσμα που επιθυμούμε, η δημιουργία των χρωμάτων βασίζεται στα λεγόμενα χρωματικά μοντέλα. Κάθε ένα από αυτά χρησιμοποιεί συγκεκριμένα βασικά χρώματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι σπάνια δυο εφαρμογές έχουν το ίδιο χρωματικό αποτέλεσμα, ακόμα και στην περίπτωση που χρησιμοποιούν ίδιο χρωματικό μοντέλο.

Στις μέρες μας χρησιμοποιούμε συσκευές που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο απεικονίζουν χρώματα. Μέσα από την ανάγκη για απεικόνιση των χρωμάτων, δημιουργήθηκε η ανάγκη ταξινόμησης τους σε ομάδες και η ταυτοποίηση τους με την βοήθεια κάποιου χρωματικού μοντέλου.

Ένα χρωματικό μοντέλο είναι στην ουσία ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε μαθηματικό σημείο αυτού του τρισδιάστατου χώρου αντιστοιχεί σε ένα και μόνο χρώμα. Το χρωματικό μοντέλο λοιπόν ορίζει κατά μοναδικό τρόπο όλα τα χρώματα. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε τρεις μοναδικές συντεταγμένες του τρισδιάστατου χώρου του χρωματικού μοντέλου. Βέβαια από μόνες τους οι συντεταγμένες αυτές δεν έχουν καμία αξία αν δεν γνωρίζουμε σε ποιο χρωματικό μοντέλο αναφέρονται.

Σε κάθε χρωματικό χώρο κάθε μια από τις τρεις συντεταγμένες αντιστοιχεί σε κάποιο χαρακτηριστικό-ιδιότητα του χρώματος. Το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί να είναι π.χ. ένα συγκεκριμένο χρώμα, φωτεινότητα, απόχρωση, κ.τ.λ. Με άλλα λόγια οι τρεις συντεταγμένες που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα, δηλώνουν ουσιαστικά τις τιμές που έχουν οι ιδιότητες-χαρακτηριστικά για το συγκεκριμένο χρώμα. Τα σημαντικότερα χρωματικά μοντέλα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρωματικά Μοντέλα
Μοντέλο RGB
Μοντέλο CMYK
Μοντέλο YIQ
Μοντέλο CIE-XYZ
Μοντέλο CIELAB
Μοντέλο HSV
Μοντέλο HLS
Μοντέλο HSI
Μοντέλο YCbCr
Μοντέλο YUV

Πίνακας 5.1: μοντέλα χρωμάτων

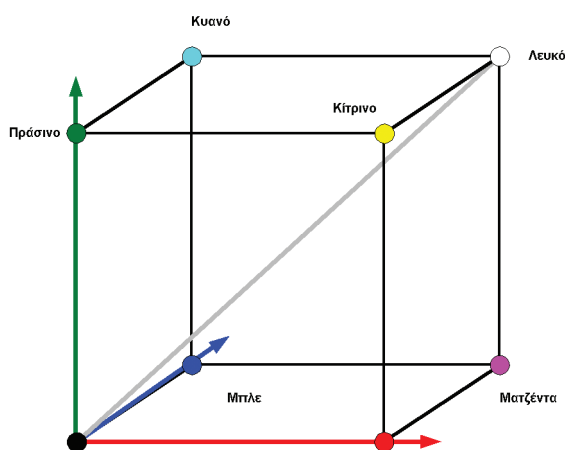
Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθούν κάποια συγκεκριμένα χρωματικά μοντέλα, τα οποία αφορούν την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

5.2.1 Μοντέλο RGB

Το χρωματικό μοντέλο RGB εκφράζει το κάθε χρώμα συναρτήσει των τριών βασικών χρωμάτων, δηλαδή του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε. Τα τρία βασικά χρώματα έχουν επιλεγεί ως οι ιδιότητες του χρωματικού χώρου. Το RGB μοντέλο βασίζεται στον τρόπο με

τον οποίο το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται τα χρώματα. Είναι ένα χρωματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται κυρίως στις οθόνες των υπολογιστών.

Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων και αναπαρίστανται από έναν κύβο, όπου στις τρεις γωνίες του - άξονες του συστήματος - βρίσκονται τα τρία βασικά χρώματα. Στις άλλες τρεις γωνίες του κύβου βρίσκονται τα τρία δευτερεύοντα χρώματα (κυανό, ματζέντα, κίτρινο) ενώ το μαύρο είναι στην αρχή των αξόνων και το άσπρο στην απέναντι κορυφή. Η ευθεία που ενώνει την κορυφή του μαύρου με την κορυφή του άσπρου αποτελείται από ένα σύνολο τιμών που εκφράζουν τα επίπεδα του γκρι. Κάθε χρώμα λοιπόν ορίζεται σαν ένα ο συνδυασμό των τριών βασικών χρωμάτων και εκφράζεται από τρεις συντεταγμένες που αντιστοιχούν σε ένα μοναδικό σημείο στο χρωματικό χώρο του μοντέλου RGB.



Σχήμα 5.1: σύστημα συντεταγμένων RGB

Μια έγχρωμη εικόνα που απεικονίζεται στην οθόνη ενός υπολογιστή και η οποία και βασίζεται στο RGB μοντέλο, αποτελείται από τρία ανεξάρτητα επίπεδα, ένα για κάθε βασικό χρώμα. Τα τρία αυτά επίπεδα όταν τροφοδοτηθούν στην οθόνη συνδυάζονται πάνω στην φωσφορίζουσα επιφάνεια και παράγουν μια σύνθετη έγχρωμη εικόνα. Η οθόνη του υπολογιστή είναι μαύρη -όπως μαύρη είναι και η αρχή των αξόνων του RGB μοντέλου. Ξεκινώντας λοιπόν από το μαύρο και με κατάλληλες ποσότητες κόκκινου, πράσινου και μπλε παίρνουμε όλα α χρώματα. Βέβαια μια εικόνα πρέπει να είναι σε ψηφιακή μορφή προκειμένου να την επεξεργαστεί ο υπολογιστής. Συνήθως επιλέγεται το RGB μοντέλο 8 bit, όπου κάθε άξονας του χρωματικού χώρου χωρίζεται σε $2^8=256$ αποχρώσεις. Σε αυτή την περίπτωση κάθε pixel της εικόνας θα έχει τρεις τιμές που κάθεμια κυμαίνεται από 0 έως 255.

5.2.2 Μοντέλο YIQ

Το χρωματικό μοντέλο YIQ είναι το πρώτο χρωματικό μοντέλο το οποίο προσομοιώνει το ανθρώπινο σύστημα όρασης. Γνωρίζουμε και έχει προαναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη στις μεταβολές της φωτεινότητας σε σχέση με τις μεταβολές της απόχρωσης και της χρωματικής καθαρότητας.

Γύρω στο 1950 οι κατασκευαστές έγχρωμων τηλεοράσεων κωδικοποίησαν ξεχωριστά, τις συνιστώσες φωτεινότητα και απόχρωση. Ουσιαστικά επανακωδικοποίησαν το χρωματικό μοντέλο RGB, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα της μετάδοσης της εικόνας στην έγχρωμη τηλεόραση. Οι άξονες του YIQ χρωματικού χώρου επιλέχθηκαν εμπειρικά με βάση κάποια πειράματα τα οποία βασίζονταν στην όραση. Έτσι το χρωματικό αυτό μοντέλο αποτελείται από τρεις συνιστώσες, Y, I και Q. Η Y αντιστοιχεί στη φωτεινότητα (luminance) του χρώματος και δίνει μια μέτρηση του ποσού της ενέργειας που λαμβάνει ο παρατηρητής (η φωτεινότητα μετριέται σε lumens). Οι άλλες δύο συνιστώσες, I (απόχρωση) και Q (χρωματική καθαρότητα) είναι τα σήματα τα οποία χονδρικά αντιστοιχούν στο κόκκινο -κυανό και πράσινο – και στη ματζέντα αντίστοιχα. Το μοντέλο YIQ προκύπτει από το RGB με έναν απλό μετασχηματισμό πινάκων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνδυασμοί αυτοί.

Στην ουσία δηλαδή ο χρωματικός χώρος του YIQ είναι ο χρωματικός χώρος του RGB (ένας κύβος) ο οποίος περιστρέφεται υπό ορισμένες γωνίες ως προς ορισμένους άξονες. Κατά την μετάδοση ενός τηλεοπτικού σήματος η παράμετρος Y καταλαμβάνει το 65% του εύρους ζώνης, 25% το κόκκινο - κυανό και 10% το πράσινο -ματζέντα. Αυτό το χρωματικό μοντέλο εξασφαλίζει συμβατότητα και με ασπρόμαυρες τηλεοράσεις και αυτό συμβαίνει διότι οι ασπρόμαυρες τηλεοράσεις χρησιμοποιούν μόνο τον παράγοντα Y για την απεικόνιση της εικόνας που εκπέμπεται. Ο παράγοντας Y είναι αυτός που περιέχει την πληροφορία της φωτεινότητας μιας εικόνας, βάση της οποίας μπορεί να απεικονιστεί το τηλεοπτικό σήμα σε μια ασπρόμαυρη τηλεόραση. Άρα η συνιστώσα της φωτεινότητας του χρωματικού μοντέλου YIQ είναι πολύ πιο κοντά στο ανθρώπινο μάτι από ότι του HSV.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι η επεξεργασία της φωτεινότητας μπορεί να γίνει και χωρίς την αντίστοιχη μεταβολή του χρώματος. Το μοντέλο YIQ είναι ιδανικό για την εξισορρόπηση του ιστογράμματος, για το λόγο ότι το χρώμα παραμένει ανεπηρέαστο.

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$

$$I = 0,596R - 0,275G - 0,321B$$

$$Q = 0,212R - 0,523G + 0,311B$$

ή προσεγγιστικά:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

5.2.3 Μοντέλο YCbCr

Το χρωματικό αυτό μοντέλο χρησιμοποιείται συνήθως στη συμπίεση της εικόνας και του βίντεο. Ο όρος Y, συμβολίζει τη φωτεινότητα, ενώ τα Cb και Cr είναι τα συστατικά

του χρώματος. Ο μετασχηματισμός που προκύπτει από το χρωματικό μοντέλο RGB είναι ο ακόλουθος :

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

5.2.4 Μοντέλο YUV

Στο χρωματικό μοντέλο YUV, ο όρος Y αναπαριστά την φωτεινότητα και τα χρωματικά συστατικά «περιέχονται» στα U και V. Κατά κόρον χρησιμοποιείται στη μετάδοση τηλεοπτικού σήματος PAL συστήματος. Ο αντίστοιχος μετασχηματισμός είναι ο ακόλουθος :

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.148 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Ο παραπάνω πίνακας περιγράφει αριθμητικά τον τρόπο που μοιράζονται τα bits της πληροφορίας σε κάθε ομάδα pixels.

Θα υπενθυμίσουμε για ακόμη μια φορά ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι πιο ευαίσθητος στην φωτεινότητα παρά στο χρώμα. Σύμφωνα λοιπόν με τη μέθοδο YUV, δίνεται προτεραιότητα στην απόδοση της σωστής φωτεινότητας και λιγότερο στο χρώμα. Συγκεκριμένα, το “Y” αποδίδει την φωτεινότητα (luminance), ενώ τα άλλα δύο (U, γνωστό και ως Cr, και το V, γνωστό και ως Cb), αποδίδουν την χρωματική πληροφορία.

Το αυθεντικό YUV λέγεται και 4:2:2, καθώς για κάθε ομάδα των 4 pixels, η απόδοση της φωτεινότητας γίνεται και στα 4 pixels, ενώ του χρώματος μόνο στα 2. Έτσι η ποιότητα δε μειώνεται σε αισθητό επίπεδο, ενώ από την άλλη εξοικονομούνται 30% bits σε σχέση με το RGB. Υπάρχουν αρκετές τροποποιήσεις του YUV, η σημαντικότερη από τις οποίες είναι η YV12 (4:2:0). Ακόμη είναι αρκετά γρηγορότερο κατά την κωδικοποίηση καθώς και κατά την αναπαραγωγή. Το μόνο ενδεχομένως αρνητικό σημείο είναι ότι πρέπει να υποστηρίζεται από την κάρτα γραφικών για την αναπαραγωγή. Ωστόσο είναι αρκετά διαδεδομένο και σχεδόν καμία κάρτα πλέον δεν είναι ασύμβατη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

6.1 Εισαγωγικό σημείωμα

Για να ψηφιοποιηθεί ένα σήμα από αναλογικό σε ψηφιακό, χρειάζονται τρία βήματα. Πρώτα γίνεται η δειγματοληψία του σήματος. Αυτό σημαίνει ότι από το άπειρο πλήθος τιμών του συνεχούς σήματος κρατάμε μόνο ένα σύνολο διακριτών τιμών, που συνήθως διαφέρουν κατά κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα. Τα άλλα δύο βήματα είναι η κβαντοποίηση και η κωδικοποίηση του σήματος και θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια αναλυτικά.

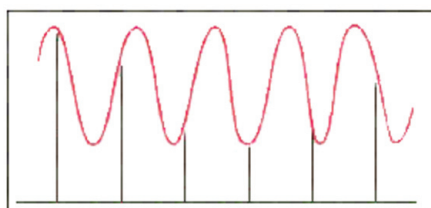
Γυρίζοντας πάλι στο θέμα της δειγματοληψίας, θα αναφερθούμε αρχικά στις τιμές ενός αναλογικού σήματος. Ένα αναλογικό σήμα μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή μέσα από το πεδίο των τιμών του, και εφόσον το πεδίο αυτό είναι γενικά συνεχές, οι τιμές αυτές θα είναι άπειρες.

Για να αναλυθεί πιο λεπτομερειακά το θέμα της δειγματοληψίας ας θεωρήσουμε αυτήν την ενότητα ως μια μικρή εισαγωγή. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούμε στο θεώρημα Nyquist. Το θεώρημα αυτό αποτελεί βασικό κανόνα για την δειγματοληψία οποιουδήποτε αναλογικού σήματος.

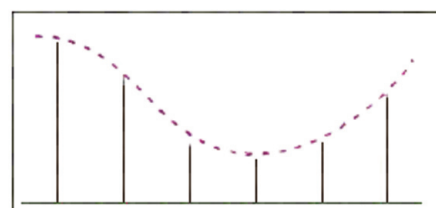
6.2 Θεώρημα Nyquist

Σύμφωνα με την μέθοδο της δειγματοληψίας, για να πάρουμε κάποια δείγματα από το αναλογικό βίντεο, «χρησιμοποιούμε» μια προκαθορισμένη συχνότητα. Η συχνότητα λοιπόν αυτή θα πρέπει να ικανοποιεί το θεώρημα Nyquist.

Το θεώρημα αυτό βασίζεται στον κανόνα ότι για την μετατροπή ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό του οποίου η υψηλότερη συχνότητα είναι x Hertz, τότε για την συχνότητα δειγματοληψίας απαιτεί τουλάχιστον $2x$ Hertz. Σε περίπτωση που δεν συμβεί αυτός ο διπλασιασμός της συχνότητας, τότε θα παρατηρηθεί το φαινόμενο aliasing.



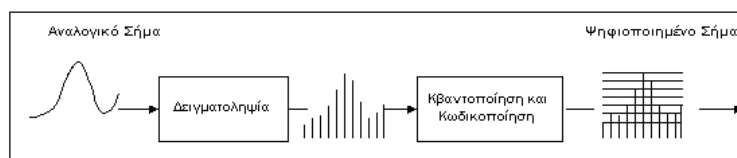
Σχήμα 6.1: σωστή δειγματοληψία



Σχήμα 6.2: λάθος δειγματοληψία

6.3 Δειγματοληψία βίντεο σήματος και όγκος δεδομένων

Το αναλογικό βίντεο είναι ένα σήμα του οποίου η οργάνωση μπορεί να θεωρηθεί ότι εκτείνεται προς τρεις διαστάσεις. Οριζόντια, κάθετα και χρονικά. **Οριζόντια:** το αναλογικό σήμα μεταφέροντας την πληροφορία φωτεινότητας και χρώματος σαρώνει μια οριζόντια γραμμή στην οθόνη. **Κάθετα:** γίνεται σάρωση του σήματος σε οριζόντιες γραμμές, η μία κάτω από την άλλη. **Χρονικά:** το σήμα οργανώνεται σε διαδοχικά πλαίσια (frames), με σκοπό την δημιουργία της αίσθησης της κίνησης.



Σχήμα 6.3: Ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος

Η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να ορίζεται με τρόπο ώστε να πληρεί κάποιες βασικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, τα δείγματα πρέπει να βρίσκονται σε απόλυτη στοίχιση στην κάθετη διάσταση. Η απόσταση μεταξύ των δειγμάτων πρέπει να είναι ίδια και στην οριζόντια αλλά και στην κάθετη διάσταση. Επίσης, η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να παραμένει ίδια στα διάφορα συστήματα αναλογικού βίντεο.

Υπάρχουν τρία βασικά μεγέθη που μπορούν και επηρεάζουν τον όγκο των ψηφιακών δεδομένων που θα παραχθούν. Αυτά είναι η **ανάλυση της εικόνας**, το **βάθος χρώματος** και ο **αριθμός των πλαισίων**.

Σαν συμπέρασμα από αυτό το κεφάλαιο μπορούμε να ορίσουμε ότι ο βασικός ρόλος της δειγματοληψίας είναι να μειώσει τη διάσταση του βίντεο στην οριζόντια ή κάθετη διεύθυνση και ουσιαστικά τον αριθμό των pixels που θα κωδικοποιηθούν πριν την διαδικασία της κωδικοποίησης. Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι για μερικές εφαρμογές το βίντεο δειγματοληψιέται και κατά την χρονική διεύθυνση για να μειωθεί ο λόγος των πλαισίων πριν την κωδικοποίηση. Στο λήπτη οι αποκωδικοποιημένες εικόνες παρεμβάλλονται για προβολή. Αυτή η τεχνική μπορεί να θεωρηθεί σαν μία από τις βασικότερες τεχνικές συμπίεσης ή οποία χρησιμοποιεί συγκεκριμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου ματιού και έτσι αφαιρεί τον υποκειμενικό πλεονασμό που περιέχεται στα δεδομένα του βίντεο. Για παράδειγμα αναφέρουμε ότι το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο στις αλλαγές της φωτεινότητας από ότι στις χρωματικές αλλαγές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ

7.1 Έννοια της κβαντοποίησης

Όπως και με άλλες έννοιες, έτσι και με την κβαντοποίηση, έγινε αναφορά και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Το κεφάλαιο όμως αυτό αναφέρεται αποκλειστικά στην κβαντοποίηση. Εδώ θα αναλυθεί η διαδικασία της κβαντοποίησης λεπτομερώς.

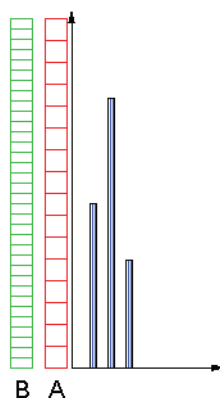
Η κβαντοποίηση είναι η μετατροπή ενός μεγέθους από συνεχές σε ψηφιακό, δηλαδή σε κάτι που μετρείται σε διακριτά βήματα (τα κβάντα) και όχι με συνεχή τρόπο.

Για να γίνει το παραπάνω πιο κατανοητό, θα πρέπει να πούμε ότι η κβαντοποίηση είναι η διαδικασία που μετατρέπει ένα σήμα από το χώρο των συνεχών τιμών στο χώρο των διακριτών.

Αυτό πραγματοποιείται με το να υποδιαιρεθεί το εύρος τιμών του συνεχούς σήματος σε συγκεκριμένα επίπεδα και σε κάθε επίπεδο να εκχωρείται ένας ψηφιακός κωδικός.

Το “μέτρο” με το οποίο μετράμε και εκχωρούμε τιμές στα δείγματα που ψηφιοποιούνται, ονομάζεται μέγεθος δείγματος. Ένα μέτρο λίγων επιπέδων κβάντωσης (δηλ. μικρός αριθμός bit μνήμης, πχ. έστω 8 bit ανά δείγμα = 256 επίπεδα μέτρησης) αναγκάζει τις τιμές των δειγμάτων να προσαρμοστούν σε κάποια από αυτά τα 256 επίπεδα χάνοντας κάτι από την αρχική πληροφορία (κλίμακα Α).

Αντίθετα ένα περισσότερο αναλυτικό μέτρο (πχ. μέγεθος δείγματος 16 bit = 65536 στάθμες) προσεγγίζει ακριβέστερα την τιμή των ψηφιοποιούμενων δειγμάτων (κλίμακα Β). Κάθε δείγμα που δημιουργήθηκε στη φάση της δειγματοληψίας θα αντιστοιχηθεί σε ένα από τα διαθέσιμα επίπεδα κβαντοποίησης. Η διαδικασία αυτή με την οποία το πλάτος του κάθε δείγματος αντιστοιχίζεται σε ένα δυαδικό αριθμό λέγεται κωδικοποίηση. Με την κωδικοποίηση θα ασχοληθούμε στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 7.1: κβαντοποίηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

8.1 Σκοπός κωδικοποίησης / Διαδικασία

Συνδυάζοντας τις διαδικασίες δειγματοληψίας και κβαντοποίησης, ένα συνεχές σήμα βασικής ζώνης περιορίζεται σε ένα διακριτό σύνολο τιμών. Για να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα δειγματοληψίας και κβαντοποίησης απαιτείται η χρησιμοποίησης μίας διαδικασίας κωδικοποίησης (encoding process) για τη μετατροπή του διακριτού συνόλου των τιμών των δειγμάτων σε μια πιο κατάλληλη μορφή. Κάθε σχέδιο για την αναπαράσταση καθενός από αυτά τα διακριτά σύνολα τιμών σαν μια ιδιαίτερη διάταξη διακριτών γεγονότων ονομάζεται κώδικας (code).

Ένα από τα διακριτά γεγονότα σε ένα κώδικα ονομάζεται στοιχείο του κώδικα (code element) ή σύμβολο (symbol). Για παράδειγμα η παρουσία ή η απουσία ενός παλμού είναι ένα σύμβολο. Μια ιδιαίτερη διάταξη συμβόλων, που χρησιμοποιείται σε ένα κώδικα, για την παράσταση μίας μόνο τιμής του διακριτού συνόλου ονομάζεται κωδική λέξη (codeword) ή χαρακτήρας (character).

8.2 Προσαρμοστική Κωδικοποίηση

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν δύο είδη κωδικοποίησης, ενδοπλαισιακή (intraframe) και διαπλαισιακή (interframe). Επίσης είναι δεδομένο ότι επιβάλλεται η μετάδοση ενός I πλαισίου κάθε 15 πλαίσια. Πέρα από αυτό όμως οι απαιτήσεις της εικόνας μπορεί να απαιτούν περισσότερα ή ακόμα και λιγότερα, δηλαδή μπορεί η εικόνα να περιλαμβάνει γρήγορες αλλαγές σκηνικών και χρωμάτων ή το αντίθετο. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να απαιτηθούν περισσότερα intra-frame πλαίσια και στη δεύτερη για λόγους οικονομίας, λιγότερα.

Έτσι σε πολλές περιπτώσεις (πιο πολύπλοκες υλοποιήσεις) ο κωδικοποιητής μπορεί να επιλέξει το είδος κωδικοποίησης ανάλογα με της ανάγκες της εικόνας. Δηλαδή οι δύο τρόποι κωδικοποίησης χρησιμοποιούνται περιοδικά για να «φιλτράρουν» την εικόνα από αυξημένες παραμορφώσεις, ή στην αντίθετη περίπτωση να ελαττώσουν το ρυθμό μετάδοσης. Αυτός είναι και ο λόγος που στο MPEG-2 εμφανίζεται μεταβαλλόμενος ρυθμός μετάδοσης.

8.3 Κωδικοποίηση εντροπίας και πηγής

Μια απλοποιημένη ταξινόμηση των τεχνικών συμπίεσης είναι η εξής: κωδικοποίηση εντροπίας (entropy encoding) και κωδικοποίηση πηγής (source encoding).

Η κωδικοποίηση εντροπίας αναφέρεται σε τεχνικές, οι οποίες δεν λαμβάνουν υπ' όψη τους το είδος της πληροφορίας που πρόκειται να συμπιεστεί. Με άλλα λόγια, αυτές οι τεχνικές αντιμετωπίζουν την πληροφορία ως μια απλή ακολουθία bits. Γι' αυτό το λόγο, η κωδικοποίηση εντροπίας μπορεί να εφαρμοσθεί ανεξάρτητα από το είδος της πληροφορίας.

Επιπλέον, οι τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας προσφέρουν κωδικοποίηση χωρίς απώλειες. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι η κωδικοποίηση χωρίς απώλειες αναφέρεται σε σταθερή εικόνα και όχι σε κινούμενη προς το παρόν. Οι τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Περιορισμός των επαναλαμβανόμενων ακολουθιών (Suppression of repetitive sequences)
- Στατιστική Κωδικοποίηση (Statistical encoding)

8.3.1.1 Στατιστική Κωδικοποίηση

Και η στατιστική κωδικοποίηση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Η βασική αρχή αυτής της τεχνικής βρίσκεται στο εντοπισμό των πιο συχνά εμφανιζόμενων ακολουθιών χαρακτήρων και στην κωδικοποίησή τους με λιγότερα bits. Δηλαδή οι σπάνια εμφανιζόμενες ακολουθίες θα έχουν μεγαλύτερους κωδικούς, ενώ οι συχνές μικρότερους. Είναι φανερό ότι η μέθοδος απαιτεί την ύπαρξη λεξικού, όπου αποθηκεύονται οι ακολουθίες που αντιστοιχούν σε κάθε κωδικό για να μπορεί να γίνει η αποσυμπίεση.

Καθοριστικής σημασίας για την επίδοση του αλγόριθμου είναι η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, για την ανεύρεση των ακολουθιών που θα κωδικοποιηθούν με μικρούς κωδικούς. Στην απλούστερη περίπτωση, το λεξικό είναι σταθερό, ενώ στην πιο σύνθετη το βρίσκουμε κάθε φορά που γίνεται η συμπίεση κάποιας ποσότητας δεδομένων. Η στατιστική κωδικοποίηση παίρνει δύο μορφές: αντικατάσταση προτύπων (pattern substitution) και κωδικοποίηση Huffman (Huffman encoding).

8.3.1.1.1 Αντικατάσταση προτύπων

Η μέθοδος της αντικατάστασης προτύπων χρησιμοποιείται αποκλειστικά για κείμενα. Συχνά εμφανιζόμενα πρότυπα (ακολουθίες χαρακτήρων, λέξεις) αντικαθιστώνται με λίγους χαρακτήρες. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να κωδικοποιήσουμε αυτές τις σημειώσεις αντικαθιστώντας τη λέξη “πολυμέσα” με τους χαρακτήρες “π”. Σε μια τέτοια περίπτωση, το λεξικό προκύπτει από ανάλυση του κειμένου, ενώ κάποιες λέξεις είναι εκ των προτέρων γνωστό ότι θα εμφανιστούν σίγουρα.

Η κωδικοποίηση Huffman αποτελεί μια γενίκευση τις στατιστικής κωδικοποίησης. Για κάποιο ρεύμα δεδομένων υπολογίζεται η συχνότητα εμφάνισης κάθε χαρακτήρα. Από αυτήν την συχνότητα, ο αλγόριθμος του Huffman υπολογίζει το ελάχιστο μήκος κωδικού που πρέπει να δοθεί σε κάθε χαρακτήρα και πραγματοποιεί τη βέλτιστη ανάθεση κωδικών. Αυτοί οι κωδικοί αποθηκεύονται στο λεξικό.

Η μέθοδος του Huffman χρησιμοποιείται στη συμπίεση ακίνητης και κινούμενης εικόνας. Ανάλογα με τις λεπτομέρειες της υλοποίησης, ένα νέο λεξικό δημιουργείται για κάθε εικόνα ή ομάδα εικόνων. Στην περίπτωση της κινούμενης εικόνας, το λεξικό μπορεί να επαναδημιουργείται για κάθε πλαίσιο ή σειρά πλαισίων. Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία συμπίεσης πρέπει να αποθηκεύει το λεξικό για να είναι δυνατή η αποσυμπίεση.

8.3.2 Κωδικοποίηση Πηγής

Η διαφορά αυτής της τεχνικής είναι ότι οι μετασχηματισμοί τους οποίους υφίστανται το αρχικό σήμα εξαρτώνται άμεσα από το τύπο του. Για παράδειγμα, ο λόγος χαρακτηρίζεται από συχνά διαστήματα σιωπής, που μπορούν να περιγραφούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Δηλαδή, οι μετασχηματισμοί του σήματος κάνουν χρήση των ιδιαίτερων σημασιολογικών χαρακτηριστικών που μεταφέρει το σήμα.

Γενικά, αυτές οι τεχνικές μπορούν να παράγουν μεγαλύτερα ποσοστά συμπίεσης σε σχέση με την κωδικοποίηση εντροπίας. Μειονεκτούν όμως στη σταθερότητα, γιατί το ποσοστό συμπίεσης που επιτυγχάνουν διαφοροποιείται ανάλογα με το αντικείμενο που συμπιέζεται. Πάντως, η κωδικοποίηση πηγής μπορεί να λειτουργήσει και με απώλειες και χωρίς απώλειες. Οι τεχνικές κωδικοποίησης πηγής διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- Κωδικοποίηση μετασχηματισμού (transform encoding)
- Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση (differential or predictive encoding)
- Διανυσματική κβαντοποίηση (vector quantization)

Να σημειωθεί ότι οι παραπάνω κατηγορίες κωδικοποίησης δεν αποκλείουν η μια την άλλη. Υπάρχουν αλγόριθμοι που συνδυάζουν τεχνικές και των δυο κατηγοριών για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα.

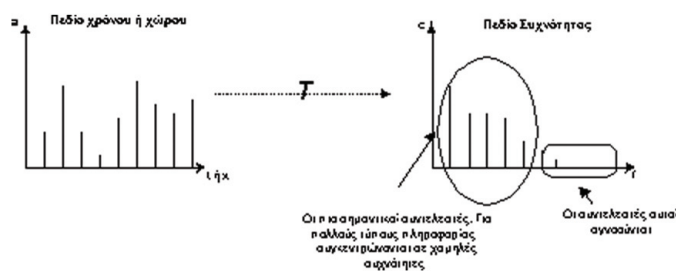
8.3.2.1 Κωδικοποίηση μετασχηματισμού

Η κωδικοποίηση μετασχηματισμού είναι ο πρώτος τύπος κωδικοποίησης πηγής που εξετάζουμε. Όπως έχουμε εξηγήσει, η κωδικοποίηση πηγής λαμβάνει υπ' όψη και τις ιδιότητες του σήματος που πρόκειται να συμπιεστεί. Η κωδικοποίηση μετασχηματισμού χρησιμοποιείται συνήθως στη συμπίεση εικόνων και η βασική της αρχή είναι η εξής:

Στη κωδικοποίηση μετασχηματισμού, το σήμα υφίσταται ένα μαθηματικό μετασχηματισμό από το αρχικό πεδίο του χρόνου ή του χώρου σε ένα αφηρημένο πεδίο το οποίο είναι πιο κατάλληλο για συμπίεση. Αυτή η διαδικασία είναι αντιστρεπτή, δηλαδή υπάρχει ο αντίστροφος μετασχηματισμός που θα επαναφέρει το σήμα στην αρχική του μορφή.

Ένα τέτοιος μετασχηματισμός είναι ο μετασχηματισμός Fourier. Μέσω του μετασχηματισμού Fourier μια συνάρτηση του χρόνου $f(t)$ μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια $g(\lambda)$ στο πεδίο των συχνοτήτων. Η νέα αυτή συνάρτηση παρέχει το πλάτος (ή συντελεστή) g των συχνοτήτων λ που απαρτίζουν την αρχική συνάρτηση. Στην περίπτωση των εικόνων χρησιμοποιείται μια ειδική μορφή του μετασχηματισμού Fourier, ο διακριτός συνημιτονικός μετασχηματισμός Fourier, και το σημαντικό σημείο που “εκμεταλλευόμαστε” είναι το εξής:

Στη φασματική αναπαράσταση (στο πεδίο των συχνοτήτων) των εικόνων, οι συχνότητες περιγράφουν πόσο γρήγορα μεταβάλλονται τα χρώματα και η απόλυτη φωτεινότητα. Εκτός από τον μετασχηματισμό Fourier υπάρχουν και άλλοι, όπως οι μετασχηματισμοί των Hadamar, Haar και των Karhunen-Loeve. Ανάλογα με τις ιδιότητες του τύπου της πληροφορίας που θέλουμε να συμπιέσουμε, επιλέγουμε και τον καταλληλότερο μετασχηματισμό.



Σχήμα 8.1 : Η βασική αρχή της κωδικοποίησης μετασχηματισμού

Αφού επιλεγθεί και εκτελεστεί ο μετασχηματισμός, βρίσκουμε τους πιο σημαντικούς από τους συντελεστές και τους περιγράφουμε με μεγάλη ακρίβεια. Τους λιγότερο σημαντικούς μπορούμε να τους περιγράψουμε με μικρότερη ακρίβεια ή και να τους αγνοήσουμε τελείως. Κάνοντας κάτι τέτοιο η διαδικασία συμπίεσης έχει απώλειες. Παρ' όλα αυτά, οι μετασχηματισμοί από μόνοι τους είναι αντιστρεπτοί.

8.3.2.2 Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση

Η διαφορική κωδικοποίηση αποτελεί τη δεύτερη από τις μεθόδους κωδικοποίησης πηγής που θα περιγράψουμε. Η βασική αρχή της είναι η εξής: Μόνο η διαφορά ανάμεσα στην

πραγματική τιμή ενός δείγματος και στην προβλεπόμενη τιμή του κωδικοποιείται. Αυτή η διαφορά ονομάζεται διαφορά πρόβλεψης ή παράγοντας λάθους. Από αυτήν προκύπτει και η εναλλακτική ονομασία αυτής της τεχνικής που είναι προβλεπτική κωδικοποίηση. Η τεχνική αυτή μπορεί να υλοποιηθεί με ποικίλους τρόπους, ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των τιμών των δειγμάτων.

Η διαφορική κωδικοποίηση είναι κατάλληλη για σήματα, οι διαδοχικές τιμές των οποίων αναμένεται να διαφέρουν, αλλά όχι πολύ. Κατά συνέπεια, η διαφορική κωδικοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπίεση κινούμενης εικόνας (όπου μόνο οι διαφορές μεταξύ των διαδοχικών πλαισίων μπορούν να αποστέλλονται) ή ήχου.

Διακρίνουμε τρεις μορφές διαφορικής κωδικοποίησης: απλή διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (differential pulse code modulation-DPCM), δέλτα διαμόρφωση (delta modulation) και προσαρμοστική διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (adaptive pulse code modulation-ADPCM).

8.3.2.3 Διανυσματική κβαντοποίηση

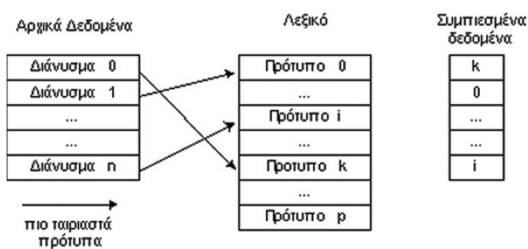
Η διανυσματική κβαντοποίηση αποτελεί ίσως την πιο ελπιδοφόρα τεχνική κωδικοποίησης πηγής. Αποτελεί μια ειδική περίπτωση της μεθόδου αντικατάστασης προτύπων που περιγράψαμε παραπάνω. Τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας της είναι τα ακόλουθα:

- Το ρεύμα δεδομένων χωρίζεται σε τμήματα που ονομάζονται διανύσματα. Για παράδειγμα, αν τα δεδομένα μας αποτελούν μια εικόνα, κάθε διάνυσμα μπορεί να είναι ένα τετράγωνο ή παραλληλόγραμμο τμήμα της εικόνας. Υποθέτουμε ότι όλα τα διανύσματα έχουν το ίδιο μικρό μέγεθος και ότι αποτελούνται από n οκτάδες.
- Υπάρχει ένας πίνακας που περιέχει ένα σύνολο από πρότυπα διανύσματα. Αυτός ο πίνακας αποτελεί το λεξικό της μεθόδου και πρέπει να είναι διαθέσιμο τόσο κατά την συμπίεση, όσο και την αποσυμπίεση των δεδομένων. Το λεξικό μπορεί να είναι προκαθορισμένο, δηλαδή το ίδιο σε όλες τις διαδικασίες συμπίεσης ή δυναμικό. Στην τελευταία περίπτωση, κάθε φορά που ξεκινά η συμπίεση των δεδομένων, ένα νέο λεξικό δημιουργείται.
- Η συμπίεση έγκειται στην αντικατάσταση κάθε διανύσματος της αρχικής πληροφορίας με το πιο ταιριαστό από τα πρότυπα του λεξικού. Κάνοντας χρήση του λεξικού, αντί για ολόκληρα τα πρότυπα, μόνο η ετικέτα τους ή ο αύξων αριθμός τους στο λεξικό είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί.

Άρα η βασική αρχή αυτής της μεθόδου είναι:

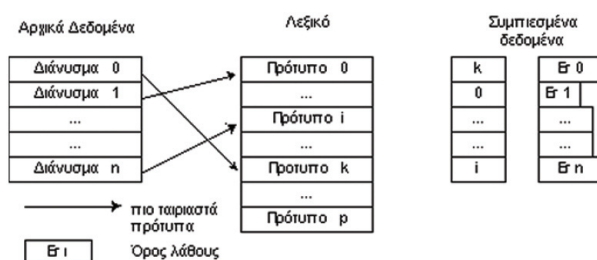
Τα δεδομένα χωρίζονται σε διανύσματα. Αντί να μεταδίδεται η πραγματική πληροφορία, μεταδίδεται η ετικέτα των πιο ταιριαστών προτύπων μέσα από ένα λεξικό.

Η δυσκολία της μεθόδου επικεντρώνεται στη δημιουργία του λεξικού που περιέχει πρότυπα που μοιάζουν δυνατόν περισσότερο με τα εμφανιζόμενα διανύσματα. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, θα έχουμε μεγάλη παραμόρφωση των δεδομένων. Πάντως, στη γενική περίπτωση, αναμένεται κάποια, έστω μικρή, απόκλιση από τα αρχικά δεδομένα..



Σχήμα 8.2 : Η βασική αρχή της διανυσματικής κβαντοποίησης

Για να επιλυθεί το πρόβλημα της ύπαρξης διανυσμάτων που διαφέρουν σημαντικά από όλα τα πρότυπα του λεξικού, υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ αυτών των διανυσμάτων και των αντίστοιχων πιο ταιριαστών προτύπων. Αυτή η διαφορά μεταδίδεται μαζί με την ετικέτα του πιο ταιριαστού προτύπου, οπότε μπορεί να συντεθεί μια ικανοποιητική προσέγγιση των προβληματικών διανυσμάτων. Η ποιότητα της προσέγγισης αυτής μπορεί να είναι όσο καλή θέλουμε και εξαρτάται από τον τρόπο υπολογισμού και μετάδοσης της διαφοράς. Δηλαδή η διανυσματική κβαντοποίηση ανήκει είτε στις μεθόδους συμπίεσης με απώλειες είτε στις μεθόδους χωρίς απώλειες.



Σχήμα 8.3 : Η βασική αρχή της διανυσματικής κβαντοποίησης με μετάδοση όρου λάθους

Η διανυσματική κβαντοποίηση είναι πολύ αποτελεσματική για την κωδικοποίηση τύπων πληροφορίας, των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά και άρα μπορούν να κατασκευαστούν για αυτά ικανοποιητικά λεξικά. Ο λόγος είναι ένα είδος πληροφορίας που έχει αυτήν την ιδιότητα.

8.4 Μέθοδοι Run Length Encoding και Huffman

Οι δύο αυτές μέθοδοι δεν μεταβάλλουν τις τιμές των δειγμάτων όπως ο μετασχηματισμός DCT ή η κβαντοποίηση, αλλά χρησιμοποιούνται στο τελικό στάδιο της κωδικοποίησης, με σκοπό να μειώσουν τον αριθμό bits που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοσή τους. Σε προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στην δεύτερη μέθοδο η οποία αποτελεί μια γενίκευση της στατιστικής κωδικοποίησης.

Τώρα, θα αναφερθούμε στην μέθοδο - Run-Length-Encoding. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο γεγονός όπου υπάρχουν πολλά μηδενικά σε διαδοχικές θέσεις και ανάμεσα σε αυτές υπάρχουν και κάποιες μη μηδενικές τιμές.

Έτσι χρησιμοποιώντας κάποια σύμβολα (flags) που δείχνουν ότι αυτό που τα ακολουθεί δεν είναι διακριτή τιμή του σήματος αλλά ομάδα τιμών, ομαδοποιούν τα μηδενικά και τα μεταδίδουν σαν έναν αριθμό (πλήθος μηδενικών). Έτσι σχηματίζονται ζευγάρια τιμών που ο πρώτος δείχνει το πλάτος μιας μη μηδενικής συνιστώσας και ο δεύτερος των αριθμό μηδενικών που ακολουθεί μέχρι την επόμενη, γλυτώνοντας έτσι πολλά bit.

8.5 Μετασχηματισμοί

Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι μετασχηματισμοί που σχετίζονται με την συμπίεση. Συγκεκριμένα θα γίνει αναφορά στον μετασχηματισμό fractal και στον μετασχηματισμό DCT.

8.5.1 Μετασχηματισμός fractal

Θα ολοκληρωθεί η παρουσίαση των βασικών τεχνικών συμπίεσης με λίγα λόγια για μια πιο νέα τεχνική συμπίεσης, την συμπίεση με χρήση fractals.

Η γεωμετρία των fractals θεμελιώθηκε από τον B. Mandelbrot. Ο B. Mandelbrot παρατήρησε ότι η κλασική γεωμετρία που μελετούσε απλά σχήματα με βάση της γραμμές και τους κύκλους, δεν μοιάζει με την γεωμετρία που συναντάται στη φύση. Στη φύση, τα περισσότερα σχήματα είναι εξαιρετικά σύνθετα αλλά προκύπτουν από την επανάληψη σε διαφορετικές κλίμακες και γωνίες του ίδιου βασικού σχήματος. Αυτού του είδους οι γεωμετρικοί σχηματισμοί ονομάζονται fractals. Οι διαφορετικές μορφές που μπορεί να πάρει ένα fractal περιγράφονται με μαθηματικούς τύπους που ονομάζονται, μετασχηματισμοί fractal (fractal transformations).

Οι πρώτες χρήσεις των fractals ήταν στη δημιουργία εικόνων. Τα τελευταία χρόνια μελετώνται και τρόποι εφαρμογής αυτής της θεωρίας για την συμπίεση εικόνων. Η βασική αρχή αυτών των μεθόδων είναι η εξής:

Η εικόνα χωρίζεται σε μικρά τμήματα. Στη συνέχεια, αναζητούνται περιοχές της εικόνας που μπορούν να προκύψουν, με ικανοποιητική ακρίβεια, με μετασχηματισμό fractal κάποιου τμήματος. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα τμήματα της εικόνας. Στόχος είναι να περιγραφεί αυτή η εικόνα με ένα σύνολο τέτοιων μετασχηματισμών των μικρών τμημάτων που θα καταλαμβάνουν πολύ λιγότερο χώρο από την αρχική εικόνα.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε κάποια ομοιότητα με την μέθοδο της διανυσματικής κβαντοποίησης. Το σύνολο των μαθηματικών μετασχηματισμών παίζει το ρόλο ενός εικονικού λεξικού (virtual code-book), που εξαρτάται άμεσα από την εικόνα που συμπίεζεται και πρέπει να μεταδίδεται ολόκληρο από τη διαδικασία συμπίεσης σε αυτήν της αποσυμπίεσης. Χαρακτηρίζεται εικονικό, γιατί προκύπτει με βάση τους μετασχηματισμούς fractal κατά το στάδιο της αποσυμπίεσης.

Αν και ακόμα δεν έχει ωριμάσει αυτή η τεχνική, οι ειδικοί ευελπιστούν ότι μπορεί να

επιτύχει λόγους συμπίεσης της τάξης 1000:1. Πέρα όμως από την νεότητα, η τεχνική αυτή έχει ένα ακόμα μειονέκτημα. Η διαδικασία συμπίεσης είναι εξαιρετικά «επίπονη» και απαιτεί άφθονη υπολογιστική ισχύ. Αντίθετα, η αποσυμπίεση δεν έχει τέτοιες δυσκολίες.

Η fractal συμπίεση και γενικότερα η διανυσματική κβαντοποίηση, είναι χαρακτηριστικές περιπτώσεις ασύμμετρων τεχνικών συμπίεσης. Η ασυμμετρία αυτή αναφέρεται στη διαφορά πολυπλοκότητας και ταχύτητας μεταξύ των διαδικασιών συμπίεσης και αποσυμπίεσης.

8.5.2 Μετασχηματισμός DCT

[DCT Coding (Discrete Cosine Transform Coding)]

Ο Διακριτός Συνημιτονικός Μετασχηματισμός (Discrete Cosine Transform) είναι μία μέθοδος που εφαρμόζεται γενικά στην ψηφιακή συμπίεση αλλά και στα MPEG ειδικότερα.

Ο μετασχηματισμός DCT χρησιμοποιείται στο να μεταφέρουμε την πληροφορία που περικλείει η εικόνα από το πεδίο του χώρου στο πεδίο της συχνότητας (αφηρημένο πεδίο), όπου η περιγραφή της μπορεί να γίνει με σημαντικά μικρότερο πλήθος bits, για διάφορους λόγους.

Ο μετασχηματισμός DCT ορίζεται ως εξής :

Για κάθε pixel (x,y) εφαρμόζοντας τον τύπο :

$$\text{Pixel}(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} C(i)C(j) \text{DCT}(i,j) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right]$$

όπου $C(x) = 0.7071$, $x=0$

1 , $x > 0$

παίρνουμε την τιμή $\text{DCT}(i,j)$ που είναι η τιμή του συντελεστή του μετασχηματισμού στο πεδίο της συχνότητας. Έτσι αντιστοιχίζουμε τις τιμές των pixels στις αντίστοιχες τιμές των συντελεστών.

Οι συντελεστές αυτοί μεταφέρουν ο καθένας ένα κομμάτι της αρχικής πληροφορίας (αυτό που αντιστοιχεί στο κομμάτι του φάσματος που περιγράφει). Επειδή όμως έχει παρατηρηθεί ότι η ανθρώπινη όραση αντιλαμβάνεται πολύ περισσότερο τα φαινόμενα που σχετίζονται με χαμηλές συχνότητες όπως (π.χ. χρώματα με μικρότερα μήκη κύματος), ενώ δείχνει κάποια ανοσία σε υψίσυχνες περιοχές του σήματος (π.χ. ακμές της εικόνας), οι συντελεστές του μετασχηματισμού που αντιστοιχούν σε χαμηλές συχνότητες έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από αυτούς που περιγράφουν τις υψηλές συχνότητες και για το λόγο αυτό οι πρώτοι περιγράφονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια..

Κατά την αναπαραγωγή γίνεται η αντίστροφη διαδικασία με τη βοήθεια του μετασχηματισμού IDCT (Inverse Discrete Cosine Transform - Αντίστροφος Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημίτονων), που περιγράφεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{DCT}(i,j) = \frac{1}{\sqrt{N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \text{pixel}(x,y) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right]$$

Χρησιμοποιούμε τον μετασχηματισμό IDCT, έχοντας ως στόχο και αποτέλεσμα να πάρουμε πίσω σχεδόν ανέπαφη την αρχική πληροφορία (εκτός φυσικά από κάποια αναπόφευκτα σφάλματα στρογγυλοποίησης που θα προκύψουν).

8.6 Διαδικασία Κωδικοποίησης

Θα αναλύσουμε όλη την διαδικασία της κωδικοποίησης μέσα από πίνακες των macro-blocks. Η διαδικασία αφορά ένα πλαίσιο που κωδικοποιείται με κωδικοποίηση μετασχηματισμού DCT (και όχι με motion compensation) δηλαδή ένα I πλαίσιο.

Έστω ότι έχουμε ένα τέτοιο πλαίσιο, ένα block του οποίου είναι το παρακάτω. Τα νούμερα του αρχικού πίνακα είναι τυχαία και δεν αντιστοιχούν σε κάποια πραγματική εικόνα. Δείχνουν απλώς την επίδραση που έχουν πάνω σε ένα πίνακα οι διαδικασίες του μετασχηματισμού DCT και της Κβαντοποίησης.

131	134	139	143	144	144	144	144
134	141	143	146	149	146	146	146
143	145	150	153	148	146	146	146
148	151	152	151	150	148	148	148
150	150	151	152	152	145	145	145
152	151	151	151	150	147	146	145
151	152	153	153	151	148	147	147
151	152	153	153	151	149	149	148

Πίνακας 8.1: Τυχαίο αρχικό μπλοκ pixels 8x8.

Το παραπάνω block μετά από εφαρμογή του μετασχηματισμού DCT μετασχηματίζεται στο παρακάτω (Πίνακας 8.2). Καθώς κινούμαστε προς τα δεξιά αυξάνει η οριζόντια ανάλυση και προς τα κάτω η κάθετη. Η τιμή που βρίσκεται στη θέση (0,0) ονομάζεται συντελεστής DC ενώ οι υπόλοιποι ονομάζονται συντελεστές AC. Ο συντελεστής DC δηλαδή ορίζεται σαν αυτός που η συχνότητά του είναι μηδέν και στις δύο κατευθύνσεις, ενώ AC είναι ένας συντελεστής του οποίου η συχνότητα είναι διάφορη του μηδενός σε τουλάχιστον μία διεύθυνση.

Το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας περιέχεται στο συντελεστή DC (η τιμή του είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο του μέσου όρου των υπολοίπων). Ο συντελεστής αυτός δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να παραλειφθεί, σε αντίθεση με τους συντελεστές AC της κάτω δεξιά περιοχής που αντιστοιχούν σε υψηλές συχνότητες και στο τέλος της κωδικοποίησης έχουν πάρει σχεδόν όλοι την τιμή μηδέν. Ο πίνακας που ακολουθεί προκύπτει μετά από εφαρμογή του μετασχηματισμού DCT.

294,94	0,32	-3,08	-1,37	0,44	-0,02	-0,42	0,19
5,81	-4,07	-1,19	-0,41	-0,15	-0,15	-0,08	-0,11
2,62	-2,40	-0,34	0,09	-0,29	0,01	0,06	-0,17
2,06	-0,19	0,10	0,65	0,31	-0,17	0,00	0,21
0,25	-0,20	0,28	0,11	0,00	-0,01	0,02	0,16
0,26	0,13	0,32	-0,20	-0,21	0,31	0,33	-0,22
0,27	0,35	0,12	-0,00	-0,12	0,66	0,28	-0,19
0,31	0,36	-0,50	-0,32	-0,52	0,37	0,07	-0,01

Πίνακας 8.2 : Το ίδιο μπλοκ μετά από εφαρμογή DCT

Στο επόμενο στάδιο εφαρμόζεται κβαντοποίηση και ποσοστοποίηση (thresholding) των τιμών δηλαδή απορρίπτονται αυτές που είναι κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο και αντικαθίστανται με μηδενικά. Η διαδικασία αυτή βασίζεται αφ' ενός στο ότι οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται σε περιοχές που δεν είναι τόσο κρίσιμες από πλευράς αντίληψης των αλλοιώσεων που δημιουργούνται, αλλά και στο ότι τα πολλά μηδενικά και μάλιστα σε διαδοχικές θέσεις είναι πολύ εύκολο να κωδικοποιηθούν με ελάχιστα bits με τη μέθοδο Run-Length encoding. Ο προηγούμενος πίνακας μετά από ποσοστοποίηση, ακολουθεί παρακάτω..

294,94	0,00	-3,08	-1,37	0,00	0,00	0,00	0,00
5,81	-7,07	-1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,62	-2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 8.3 : Το προηγούμενο μπλοκ μετά από εφαρμογή ποσοστοποίησης (thresholding)

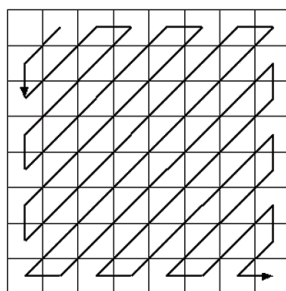
Σειρά έχει η κβαντοποίηση. Η κβαντοποίηση στις περισσότερες υλοποιήσεις είναι αφ' ενός ποικίλη (χρησιμοποιείται διαφορετικός νόμος κβαντοποίησης) αλλά και ρυθμιζόμενη, δηλαδή είναι ρυθμιζόμενη η τιμή του κβαντιστή με αντίστοιχη επίδραση στην τελική ποιότητα και στο ρυθμό μετάδοσης, δύο μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα όπως έχει προαναφερθεί.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο νόμος κβαντοποίησης που έχει χρησιμοποιηθεί για λόγους απλότητας είναι η στρογγυλοποίηση των αριθμών, που μειώνει σημαντικά τον αριθμό bits, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και άλλη κβαντοποίηση π.χ. τιμές που διαφέρουν μόνο κατά 3 μεταξύ τους κτλ. (εξαρτάται από το hardware).

295	0	-3	-1	0	0	0	0
6	-4	-1	0	0	0	0	0
3	-2	0	0	0	0	0	0
2	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 8.4 : Κβαντοποίηση με μετατροπή σε ακέραιες τιμές

Ακολουθεί η σάρωση σε σχήμα zig-zag. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη γιατί κάποια στιγμή όλα τα δεδομένα που περιέχονται στους πίνακες δύο διαστάσεων, αφού υποστούν επεξεργασία, πρέπει να μεταδοθούν από ένα σειριακό μέσο, άρα πρέπει να κωδικοποιηθούν σειριακά σε ένα σήμα. Το γιατί έχει επιλεγεί το συγκεκριμένο σχήμα σάρωσης γίνεται προφανές από τον πίνακα 8.3, αν παρατηρήσει κανείς ότι οι τιμές που έχουν προκύψει έχουν μία διάταξη αυξανόμενου μεγέθους αν τις σαρώσουμε κατά αυτό τον τρόπο. Αυτό δεν είναι κάτι τυχαίο που προέκυψε για τις συγκεκριμένες τιμές του παραδείγματος αλλά είναι ιδιότητα του μετασχηματισμού. Η αποθήκευση των τιμών κατά αυτό τον τρόπο βοηθάει πολύ στα επόμενα στάδια της κωδικοποίησης RLE (Run-Length-Encoding) και Huffman. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη της σάρωσης zig-zag:



Σχήμα 8.4 : σάρωση zig-zag

8.7 Διαδικασία αποκωδικοποίησης

Κατά την αποκωδικοποίηση ακολουθούνται οι αντίστροφες διαδικασίες. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι πολύ κοντά στο αρχικό. Το πόσο κοντά εξαρτάται από την κβαντοποίηση, την ποσοστοποίηση και κατ' επέκταση από το ρυθμό μετάδοσης που έχουμε χρησιμοποιήσει. Το block που χρησιμοποιήθηκε για παράδειγμα, αν ανακατασκευαστεί, θα παρουσιάζει μια εικόνα, η οποία θα είναι πολύ κοντά στο αρχικό....

131	134	139	142	144	144	144	144
136	139	143	146	147	146	146	145
143	145	148	150	150	148	147	147
148	150	152	152	151	149	148	147
150	151	152	152	150	148	146	146
150	151	152	152	150	148	146	145
151	152	153	152	150	148	147	147
151	152	153	153	151	149	149	148

Πίνακας 8.5 : Ανακατασκευή του αρχικού block μετά από αποκωδικοποίηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ

9.1 Εισαγωγικό Σημείωμα

Μια αρχιτεκτονική ψηφιακού βίντεο καθορίζεται από ένα πρότυπο (standard) για την συμπίεση και αποσυμπίεση βίντεο καθώς και από το λογισμικό (player) με το οποίο αναγνωρίζει και αναπαράγει τα αρχεία που έχουν δημιουργηθεί με το συγκεκριμένο πρότυπο. Στις επόμενες ενότητες του συγκεκριμένου κεφαλαίου, θα παρουσιαστούν βασικές σημειώσεις για τις συμπίεσεις MPEG 2, MPEG 4, QUICK TIME, AVI, και WMV.

9.2 MPEG

Τα αρχικά MPEG προέρχονται από τις λέξεις Moving Picture Experts Group (Ομάδα Ειδικών στην Κινούμενη Εικόνα) . Πρόκειται για μία επιτροπή που δρα στα πλαίσια του Διεθνούς Οργανισμού τυποποίησης. Επίσημα είναι γνωστή σαν ISO/IEC JTC1/SC29/WG11.

Ιδρύθηκε το 1988 και είναι μέλος του JTC1 (Joint ISO/IEC Technical Committee on Information Technology - Ενωμένη Τεχνική επιτροπή ISO/IEC στην Τεχνολογία της Πληροφορικής) . Ο συντονιστής της επιτροπής MPEG είναι ο Leonardo Chiariglione γνωστός σαν ο «πατέρας» του MPEG.

Το όνομα MPEG έχει επικρατήσει όμως να αναφέρεται και στην οικογένεια των τυποποιήσεων (standards) που δημιουργήθηκαν από την ομάδα MPEG και χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση οπτικών και ηχητικών δεδομένων σε ψηφιακή συμπιεσμένη μορφή. Η οικογένεια MPEG περιλαμβάνει τα standards MPEG-1, MPEG-2 και το MPEG-4, τα οποία είναι επίσημα γνωστά σαν ISO/IEC-11172, ISO/IEC-13818 και ISO/IEC-14496 αντίστοιχα.

9.2.1 MPEG 2

Το MPEG-2 μπορεί να προσφέρει αναλύσεις των 740x480 και 1280x720 pixel έως 60 fps. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι επαρκή για τα κυρίως στάνταρ της τηλεόρασης συμπεριλαμβανομένων αυτών του NTSC (National Television System Committee), ακόμα και του HDTV (High-Definition Television). Το MPEG-2 χρησιμοποιείται στα DVD-ROM εφόσον έχει την δυνατότητα να συμπίεσει μια ταινία 2 ωρών σε λίγα μόνο Gigabyte. Κατά την αποσυμπίεση των δεδομένων του MPEG-2 χρειάζεται σχετικά μέτρια υπολογιστική δύναμη, ενώ για την συμπίεση χρειάζεται σημαντικά μεγαλύτερη δύναμη επεξεργασίας.

Να σημειωθεί ότι οι αναλύσεις (resolution) της εικόνας που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι περιοριστικές αλλά αναφέρονται στους περιορισμούς που έχουν τεθεί για να κρατηθούν σε λογικά επίπεδα η πολυπλοκότητα των κωδικοποιητών και αποκωδικοποιητών και ο όγκος

δεδομένων. Ο περιορισμός αυτός ονομάζεται CPB (Constrained Parameters Bitstream) και ορίζει τις διαστάσεις που πρέπει να έχουν τα MPEG σήματα, κάτι σαν ένα standard format. Παρόλα αυτά μπορεί να γίνει κωδικοποίηση και σε υψηλότερες αναλύσεις απλώς δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με όλους τους διαθέσιμους αποκωδικοποιητές, άσχετα αν ακολουθούν τους κανόνες του MPEG.

9.2.2 MPEG 4

Το MPEG-4 αποτελεί ένα στάνταρ αλγόριθμου συμπίεσης γραφικών και βίντεο ο οποίος είναι βασισμένος στα MPEG-1, MPEG-2 και στη τεχνολογία του QuickTime της Apple. Τα αρχεία MPEG-4 είναι βασισμένα στο Wavelet (Μαθηματική λειτουργία συμπίεσης εικόνων). Το αποτέλεσμα αυτής της συμπίεσης είναι αρχεία μικρότερα σε μέγεθος από τα JPEG και τα QuickTime και έτσι είναι πιο εύκολο να μεταφερθούν γρηγορότερα ακόμα και σε μικρότερα δίκτυα με χαμηλές ταχύτητες. Μπορούν επίσης να συνδυάζουν το βίντεο με κείμενο, γραφικά, και 2-D ή και 3-D στρώματα δυναμικής κίνησης σωμάτων (πιο γνωστά ως animations). Το MPEG-4 καθιερώθηκε τον Οκτώβριο του 1998 ως 14496 της ISO/IEC.

Το MPEG-4 σχεδιάστηκε για να επιτρέπει εκτός από συμπίεση και υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών με ρυθμούς μετάδοσης από 10kbps έως και μεγαλύτερους από 1.8Mbps. Χρησιμοποιείται από κινητά τηλέφωνα έως τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), από δημοφιλείς codecs (αλγόριθμοι συμπίεσης-αποσυμπίεσης), όπως για παράδειγμα QuickTime, RealMedia και DivX. Αυτό το πρότυπο υποστηρίζει τη δημιουργία του data stream από μια ποικιλία αντικειμένων / δομών.

Η συμπίεση MPEG-4 αποτελεί βελτίωση της συμπίεσης MPEG-1. Όσον αφορά την βελτίωση στην αντιστάθμιση κίνησης (motion compensation) οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα σε σχέση με το MPEG-1 για το ίδιο bit rate. Στην απλή της μορφή χρησιμοποιούνται μόνο τα I και P-frames. Ένα πλεονέκτημα της είναι ότι πραγματοποιείται αποτελεσματική αποσυμπίεση η οποία είναι κατάλληλη για χρήση σε υλικό περιορισμένων δυνατοτήτων (π.χ. PDAs)

Σε προηγμένη μορφή χρησιμοποιούνται τα I, B και P-frames όπου και πραγματοποιείται ολική αντιστάθμιση κίνησης (Global Motion Compensation) στην οποία μοντελοποιούνται κάποιες συγκεκριμένες κινήσεις της κάμερας (π.χ. Pan, zoom).

9.3 QUICK TIME (.MOV)

Αναγνωρίζοντας το μειονέκτημα της απαίτησης ακριβού hardware για την αναπαραγωγή, η Apple ανέπτυξε ένα video format που μπορεί να παιχτεί χωρίς ειδικό hardware. Το format αυτό είναι το Quick Time, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για το ψηφιακό βίντεο.

Τα βίντεο αρχεία του, έχουν την επέκταση .mov και παρέχει μια αρχιτεκτονική που συγχρονίζει όλους τους τύπους ψηφιακών μέσων.

Κατά την αναπαραγωγή το Quick Time προβάλλει με κατάλληλη ταχύτητα τα frames και έτσι υπάρχει συγχρονισμός με τον ήχο. Είναι ένα πρότυπο που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες όπως σε PC με Windows, σταθμούς εργασίας με UNIX, και φυσικά στο φυσικό του περιβάλλον Apple Macintosh. Τα αρχικά Quick Time βίντεο είχαν πολύ μικρό μέγεθος (160x120 pixels), κακή ποιότητα και εξαιρετικά χαμηλή ταχύτητα εναλλαγής των πλαισίων (12fps). Οι επόμενες εκδόσεις όμως υποστηρίζουν μεγαλύτερη ανάλυση και μεγαλύτερη ταχύτητα έως και 30 fps, καθιστώντας το κατάλληλο πρότυπο και για επαγγελματικές εφαρμογές. Το Quick Time υποστηρίζει πολλούς codecs, όπως Sorenson, Indeo, Cinepak, MJPEG, H.261, H.263, AC3 και επίσης επιτυγχάνει λόγους συμπίεσης από 5:1 μέχρι 25:1.

9.4 .AVI

Ο όρος AVI προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Audio Video Interleaved και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στην 3.0 έκδοση των Windows. Είναι ένα format που αναπτύχθηκε για την αποθήκευση των πληροφοριών ήχου και βίντεο. Ο όρος AVI είναι η μορφοποίηση που αναπτύχθηκε από την Microsoft για την εκτέλεση συγχρονισμένων βίντεο και ήχου κάτω από το περιβάλλον των Windows, χωρίς ειδικό εξοπλισμό. Τα δεδομένα βίντεο και ήχου είναι συγχρονισμένα και αποθηκεύονται στο ίδιο αρχείο.

Η αρχική έκδοση ήταν ικανή για ανάλυση 320x240 pixels σε 15 fps. Το μικρό μέγεθος του παραθύρου προβολής και η χαμηλή ταχύτητα των frames ήταν ένας περιορισμός που προερχόταν από το hardware της τότε τεχνολογίας. Οι σημερινοί Pentium επεξεργαστές μπορούν να αναπαράγουν την εικόνα στην μέγιστη ανάλυση της οθόνης.

Τα αρχεία με αυτήν την αρχιτεκτονική έχουν την κατάληξη .avi και υποστηρίζουν διάφορους αλγόριθμους συμπίεσης όπως για παράδειγμα τους: RLE, Indeo και Cinepak.

9.5 .WMV

Το Windows Media Video (WMV) είναι μία από τις αρχιτεκτονικές που έχουν αναπτυχθεί από την Microsoft. Τα αρχεία που έχουν την κατάληξη .wmv μοιάζουν με τα .asf.

Αναπτύχθηκε με στόχο την αναπαραγωγή βίντεο στο διαδίκτυο. Η συμπίεση είναι μεταβλητή και η ποιότητα ίδια περίπου με του Real Media. Ιδανικό για παρουσιάσεις μέσω εφαρμογών των Windows.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

10.1 Επιλογή παραμέτρων – χαρακτηριστικών βίντεο σήματος

Για να υλοποιηθεί σωστά το πειραματικό μέρος της Πτυχιακής, θα πρέπει να βασιστούμε σε κανόνες και να ορίσουμε βήματα τα οποία θα μας οδηγήσουν σε έγκυρα συμπεράσματα. Το να επιλεγούν κάποιοι παράμετροι, οι οποίοι χαρακτηρίζουν το βίντεο, δεν είναι απλό. Ή μάλλον είναι, αλλά στην συγκεκριμένη εργασία απαιτείται παραπάνω προσοχή. Αναλύοντας σε αρχικό κεφάλαιο την ανθρώπινη αντίληψη, αυτό μας βοήθησε να προσανατολιστούμε για το ποιες θα είναι οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθεί το πείραμα.

Μετά από αρκετή μελέτη φτάσαμε στο σημείο να μπορούμε να αποφασίσουμε με σιγουριά ότι οι παράμετροι που θα αποτελέσουν βασικό ρόλο κατά την διεκπεραίωση του πειράματος θα είναι οι παρακάτω. Οι παράμετροι αυτοί αντιπροσωπεύουν κάποια οπτικά χαρακτηριστικά, και χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να «οδηγήσουν» το πείραμα σε σωστά συμπεράσματα.

Φωτεινότητα (Lightness)

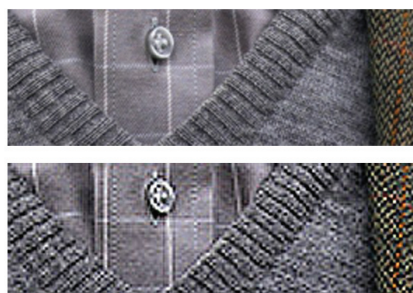
Η φωτεινότητα είναι η αντιστοίχιση σε μια διαβάθμιση από το πιο σκούρο στο πιο ανοιχτό. Με άλλα λόγια είναι η οπτική επίδραση του φωτισμού στα αντικείμενα ή σε σκηνές...

«θα μπορούσε να ζωγραφίσει το πιο ανοιχτό φως ή το πιο σκούρο σκοτάδι»



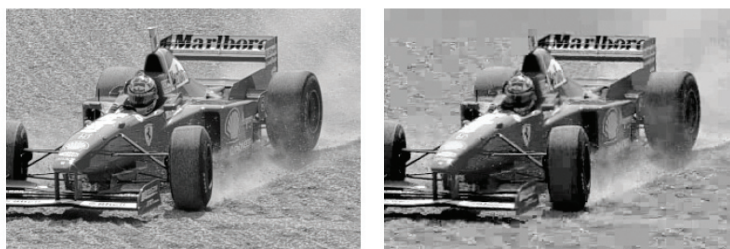
Οξύτητα (Sharpness)

Η παράμετρος αυτή χαρακτηρίζει πόσο διακριτά είναι τα σημεία όπου η φωτεινότητα αλλάζει. Πόσο οξύ είναι ένα σημείο ή πόσο «καθαρό».



«Προσδιορισμός» των μπλοκς (Blockiness)

Με την παραπάνω έννοια αναφερόμαστε στο πόσο εύκολο είναι να δει κανείς τις άκρες των μπλοκς που εμφανίζονται σε ένα βίντεο μετά την συμπίεση.



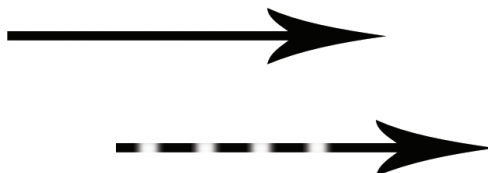
Πιστότητα Χρώματος (Color Fidelity)

Ο όρος από μόνος του μαρτυρά την σημασιολογία του. Πιστότητα, ακρίβεια των χρωμάτων ενός βίντεο.



Ομαλότητα της κίνησης (Smoothness of Motion)

Ένα τελευταίο οπτικό χαρακτηριστικό που θα εξετάσουμε πειραματικά είναι η ομαλότητα της κίνησης. Θα προσπαθήσουμε να ερευνήσουμε, εάν υπάρχει το ενδεχόμενο, μετά από συμπίεση ενός βίντεο να υπάρχει κάποια καθυστέρηση κατά την κίνηση για παράδειγμα ενός αντικειμένου.



Οι παραπάνω φωτογραφίες χαρακτηρίζουν παραδειγματικά τις παραμέτρους. Δημιουργήθηκαν για να χρησιμοποιηθούν για μια σύντομη παρουσίαση σε εφαρμογή Power Point, που θα ήταν αναγκαία για την σωστή διεκπαιρέωση του πειράματος.

Η συγκεκριμένη παρουσίαση χρησιμοποιήθηκε ως μια «θεωρητική εισαγωγή» την οποία και παρακολούθησε κάθε θεατής πριν το συγκριτικό τεστ. Αυτό έγινε με σκοπό την ενημέρωση, για τη σημασία της κάθε παραμέτρου η οποία και αποσκοπούσε να μειώσει το ποσοστό των «άκυρων» απαντήσεων από άγνοια.

10.2 Εισαγωγικό σημείωμα

Ακόμα ένα σημαντικό μέρος της Πτυχιακής ήταν η επιλογή των βίντεο. Για κάθε παράμετρο ξεχωριστά έπρεπε να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες ώστε τα βίντεο να είναι

τα κατάλληλα. Παρακάτω θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα βίντεο για την κάθε παράμετρο. Πριν όμως θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάποια από αυτά είναι φυσικά βίντεο και κάποια άλλα τεχνητά.

Τα φυσικά βίντεο, των οποίων η λήψη έγινε με επαγγελματική κάμερα, δεν έχουν υποστεί καμιά επεξεργασία εκτός από ένα το οποίο δημιουργήθηκε από δύο βίντεο μικρής διάρκειας. Χρησιμοποιήθηκε η επαγγελματική κάμερα Panasonic DVC 200. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν για κάποιες από τις εσωτερικές λήψεις τα φώτα Cosmolight καθώς και ο ανακλαστήρας Lasto-lite.

Τα τεχνητά βίντεο προέρχονται από στατικές κάρτες οι οποίες δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Adobe Photoshop CS και στην συνέχεια μέσω του Adobe Premiere Pro έγιναν βίντεο. Βασικά ο σκοπός μας ήταν να δημιουργήσουμε κάποια από αυτά να είναι στατικά και κάποια άλλα σε κίνηση όπως συμβαίνει και με τα φυσικά..

- Μερικά από τα φυσικά πλάνα είναι στατικά και κάποια άλλα έχουν κίνηση. Αυτό ήταν ανάγκη να συμβεί για να ελέγξουμε τις διαφορές που θα παρουσιαστούν μετά την συμπίεση. Όπως αναφέρεται και στο θεωρητικό μέρος της Πτυχιακής διαφορετικά αποτελέσματα προκύπτουν σε στατικές εικόνες και διαφορετικά σε κινούμενες. –

..Όμως στο πειραματικό στάδιο για το πώς θα γίνουν σωστά οι συμπίεσεις παρατηρήθηκε ότι τα στατικά (τεχνητά) βίντεο και ιδιαίτερα αυτά που προέρχονταν από στατικές εικόνες δεν είχαν την δυνατότητα να συμπιεστούν σε μεγάλο βαθμό και ούτε να προκαλέσουν απώλειες. Αυτό αν προτρέξουμε στην ενότητα με τις τεχνικές συμπίεσης (ενδοπλαισιακή και διαπλαισιακή) θα δικαιολογήσουμε το παραπάνω πρόβλημα. Εφόσον τα πλαίσια (frames) δεν αλλάζουν είναι πολύ λογικό να μην παρουσιάζονται διαφορές και ούτε να μας δίνετε η δυνατότητα να μπορούμε να προκαλέσουμε συμπίεση σε βαθμό που εμείς θέλουμε.

Στην ενότητα «συμπίεση» που παρουσιάζεται παρακάτω θα αναλυθούν λεπτομερώς ο τρόπος και η διαδικασία συμπίεσης.

10.2.1 Επιλογή βίντεο

Φωτεινότητα (Lightness)

Πρώτο βίντεο: Αποχρώσεις του γκρι

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις της συμπίεσης, στις αποχρώσεις του γκρι όσον αφορά την φωτεινότητα του.

Δεύτερο βίντεο: Χρωματικές μπάρες

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις αλλαγές στις χρωματικές αποχρώσεις όσον αφορά την φωτεινότητα, μετά την συμπίεση.

Τρίτο βίντεο: Μοντέλο RGB

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις μετά την συμπίεση, στα τρία βασικά χρώματα που αποτελούν το συγκεκριμένο μοντέλο.

Τέταρτο βίντεο: Λευκή κάρτα βίντεο

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις μετά την συμπίεση, στο λευκό χρώμα. Θεωρήθηκε απαραίτητη η πρόσθεση ενός δεύτερου χρώματος στο βίντεο, διότι δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί συμπίεση με απώλειες μόνο στο λευκό.

Πέμπτο βίντεο: Εσωτερικό πλάνο με κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις αλλαγές της φωτεινότητας μετά την συμπίεση σε εσωτερικό χώρο με έντονο φωτισμό.

Έκτο βίντεο: Εσωτερικό σταθερό πλάνο

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις στη φωτεινότητα μετά την συμπίεση σε εσωτερικό χώρο με έντονο φωτισμό.

Έβδομο βίντεο: Εξωτερικό σταθερό πλάνο

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις στη φωτεινότητα μετά την συμπίεση σε εξωτερικό χώρο.

Οξύτητα (Sharpness)
Πρώτο βίντεο: Κάθετες ασπρόμαυρες γραμμές

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις της συμπίεσης όσον αφορά την οξύτητα του βίντεο. Η επιλογή των κάθετων γραμμών δεν ήταν τυχαία, εφόσον η σάρωση γίνεται οριζόντια, θεωρητικά περιμένουμε να δούμε αύξηση της οξύτητας στον κάθετο άξονα.

Δεύτερο βίντεο: Οριζόντιες ασπρόμαυρες γραμμές

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις διαφορές που προκύπτουν μετά την συμπίεση στην οξύτητα. Η επιλογή των οριζόντιων γραμμών δεν ήταν τυχαία, εφόσον η κωδικοποίηση μερικές φορές γίνεται ανά δύο γραμμές, και θεωρητικά αναμένουμε να παρατηρήσουμε κάποιες πιθανές αλλαγές.

Τρίτο βίντεο: Φωτογραφία από πλάνο

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις όποιες διαφορές στην οξύτητα, οι οποίες θα προκληθούν μετά από την συμπίεση. Το συγκεκριμένο βίντεο είναι φωτογραφία (σταθερό frame) από φυσικό βίντεο.

Τέταρτο βίντεο: Σταθερό εσωτερικό πλάνο

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις μετά την συμπίεση στην οξύτητα σε εσωτερικό σταθερό πλάνο.

Πέμπτο βίντεο: Εσωτερικό πλάνο με κίνηση zoom

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε και αυτό με τη σειρά του για να δούμε εάν μετά την συμπίεση παρατηρηθούν διαφορές στην οξύτητα.

Στα τελευταία χρησιμοποιήθηκε αυτό το πλάνο με το “σακάκι” για τον λόγο ότι είναι ένα αντιπροσωπευτικό πλάνο στο οποίο θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε έντονα το φαινόμενο της οξύτητας.

«Προσδιορισμός» των μπλοκς (Blockiness)

Πρώτο βίντεο: Ασπρόμαυρες πλάγιες γραμμές

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις της συμπίεσης, στην παράμετρο Blockiness. Απο τις θεωρητικές μας γνώσεις θεωρήθηκε απαραίτητο να δημιουργήσουμε πλάγιες γραμμές, ώστε τα μπλοκς μετά την συμπίεση να είναι διακριτά. Σε περίπτωση όπου οι γραμμές ήταν οριζόντιες τα μπλοκς θα ήταν δυσκολότερο να γίνουν αντιληπτά, εφόσον μπορεί να συνέπιπταν πάνω σε αυτές.

Δεύτερο βίντεο: Έγχρωμες πλάγιες γραμμές

Είναι τεχνητό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις επιπτώσεις της συμπίεσης, στη παράμετρο Blockiness. Δημιουργήθηκαν πλάγιες για τον λόγο που δημιουργήθηκε και το πρώτο βίντεο. Η διαφορά όμως είναι ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση οι γραμμές είναι έγχρωμες, και αυτό για να συγκρίνουμε πόσο διακριτή είναι η διαφορά μετά την συμπίεση στις ασπρόμαυρες και πόσο στις έγχρωμες.

Τρίτο βίντεο: Εσωτερικό πλάνο με κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε πόσο μεταβάλλεται η παράμετρος Blockiness σε εσωτερικά πλάνα με κίνηση.

Τέταρτο βίντεο: Εξωτερικό πλάνο με κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να παρατηρήσουμε τις όποιες αλλαγές προκύψουν, όσον αφορά την παράμετρο Blockiness, μετά την συμπίεση. Όπως και το προηγούμενο, υπήρχε λόγος που τα πλάνα δεν ήταν στατικά και είχαν κίνηση. Αυτό γιατί όταν μεταβάλλονται τα χρώματα και σε κάθε πλαίσιο του βίντεο υπάρχουν αρκετές διαφορές, η συμπίεση που πραγματοποιείται είναι αρκετά μεγάλη με αποτέλεσμα να υπάρχουν και έντονα διαφορές στο ασυμπιεστο βίντεο με το συμπιεσμένο.

Πρώτο βίντεο: Εσωτερικό πλάνο με κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να μπορέσουμε να παρατηρήσουμε τυχόν διαφορές που παρουσιάζονται στη ποιότητα των χρωμάτων. Ο λόγος που το πλάνο ήταν με κίνηση και με πολλές χρωματικές αλλαγές, ήταν για να δούμε εάν το ανθρώπινο μάτι μπορεί να παρατηρήσει τυχόν διαφορές στα χρώματα σε ένα αντικείμενο που έχει κίνηση.

Δεύτερο βίντεο: Μοντέλο RGB

Είναι τεχνητό βίντεο. Το ίδιο χρησιμοποιήθηκε και στην παράμετρο που ελέγχουμε την φωτεινότητα. Στην συγκεκριμένη παράμετρο θεωρήθηκε απαραίτητη η “παρουσία” του, με σκοπό να ελέγξουμε εάν μετά την συμπίεση παρατηρούνται αλλαγές σε αυτά τα τρία χρώματα που αποτελούν το μοντέλο RGB.

Ομαλότητα της κίνησης (Smoothness of Motion)

Πρώτο βίντεο: Κίνηση αντικειμένου

Είναι τεχνητό βίντεο. Δημιουργήθηκε με σκοπό να ελεγχθεί εάν μετά την συμπίεση που θα υποστεί, θα παρουσιαστούν αλλαγές στην ομαλότητα της κίνησης του.

Δεύτερο βίντεο: Αντικείμενο με κανονική κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να δούμε τις όποιες επιπτώσεις προέλθουν από τη συμπίεση μόνο σε ότι αφορά την κίνηση του αντικειμένου.

Τρίτο βίντεο: Αντικείμενο με πολύ γρήγορη κίνηση

Είναι φυσικό βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε για να ελέγξουμε κατά πόσο διακριτές μπορούν να γίνουν από το ανθρώπινο μάτι, τυχόν καθυστερήσεις στην κίνηση του συγκεκριμένου αντικειμένου.

10.2.2 Δημιουργία βίντεο

Όπως αναφέρθηκε στο εισαγωγικό σημείωμα τα τεχνητά βίντεο δημιουργήθηκαν από στατικές εικόνες στο Photoshop CS. Οι διαστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 720x576, Pal DV. Πιο αναλυτικά, το πλάτος της εικόνας καθορίστηκε στα 720 pixels και το ύψος στα 576 pixels. Η ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε ήταν 72 pixels/inch και RGB το χρωματικό μοντέλο στα 8 bit.

Οι τιμές που δόθηκαν στο μοντέλο RGB για να προκύψουν τα χρώματα που αποτέλεσαν τις εικόνες αυτές θα παρουσιαστούν στους αμέσως επόμενους πίνακες.

Πίνακας 10.1: Λευκή κάρτα

RGB		
1	R	210
	G	210
	B	210
2	R	160
	G	160
	B	160
3	R	98
	G	98
	B	98

Πίνακας 10.2: Αποχρώσεις του γκρι

RGB		
R	R	255
	G	0
	B	0
G	R	0
	G	255
	B	0
B	R	0
	G	0
	B	255

Πίνακας 10.3: Μοντέλο RGB

RGB	
R	255
G	255
B	255

Το project που δημιουργήθηκε στο Premiere είχε τα εξής χαρακτηριστικά για όλα τα βίντεο.

[Τα φυσικά βίντεο εισήχθησαν στο πρόγραμμα κάνοντας capture. Τα τεχνητά δημιουργήθηκαν εφόσον είχαν εισαχθεί οι εικόνες στο Premiere από το Photoshop. Για όλα όμως το project στο Premiere είχε τις ακόλουθες βασικές προδιαγραφές.]

General
Editing mode: DV Playback Timebase: 25.00 fps
Video Settings
Frame size: 720h 576v (1.067) Frame rate: 25.00 frames/second Pixel Aspect Ratio: D1/DV PAL (1.067) Color depth: Millions of colors Quality: 100 (out of 100) Fields: Lower Field First
Recorder
DV/IEEE1394 Capture
Video Rendering
DV (PAL) Color depth: Millions of colors

Πίνακας 10.4: προδιαγραφές για το Premiere

Σε όλα τα βίντεο έγινε export από το Premiere σε ασυμπίεστη μορφή avi. Η συμπίεση των βίντεο έγινε με κάποιο ειδικό πρόγραμμα συμπίεσης. Το θέμα αυτό αναλύεται στην επόμενη ενότητα.

10.3 Επιλογή προγράμματος συμπίεσης

Η επιλογή του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε για την συμπίεση των βίντεο, επιλέχθηκε μετά από μικρή έρευνα γύρω από τους πιο σημαντικούς video converter. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιήσαμε τελικά τον Xilisoft Video Converter είναι γιατί φάνηκε να είναι ο πιο αξιόπιστος για αυτό που θέλαμε να πραγματοποιήσουμε. Θα αναφέρω ονομαστικά κάποια από τα προγράμματα συμπίεσης τα οποία δοκιμάστηκαν στην προσπάθεια να «ανακαλύψουμε» το καλύτερο και το πιο αξιόπιστο.

4UAVIMPEGConverter 21713-Fx-Video Converter Asf Converter Digital Media Converter 2.6 Xilisoft Video Converter
--

Πίνακας 10.5: video converters

Χρησιμοποιήσαμε το τελευταίο γιατί θεωρήθηκε αρκετά αξιόλογο αφού είναι ένα πρόγραμμα με πολλές δυνατότητες. Καταρχήν μπορεί να αναλύσει την αρχική πηγή, δηλαδή το αρχικό μας βίντεο και να μας δώσει τα χαρακτηριστικά του. Αυτό ήταν πάρα πολύ σημαντικό εφόσον μας δινόταν η ευκαιρία να ελέγχουμε για ακόμη μια φορά τις ιδιότητές του όπως για παράδειγμα, την διάρκεια, το format, τις διαστάσεις του καθώς και την συχνότητα ανανέωσης. Ιδιότητες, που του είχαν δοθεί από το Premiere.

Επίσης είναι αρκετά αξιόλογο για ακόμα ένα λόγο και ίσως και τον πιο σημαντικό. Το πρόγραμμα αυτό μας δίνει την δυνατότητα επιλογής συμπίεσης, αφού παρέχει πολλούς codecs. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να συμπίεσουμε ένα βίντεο με διαφορετικούς κωδικοποιητές και να έχουμε ως αποτέλεσμα διαφορετικές συμπίεσεις, κάτι που με άλλα προγράμματα ήταν αδύνατον εφόσον οι συμπίεσεις ήταν συγκεκριμένες.

Ο τίτλος της Πτυχιακής έχει να κάνει άμεσα με την επιλογή των συμπίεσεων. Αυτό αναφέρεται για το λόγο ότι για να επιλεγθούν κάποια πρωτόκολλα συμπίεσεων και στην συνέχεια να συγκριθούν μεταξύ τους, θα πρέπει πρώτα να έχει επιλεγθεί ένα σημαντικό πρόγραμμα το οποίο θα είναι ικανό για όλα τα παραπάνω.

10.4 Συμπίεση

Μελετώντας το πρόγραμμα.. πριν να πραγματοποιήσουμε τις συμπίεσεις πειραματιστήκαμε με δύο τρόπους, ή αλλιώς, θέσαμε δύο περιπτώσεις.

1η περίπτωση:

Τι θα προέκυπτε εάν σε δύο διαφορετικές μεθόδους συμπίεσης δίναμε το ίδιο ποσοστό συμπίεσης για την κάθε μια;

Εάν όλοι οι παράμετροι συμπίεσης είναι ίδιες και για τις δύο συμπίεσεις τότε τα δύο αυτά συμπιεσμένα βίντεο που προκύπτουν έχουν διαφορετικό μέγεθος το ένα από το άλλο. Η πρώτη σκέψη όταν δηλώσαμε το θέμα της πτυχιακής ήταν να ελέγξουμε την ποιότητα των βίντεο τα οποία συμπιέστηκαν με τα ίδια ποσοστά. Δεν ήταν απλό αυτό το θέμα αλλά ανακαλύπτοντας ότι υπάρχει και μια δεύτερη περίπτωση η οποία ίσως είχε προτεραιότητα στο θέμα αυτό, θεωρήσαμε περισσότερο απαραίτητη την ανάλυση της. Και ο λόγος; ... το μεγάλο μέγεθος των βίντεο που κάνει απαραίτητη την συμπίεση τους.

Παράμετροι συμπίεσης	Συμπίεσεις	
	A	B
1.	a	a
2.	b	b
3.	c	c
4.	d	d
5.	e	e
Μέγεθος που προκύπτει μετά την συμπίεση	X	Y

Πίνακας 10.6: πρώτη περίπτωση συμπίεσης

2η περίπτωση:

Στην περίπτωση όμως που κρατήσουμε ίδιες όλες τις παραμέτρους συμπίεσης εκτός από το bit rate; Δηλαδή όταν για την κάθε συμπίεση μεταβάλλεται το bit rate ενώ όλες οι άλλες παράμετροι παραμένουν ίδιες, τι συμβαίνει;

..Υπάρχει η δυνατότητα ανάλογα με το bit rate που θα δηλωθεί στην καθεμία να προκύψει το ίδιο μέγεθος και στις δύο συμπίεσεις.

Παράμετροι συμπίεσης	Συμπίεσεις	
	A	B
1.	a	a
2.	b	b
3.	c'	c''
4.	d	d
5.	e	e
Μέγεθος που προκύπτει μετά την συμπίεση	Z	Z

Πίνακας 10.7: δεύτερη περίπτωση συμπίεσης

Κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις αποτελούν μια ολοκληρωμένη ερευνητική μελέτη. Περισσότερο ενδιαφέρον όμως προκαλεί η δεύτερη και ο λόγος είναι γνωστός. Το βασικό πρόβλημα που κάνει αναγκαία την συμπίεση των βίντεο όπως είναι γνωστό είναι το μέγεθος τους. Άρα λογικό είναι να είναι ενδιαφέρον και πολύ σημαντική μια τέτοια μελέτη.

Θα μπορούσαμε να είχαμε πειραματιστεί και με τις δύο περιπτώσεις, αλλά προτιμήσαμε να ερευνήσουμε μόνο την δεύτερη γιατί μετά το θέμα της πτυχιακής θα έπαιρνε άλλες διαστάσεις, με άλλα δεδομένα και άλλα αποτελέσματα. Πρέπει να τονιστεί ότι και η πρώτη περίπτωση είναι εξίσου σημαντική και θα μπορούσε να ήταν η συνέχεια αυτής της εργασίας.

Σύμφωνα με την προηγούμενη ενότητα, προχωρήσαμε στην συμπίεση. Μεταβάλλοντας το bit rate προσπαθήσαμε να βγάλουμε το ίδιο μέγεθος αρχείου σε όλες τις συμπίεσεις. [Οι συμπίεσεις που χρησιμοποιήσαμε παρουσιάστηκαν στο ένατο κεφάλαιο της Πτυχιακής.] Όσο πιο πολύ μειώναμε το bit rate, τόσο μειωνόταν και η ποιότητα των βίντεο. Οι συμπίεσεις πραγματοποιήθηκαν σε ένα μέσο βαθμό, δηλαδή προσπαθήσαμε να μειώσουμε τόσο το bit rate ώστε να μπορούμε να δούμε ακόμα και σε ένα βίντεο αρκετά συμπιεσμένο τις διαφορές σε κάθε συμπίεση.

Με άλλα λόγια, εάν μειώναμε ελάχιστα το bit rate θα ήταν πολύ δύσκολο να βγάλουμε συμπεράσματα μετά από την σύγκριση των συμπίεσεων και ειδικά να παρατηρήσουμε τις διαφορές που θα παρουσιάζονταν.

Εάν για παράδειγμα είχαμε ένα αποθηκευτικό χώρο πάρα πολύ μικρό, και έπρεπε να συμπιέσουμε το κάθε βίντεο ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί σ' αυτό, με τόση συμπίεση ποιο από τα βίντεο θα είχε την καλύτερη ποιότητα; Αυτό το παράδειγμα είναι και η βάση του πειραματικού μέρους της Πτυχιακής αυτής. Έχοντας ως ερώτημα το παραπάνω παράδειγμα, μέσω της συμπίεσης προσπαθήσαμε να βρούμε τη «λύση».

Οι συμπίεσεις παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες για την κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Οι παρακάτω ρυθμίσεις εκτός από το bit rate παρέμειναν σταθερές κατά την συμπίεση.

Φωτεινότητα (Lightness)

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	128	152	179	140
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	303ΚΒ	303ΚΒ	303ΚΒ	303ΚΒ

Πρώτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	38	50	56	39
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	294ΚΒ	294ΚΒ	294ΚΒ	294ΚΒ

Δεύτερο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	501	535	545	520
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	762ΚΒ	762ΚΒ	762ΚΒ	762ΚΒ

Τρίτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	119	150	170	128
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	288ΚΒ	288ΚΒ	288ΚΒ	288ΚΒ

Τέταρτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	450	478	486	494
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	488ΚΒ	488ΚΒ	488ΚΒ	488ΚΒ

Πέμπτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	500	430	436	442
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	558ΚΒ	558ΚΒ	558ΚΒ	558ΚΒ

Έκτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	800	827	821	839
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	702ΚΒ	702ΚΒ	702ΚΒ	702ΚΒ

Έβδομο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Οξύτητα (Sharpness)

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	450	470	477	474
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	728ΚΒ	728ΚΒ	728ΚΒ	728ΚΒ

Πρώτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	437	450	459	454
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	730ΚΒ	730ΚΒ	730ΚΒ	730ΚΒ

Δεύτερο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	80	72	87	81
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	524ΚΒ	524ΚΒ	524ΚΒ	524ΚΒ

Τρίτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mpeg4v2	mpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	790	752	750	780
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	844ΚΒ	844ΚΒ	844ΚΒ	844ΚΒ

Τέταρτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	17	686	708	709
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	1,03ΜΒ	1,03ΜΒ	1,03ΜΒ	1,03ΜΒ

Πέμπτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

«Προσδιορισμός» των μπλοκς (Blockiness)

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	273	249	245	249
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	731ΚΒ	731ΚΒ	731ΚΒ	731ΚΒ

Πρώτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	250	235	243	246
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	732ΚΒ	732ΚΒ	732ΚΒ	732ΚΒ

Δεύτερο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	250	422	440	432
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	400ΚΒ	400ΚΒ	400ΚΒ	400ΚΒ

Τρίτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	1610	20	1650	1640
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	1,10ΜΒ	1,10ΜΒ	1,10ΜΒ	1,10ΜΒ

Τέταρτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 17.1 MB

Πιστότητα Χρώματος (Color Fidelity)

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	20	700	750	790
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	1ΜΒ	1ΜΒ	1ΜΒ	1ΜΒ

Πρώτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 30.9 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	501	535	545	520
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	762ΚΒ	762ΚΒ	762ΚΒ	762ΚΒ

Δεύτερο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 34.3 MB

Ομαλότητα της κίνησης (Smoothness of Motion)

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	100	251	290	114
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	300ΚΒ	300ΚΒ	300ΚΒ	300ΚΒ

Πρώτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 27.4 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	99	124	157	154
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	287ΚΒ	287ΚΒ	287ΚΒ	287ΚΒ

Δεύτερο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 15.2 MB

Convert to:	MPEG2	AVI	WMV	MOV
Video Codec	mpeg2video	mmpeg4v2	mmpeg4	mpeg4
Video Size	720x576	720x576	720x576	720x576
Bit Rate	16	62	67	65
Bit Rate_max	Auto	Auto	Auto	Auto
Bit Rate_min	Auto	Auto	Auto	Auto
Buffer_Size	Auto	Auto	Auto	Auto
Frame Rate	25	25	25	25
Aspect	Auto	Auto	Auto	Auto
Pass	1	1	1	1
ΜΕΓΕΘΟΣ	144ΚΒ	144ΚΒ	144ΚΒ	144ΚΒ

Τρίτο βίντεο
αρχικό μέγεθος: 6.45 MB

10.5 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου

Ολοκληρώνοντας τις συμπιέσεις το επόμενο βήμα ήταν να δημιουργηθεί το συγκριτικό τεστ, όπου ένα δείγμα θεατών θα παρακολουθούσαν καθένας ξεχωριστά τα ασυμπίεστα και συμπιεσμένα βίντεο και θα απαντούσαν σε κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο. Ουσιαστικά, η Πτυχιακή ολοκληρώνεται με την Στατιστική Μελέτη που θα διεξαχθεί από αυτό το συγκριτικό τεστ.

Για να δημιουργηθεί σωστά το ερωτηματολόγιο βασιστήκαμε σε μεθόδους και εφαρμογές στατιστικής.

10.5.1 Παρουσίαση ερωτηματολογίου

Αρχικά ο κάθε ένας που συμμετέχει στο τεστ αυτό καλείται να συμπληρώσει κάποια προσωπικά στοιχεία. Ημερομηνία και ώρα θεωρήθηκαν απαραίτητα στοιχεία για την εγκυρότητα του τεστ. Χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα υποκειμενικού προσδιορισμού για να χαρακτηριστεί η ποιότητα των συμπιεσμένων βίντεο. Οι συμπιέσεις παρουσιάστηκαν στο ερωτηματολόγιο ανώνυμες ώστε να μην παρασυρθούν οι συμμετέχοντες και βαθμολογήσουν ανάλογα καθώς κάποιες από αυτές θεωρούνται ευρέως γνωστές. Η σειρά των συμπιέσεων που παρουσιάστηκαν είναι η ακόλουθη:

A	B	Γ	Δ
.avi	.mov	.wmv	.mpeg

Ακολουθεί παρουσίαση του ερωτηματολογίου..

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Κάρτα Πειράματος

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΤΕΣΤ

Πειραματικό Μέρος της Πτυχιακής Εργασίας:
"ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΒΙΝΤΕΟ ΣΗΜΑΤΟΣ"

Επιμέλεια: Βεντουρή Ελένη
Υπεύθυνος καθηγητής: κ. Χουσίδης Χρήστος

Στοιχεία συμμετέχοντα:

Φύλλο: Α Θ

Ηλικία: 18-20
21-30
31-40
41-50
51 και άνω

Θα παρακολουθήσω το πείραμα με οφθαλμολογικά γυαλιά: Ναι Όχι

Με φακούς: Ναι Όχι

Γνώση του αντικειμένου: Καθόλου
Ελάχιστη
Αρκετή

Ημερομηνία: _____ Ώρα: _____

σελίδα 1

Τα συμπιεσμένα βίντεο στο παρακάτω ερωτηματολόγιο θα πρέπει να χαρακτηρισθούν σύμφωνα με την κλίμακα υποκειμενικού προσδιορισμού της ποιότητας του βίντεο.

Συντελεστής	Ποιότητα	Ενόχληση
Q=1	Εξαιρετική	Δεν γίνεται αντιληπτή
Q=2	Καλή	Αντιληπτή, αλλά όχι ενοχλητική
Q=3	Ικανοποιητική	Λίγο ενοχλητική
Q=4	Φτωχή	Ενοχλητική
Q=5	Κακή	Πολύ ενοχλητική

κλίμακα υποκειμενικού προσδιορισμού

Παρακαλώ να είστε προσεκτικοί και να μην απαντάτε στην τύχη.
Σας ευχαριστώ για την συμμετοχή.

σελίδα 2

- Lightness -

1

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

2

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

3

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

4

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

5

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

6

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

σελίδα 3

- Sharpness -

7

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

1

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

2

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

3

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

4

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

5

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ	Ποιότητα
					1 Εξαιρετική
					2 Καλή
					3 Ικανοποιητική
					4 Φτωχή
					5 Κακή

σελίδα 4

- Blockiness -

1

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

2

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

3

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

- Color Fidelity -

4

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

1

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

2

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

σελίδα 5

- Smoothness of motion -

1

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

2

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

3

Συμπύεση	Α	Β	Γ	Δ
Ποιότητα	1	2	3	4
	Εξαιρετική	Καλή	Ικανοποιητική	Φτωχή
	5			Κακή

σελίδα 6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

11.1 Προετοιμασία Πειράματος

Το πείραμα υλοποιήθηκε σε εργαστηριακό χώρο του ΤΕΙ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ, και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Mastering την περίοδο από 21 έως 25 Σεπτεμβρίου του 2006. Κατά την πρόταση για ανάθεση της Πτυχιακής εργασίας δηλώθηκε ότι το πείραμα θα υλοποιηθεί στο εργαστήριο «Ήχος και Εικόνα». Δεν πραγματοποιήθηκε όμως στον χώρο αυτό για τον λόγο ότι δεν μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε έναν υπολογιστή ο οποίος θα ήταν συνδεδεμένος με δύο οθόνες και για ένα δεύτερο λόγο ότι το πείραμα «απαιτούσε» συγκέντρωση και χρειαζόμασταν χώρο όπου θα υπήρχε ησυχία.

Στον εργαστηριακό χώρο του Mastering όμως υπήρχε η δυνατότητα αυτή. Ο υπολογιστής του εργαστηρίου είχε υποδοχή και για μια δεύτερη οθόνη. Για να υλοποιήσουμε το πείραμα χρειαζόμασταν χώρο με ιδανικές συνθήκες. Το μόνο πρόβλημα που υπήρχε στο εργαστήριο αυτό ήταν ο φωτισμός. Υπήρχαν στόρια στα παράθυρα αλλά το φυσικό φως που μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας ίσως δημιουργούσε προβλήματα στην σύγκριση. Το λογικό ήταν να έχουμε σταθερό τεχνητό φωτισμό. Άρα χρησιμοποιήθηκε σκούρο μπλε χαρτόνι και κλείσαμε τα παράθυρα ώστε να προκαλέσουμε πλήρη συσκότιση. Έτσι όλες τις ώρες ο φωτισμός ήταν σταθερός.

Όσο για τις δύο οθόνες, η χρήση των οποίων θεωρήθηκε απαραίτητη, υπήρχε και εκεί ένα πρόβλημα. Εύκολα μπορεί να καταλάβει κανείς ότι για να υλοποιηθεί ένα τέτοιο πείραμα και για να δοθούν έγκυρα αποτελέσματα, σίγουρα απαιτείται και ένα σύστημα με πολύ καλές προδιαγραφές. Οι οθόνες όμως που χρησιμοποιήθηκαν ήταν CRT 17" και ήταν μια μέση λύση για την διεκπεραίωση του πειράματος μέσα σε λογικά πλαίσια της Πτυχιακής.

Πιο αναλυτικά, παραθέτουμε τα χαρακτηριστικά των δύο οθόνων και τις ρυθμίσεις που έγιναν ώστε να χρησιμοποιηθούν σε έναν υπολογιστή και οι δύο..

.. Για monitor χρησιμοποιήθηκε μια οθόνη Philips 17" και συγκεκριμένα το μοντέλο Brilliance 107 P4

.. Για control χρησιμοποιήθηκε πάλι οθόνη Philips 17" αλλά το μοντέλο 107 E4.

.. Η συχνότητα ανανέωσης και των δύο ήταν στα 80 Hertz, η ανάλυση στα 1152 επί 864 pixel, και η ποιότητα χρώματος πολύ υψηλή (32bit).

.. Display: Plug in and play Monitor on Radeon 8500 Series.

11.2 Διεξαγωγή πειράματος

Για να οργανωθεί σωστά ο τρόπος διεξαγωγής του πειράματος βγάλαμε ανακοίνωση σε χώρους του ΤΕΙ ώστε να γίνει γνωστό και να προσέλθουν άτομα. Η παρουσίαση των βίντεο γινόταν ατομικά όπου ο θεατής έπρεπε να παρακολουθεί ένα – ένα τα βίντεο. Πρώτα το ασυμπιεστο και στην συνέχεια το συμπιεσμένο για όλα τα βίντεο σε κάθε παράμετρο. Έγινε μια πειραματική προσπάθεια στην αρχή, όπου μετά από κάθε ασυμπιεστο βίντεο και πριν από το συμπιεσμένο του εμφανιζόταν για 10" ένα μαύρο βίντεο για να γίνεται αντιληπτό ότι το ασυμπιεστο έχει τελειώσει. Αυτό όμως φάνηκε να δημιουργούσε πρόβλημα στον θεατή γιατί δεν μπορούσε να κρατήσει στην μνήμη του την διαφορά στα δύο βίντεο. Έτσι ο τρόπος παρουσίασης των βίντεο ορίστηκε πρώτα το ασυμπιεστο και στην συνέχεια κατευθείαν το συμπιεσμένο χωρίς να παρεμβάλλεται κανένα ενδιάμεσο στοιχείο. Στην συνέχεια ο θεατής έπρεπε να βαθμολογήσει την ποιότητα του συμπιεσμένου σε σχέση πάντα με το ασυμπιεστο, βάση της κλίμακας υποκειμενικού προσδιορισμού της ποιότητας του βίντεο.

Να σημειωθεί ότι πριν να ξεκινήσει το συγκριτικό τεστ, παρουσιαζόταν μια θεωρητική εισαγωγή σε εφαρμογή PowerPoint. Η εισαγωγή αναφερόταν στις πέντε παραμέτρους του τεστ. Στο προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή της και αναφέρονται και οι λόγοι για τους οποίους έπρεπε να παρουσιάζεται πριν από το τεστ.

Για να παρουσιαστούν τα βίντεο χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε ένα πρόγραμμα (media player). Κάνοντας μια μικρή έρευνα γύρω από αυτό το θέμα προσπαθήσαμε να «ανακαλύψουμε» το καλύτερο πρόγραμμα ώστε να μπορούν να αναπαραχθούν όλες οι συμπιέσεις που αποτελούσαν το “πειραματικό” μέρος χωρίς να τους προκαλείται καμία παραμόρφωση που θα ήταν εμπόδιο στην σωστή διεξαγωγή του.

Προγράμματα που «μελετήθηκαν»....

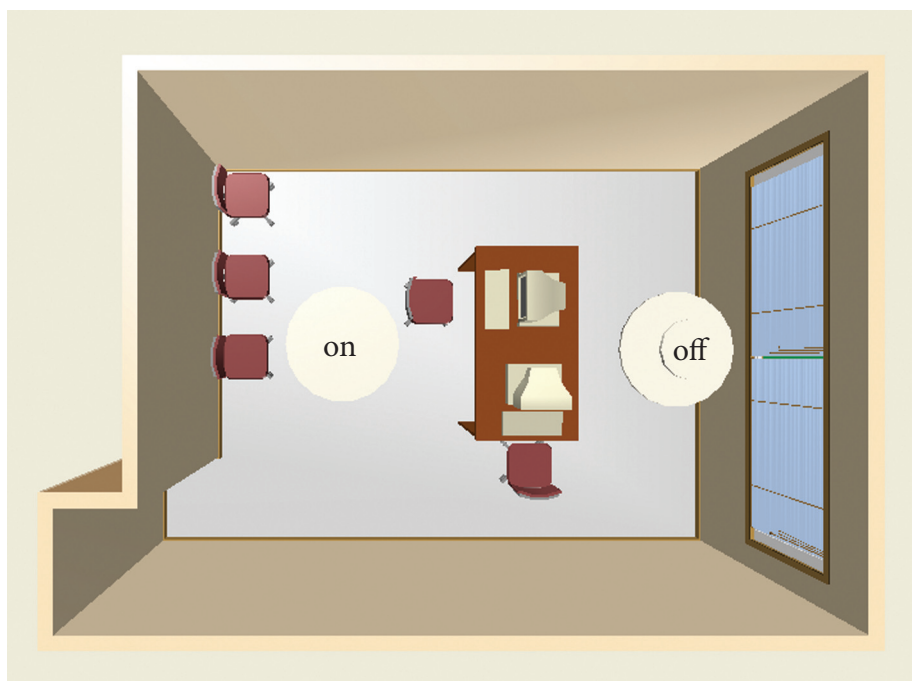
AVI Movie Player 5.0 FE Digital Media Player Hero Super Player 3000 Rules Player 0.81 Triologic Video Player 4 VLC Media Player 0.8. 4a Windows Media Player
--

Πίνακας 11.1: media players

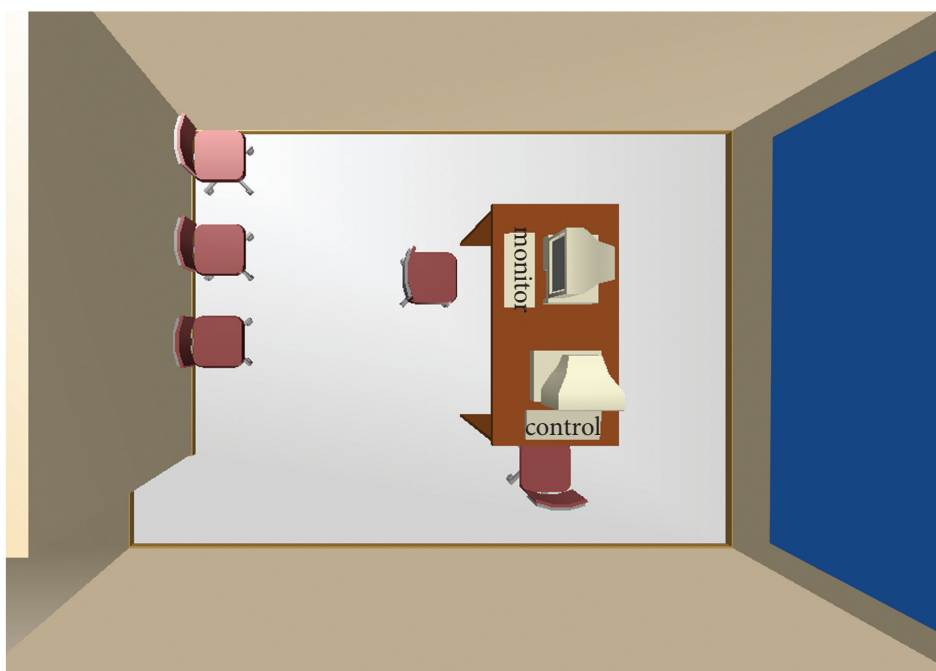
Από τα παραπάνω προγράμματα το πιο αξιόπιστο φάνηκε να είναι το VLC Media Player 0.8. 4a. Χρησιμοποιεί πολλούς codec με σκοπό να μπορεί να αναπαράγει οποιασδήποτε μορφής βίντεο και να μην δημιουργεί παραμορφώσεις όπως παρατηρήθηκε σε κάποια άλλα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, το πείραμα έγινε με δύο οθόνες. Η μία από αυτές χρησιμοποιήθηκε για control και η άλλη για monitor. Στην control υπήρχαν φτιαγμένες play lists με την σειρά των βίντεο που έπρεπε να προβληθούν και η άλλη οθόνη είχε ρυθμιστεί σε full screen όπου γινόταν η παρουσίαση των βίντεο.

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται σε 3D μορφή ο χώρος όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Ακόμα, η θέση που γινόταν ο προγραμματισμός, η θέση του θεατή και οι ρυθμίσεις που έγιναν στον χώρο και στον φωτισμό.



Σχήμα 11.1: κάτοψη χώρου 1



Σχήμα 11.2 : κάτοψη χώρου 2

11.3 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Σε αυτή την ενότητα παραθέτονται τα αποτελέσματα του πειραματικού μέρους της Πτυχιακής. Πίνακες και διαγράμματα. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της Στατιστικής Ανάλυσης ήταν το πρόγραμμα SPSS 12.0 και το Microsoft Office Excel 2003.

α' μέρος

Statistics

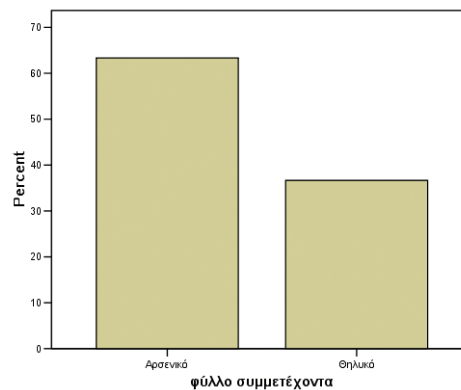
	φύλλο συμμετέχοντα	ηλικία συμμετέχοντα	συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά	συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής	γνώση του αντικειμένου
N Valid	60	60	60	60	60
Missing	0	0	0	0	0

Στον παραπάνω πίνακα υπάρχει μια γενική στατιστική ανάλυση, όπου φαίνεται πόσα άτομα πήραν μέρος στο συγκριτικό τεστ. Αναφέρουμε λοιπόν, ότι το πείραμα παρακολούθησαν εξήντα άτομα. Αριθμός ικανοποιητικός βάση της Στατιστικής για να μπορέσουμε να βγάλουμε αξιόλογα αποτελέσματα.

Στο πρώτο μέρος της Στατιστικής Ανάλυσης παρουσιάζονται τα αρχικά στοιχεία του ερωτηματολογίου, με πίνακες και με τα αντίστοιχα γραφήματα...

φύλλο συμμετέχοντα

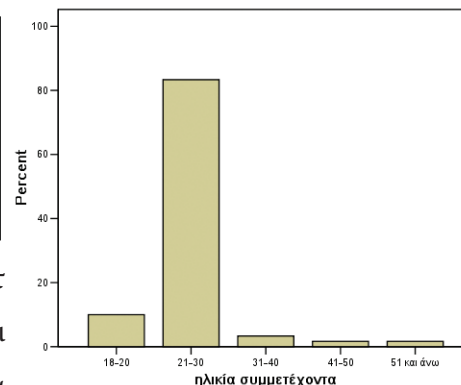
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Αρσενικό	38	63,3	63,3	63,3
Θηλυκό	22	36,7	36,7	100,0
Total	60	100,0	100,0	



Από τα συγκεκριμένα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής αντιστοιχεί στα αγόρια και λιγότερο από το 40% στα κορίτσια.

ηλικία συμμετέχοντα

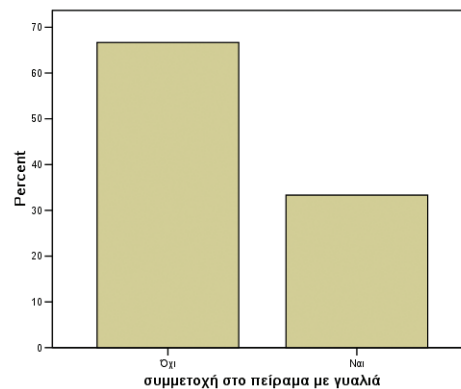
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 18-20	6	10,0	10,0	10,0
21-30	50	83,3	83,3	93,3
31-40	2	3,3	3,3	96,7
41-50	1	1,7	1,7	98,3
51 και άνω	1	1,7	1,7	100,0
Total	60	100,0	100,0	



Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, το τεστ παρακολούθησαν άτομα ηλικίας 21-30 ετών. Ελάχιστοι ήταν εκείνοι που είχαν ηλικία 18-20 ετών και ακόμα λιγότεροι ηλικίας άνω των 30. Αυτό είναι λογικό εφόσον οι περισσότεροι που πήραν μέρος ήταν φοιτητές.

συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Όχι	40	66,7	66,7	66,7
	Ναι	20	33,3	33,3	100,0
Total		60	100,0	100,0	

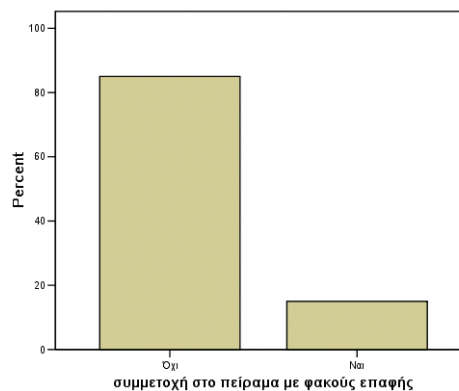


Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες δεν φορούσαν γυαλιά. Σημαντικό όμως θεωρήθηκε το ποσοστό συμμετοχής που φορούσε γυαλιά.

Το συγκεκριμένο στοιχείο, καθώς και το επόμενο θεωρήθηκαν εξίσου σημαντικά να αναλυθούν.. και ο λόγος; Απλά θέλαμε να ερευνήσουμε εάν υπήρχαν διαφορές στις συγκρίσεις των βίντεο, από εκείνους που φορούσαν γυαλιά ή φακούς, με εκείνους που δεν φορούσαν.

συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής

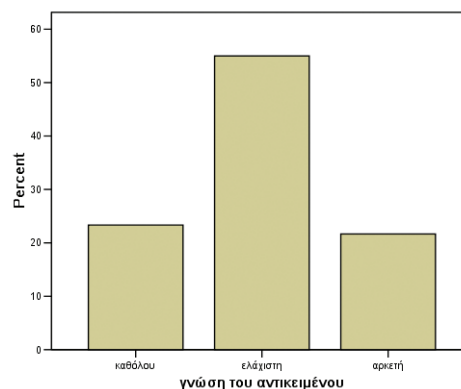
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Όχι	51	85,0	85,0	85,0
	Ναι	9	15,0	15,0	100,0
Total		60	100,0	100,0	



Για την συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής ισχύει ότι αναφέρθηκε και για τα παραπάνω.

γνώση του αντικειμένου

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	καθόλου	14	23,3	23,3	23,3
	ελάχιστη	33	55,0	55,0	78,3
	αρκετή	13	21,7	21,7	100,0
Total		60	100,0	100,0	



Αναλύοντας και το τελευταίο “στοιχείο συμμετέχοντα” κλείνει το πρώτο μέρος της στατιστικής ανάλυσης.

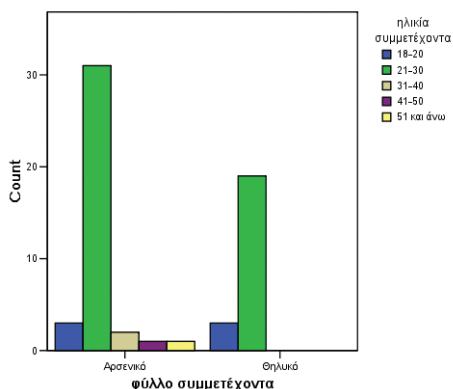
Από τον τελευταίο πίνακα και αντίστοιχα από το γράφημα βλέπουμε ότι οι περισσότεροι που πήραν μέρος στο τεστ, είχαν ελάχιστη γνώση πάνω στο αντικείμενο της συμπίεσης βίντεο. Τα ίδια περίπου ποσοστά φαίνεται να έχουν εκείνοι που δεν είχαν καθόλου γνώση και εκείνοι που είχαν αρκετή.

β' μέρος

Στο β' μέρος παρουσιάζονται σε πίνακες και γραφήματα τα ποσοστά του φύλου (Α και Θ) συγκριτικά με τα άλλα στοιχεία.

φύλλο συμμετέχοντα * ηλικία συμμετέχοντα Crosstabulation

			ηλικία συμμετέχοντα					Total
			18-20	21-30	31-40	41-50	51 και άνω	
φύλλο συμμετέχοντα	Αρσενικό	Count	3	31	2	1	1	38
		% within φύλλο συμμετέχοντα	7,9%	81,6%	5,3%	2,6%	2,6%	100,0%
		% within ηλικία συμμετέχοντα	50,0%	62,0%	100,0%	100,0%	100,0%	63,3%
		% of Total	5,0%	51,7%	3,3%	1,7%	1,7%	63,3%
φύλλο συμμετέχοντα	Θηλυκό	Count	3	19	0	0	0	22
		% within φύλλο συμμετέχοντα	13,6%	86,4%	,0%	,0%	,0%	100,0%
		% within ηλικία συμμετέχοντα	50,0%	38,0%	,0%	,0%	,0%	36,7%
		% of Total	5,0%	31,7%	,0%	,0%	,0%	36,7%
Total		Count	6	50	2	1	1	60
		% within φύλλο συμμετέχοντα	10,0%	83,3%	3,3%	1,7%	1,7%	100,0%
		% within ηλικία συμμετέχοντα	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	10,0%	83,3%	3,3%	1,7%	1,7%	100,0%

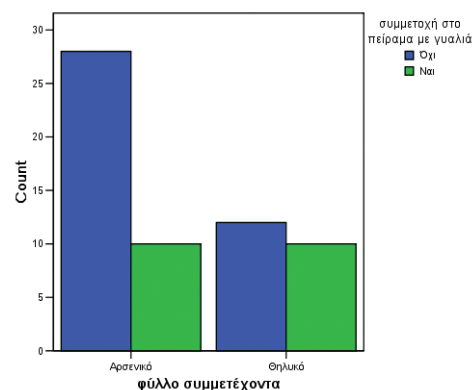


Τα πρώτα στατιστικά σε αυτό το μέρος, αφορούν τα ποσοστά του φύλου και της ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται τα ποσοστά του φύλου σε όλες τις ηλικίες. Θα σημειωθεί ότι για όλες τις ηλικίες υπήρχαν αγόρια που παρακολούθησαν το τεστ, ενώ κορίτσια άνω των 30 ετών δεν συμμετείχαν.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ποσοστά του φύλου σε σχέση με τα ποσοστά συμμετοχής στο πείραμα με γυαλιά. Δεν έχει νόημα να συγκρίνουμε, τα ποσοστά των αγοριών σε σχέση με εκείνα των κοριτσιών διότι τα αγόρια που συμμετείχαν ήταν πολλά περισσότερα από τα κορίτσια. Πάντως όπως παρατηρούμε και από το γράφημα τα ποσοστά όσων φορούσαν γυαλιά ήταν τα ίδια και στα δυο φύλα.

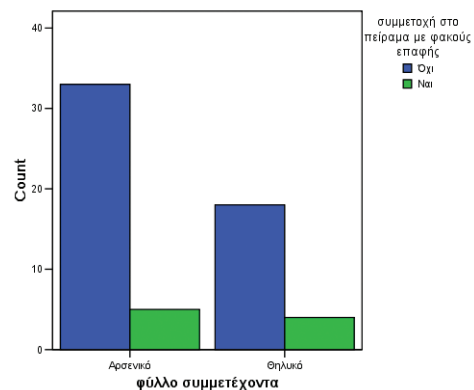
φύλλο συμμετέχοντα * συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά Crosstabulation

			συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά		Total
			Όχι	Ναι	
φύλλο συμμετέχοντα	Αρσενικό	Count	28	10	38
		% within φύλλο συμμετέχοντα	73,7%	26,3%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά	70,0%	50,0%	63,3%
		% of Total	46,7%	16,7%	63,3%
φύλλο συμμετέχοντα	Θηλυκό	Count	12	10	22
		% within φύλλο συμμετέχοντα	54,5%	45,5%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά	30,0%	50,0%	36,7%
		% of Total	20,0%	16,7%	36,7%
Total		Count	40	20	60
		% within φύλλο συμμετέχοντα	66,7%	33,3%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	66,7%	33,3%	100,0%



φύλλο συμμετέχοντα * συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής Crosstabulation

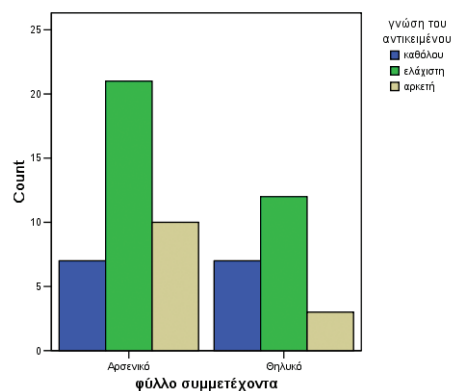
			συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής		Total
			Όχι	Ναι	
φύλλο συμμετέχοντα	Αρσενικό	Count	33	5	38
		% within φύλλο συμμετέχοντα	86,8%	13,2%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής	64,7%	55,6%	63,3%
		% of Total	55,0%	8,3%	63,3%
Θηλυκό	Θηλυκό	Count	18	4	22
		% within φύλλο συμμετέχοντα	81,8%	18,2%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής	35,3%	44,4%	36,7%
		% of Total	30,0%	6,7%	36,7%
Total	Total	Count	51	9	60
		% within φύλλο συμμετέχοντα	85,0%	15,0%	100,0%
		% within συμμετοχή στο πείραμα με φακούς επαφής	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	85,0%	15,0%	100,0%



Για τον παραπάνω πίνακα και αντίστοιχα και για το γράφημα, ισχύει ότι αναφέρθηκε και για την συμμετοχή στο πείραμα με γυαλιά.

φύλλο συμμετέχοντα * γνώση του αντικειμένου Crosstabulation

			γνώση του αντικειμένου			Total
			καθόλου	ελάχιστη	αρκετή	
φύλλο συμμετέχοντα	Αρσενικό	Count	7	21	10	38
		% within φύλλο συμμετέχοντα	18,4%	55,3%	26,3%	100,0%
		% within γνώση του αντικειμένου	50,0%	63,6%	76,9%	63,3%
		% of Total	11,7%	35,0%	16,7%	63,3%
Θηλυκό	Θηλυκό	Count	7	12	3	22
		% within φύλλο συμμετέχοντα	31,8%	54,5%	13,6%	100,0%
		% within γνώση του αντικειμένου	50,0%	36,4%	23,1%	36,7%
		% of Total	11,7%	20,0%	5,0%	36,7%
Total	Total	Count	14	33	13	60
		% within φύλλο συμμετέχοντα	23,3%	55,0%	21,7%	100,0%
		% within γνώση του αντικειμένου	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	23,3%	55,0%	21,7%	100,0%



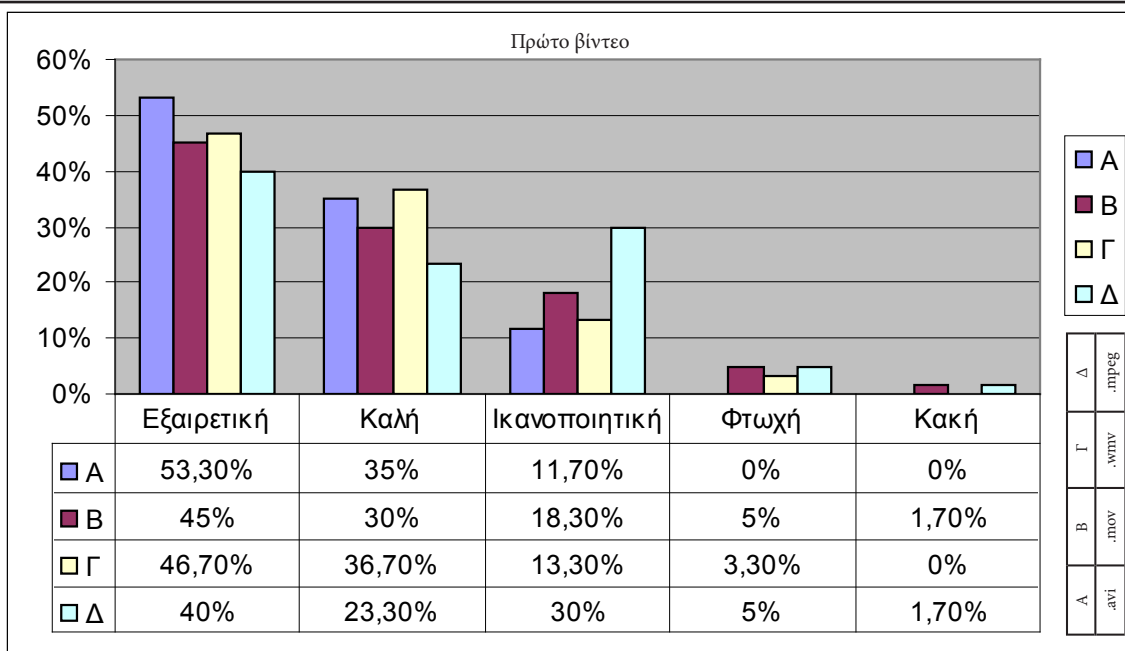
Όσον αφορά την γνώση όλων ως προς το θέμα της συμπίεσης εύκολα μπορούμε να διακρίνουμε κάποια διαφορά παρατηρώντας το γράφημα. Περισσότερη γνώση στο αντικείμενο φαίνεται να έχουν τα αγόρια από τα κορίτσια.

Τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία θεωρήθηκαν αρκετά σημαντικά ώστε να είμαστε σε θέση στο επόμενο μέρος της Στατιστικής Ανάλυσης να γνωρίζουμε και βέβαια να μπορούμε να εξηγήσουμε και να σχολιάσουμε τις απαντήσεις για κάθε συμπιεσμένο βίντεο.

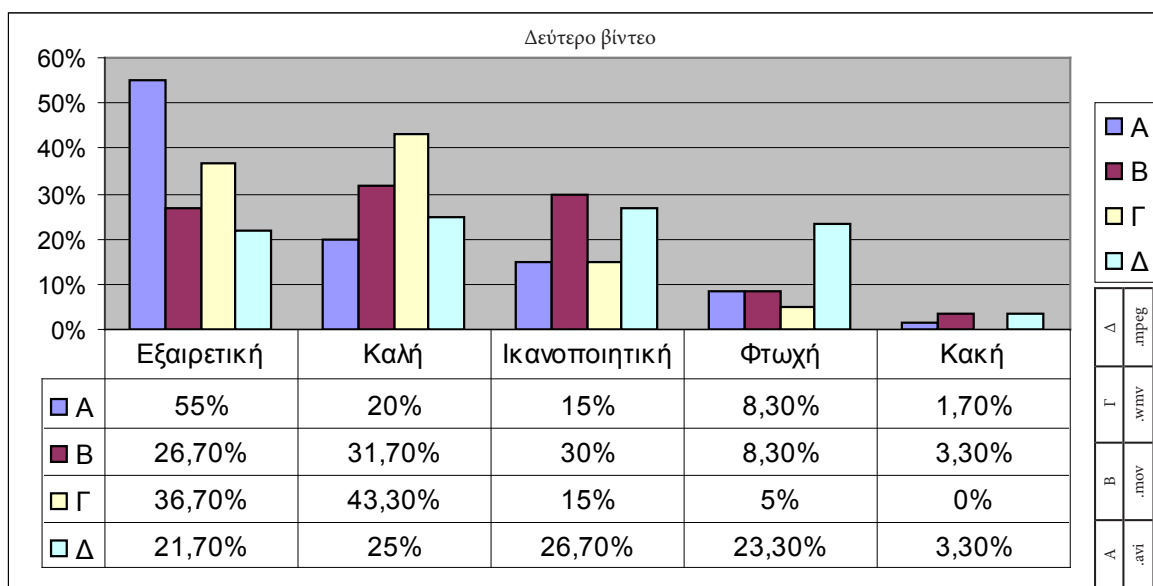
γ' μέρος

Στο τρίτο μέρος της Στατιστικής Ανάλυσης παρουσιάζονται τα στατιστικά που προέκυψαν από το συγκριτικό τεστ για κάθε βίντεο. Κάτω από κάθε πίνακα, σχολιάζονται τα αποτελέσματα.

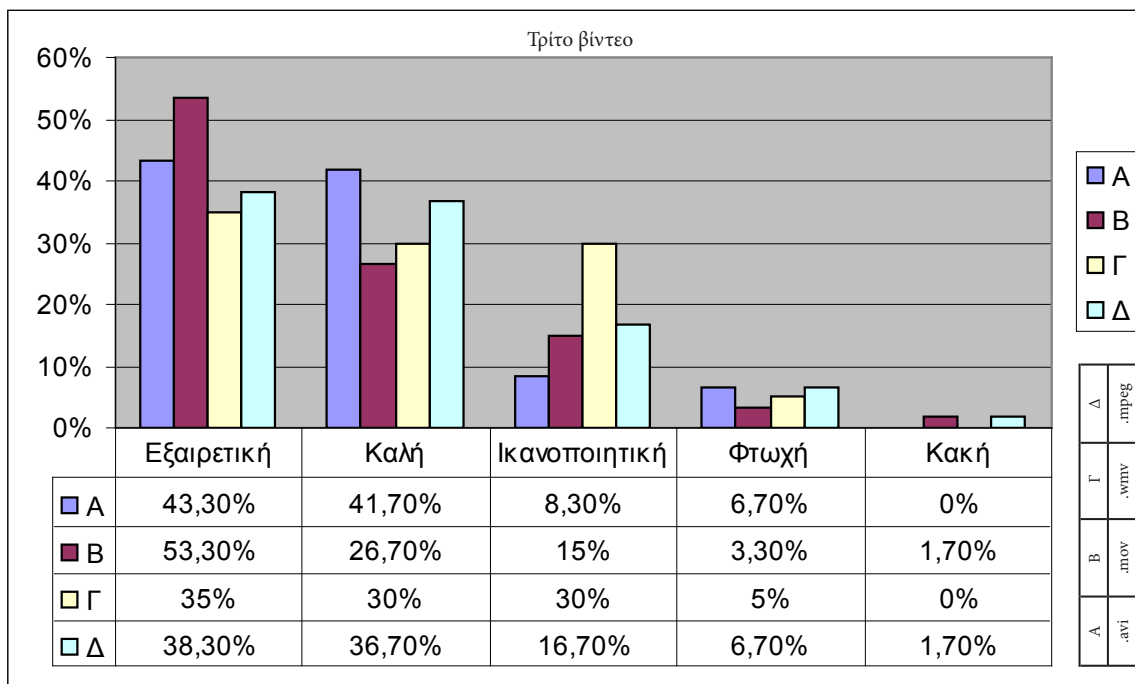
Φωτεινότητα (Lightness)



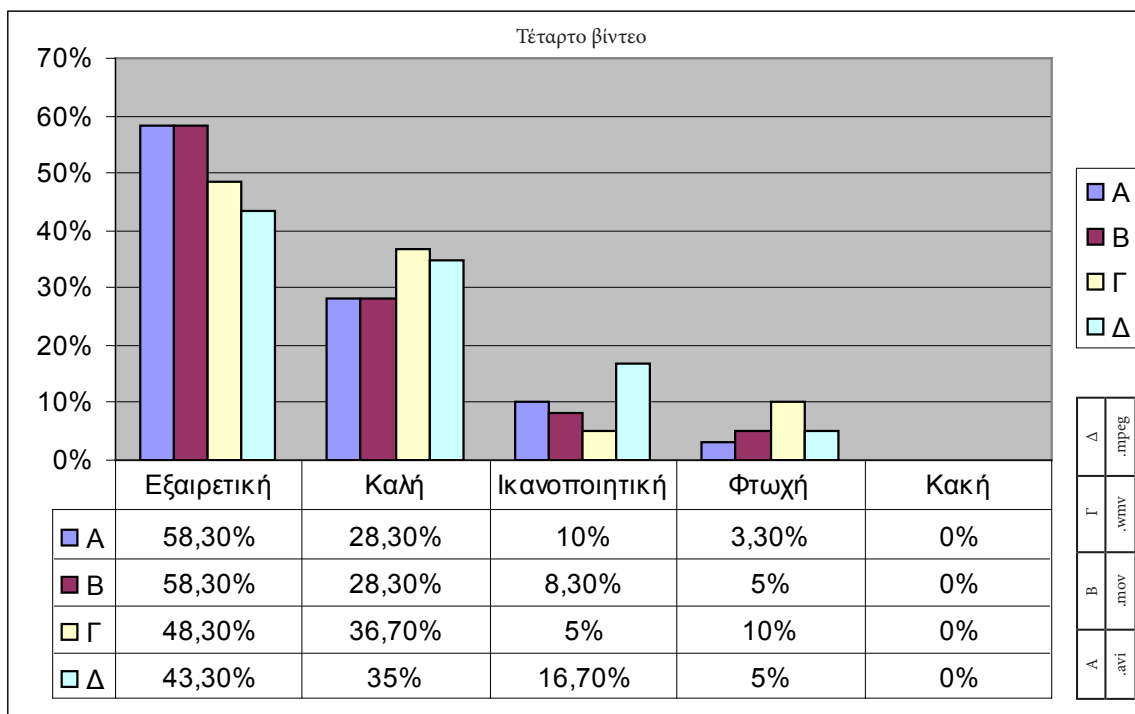
Είναι εμφανές ότι σε γενικό πλάνο, τα αποτελέσματα όσον αφορά την φωτεινότητα είναι καλά έως και εξαιρετικά. Ελάχιστα ήταν τα άτομα τα οποία έκριναν ότι άλλαξε η φωτεινότητα μετά την συμπίεση του συγκεκριμένου βίντεο, που αφορά τις αποχρώσεις του γκρι. Η Συμπίεση A είναι εκείνη που συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά και χαρακτηρίζει το βίντεο με εξαιρετική ποιότητα κάτι που σημαίνει ότι δεν γίνονται αντιληπτές διαφορές. Ενώ οι τρεις πρώτες συμπιέσεις χαρακτηρίζονται σε ένα μεγάλο ποσοστό ως εξαιρετικές, η συμπίεση Δ παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες σε ικανοποιητική ποιότητα.



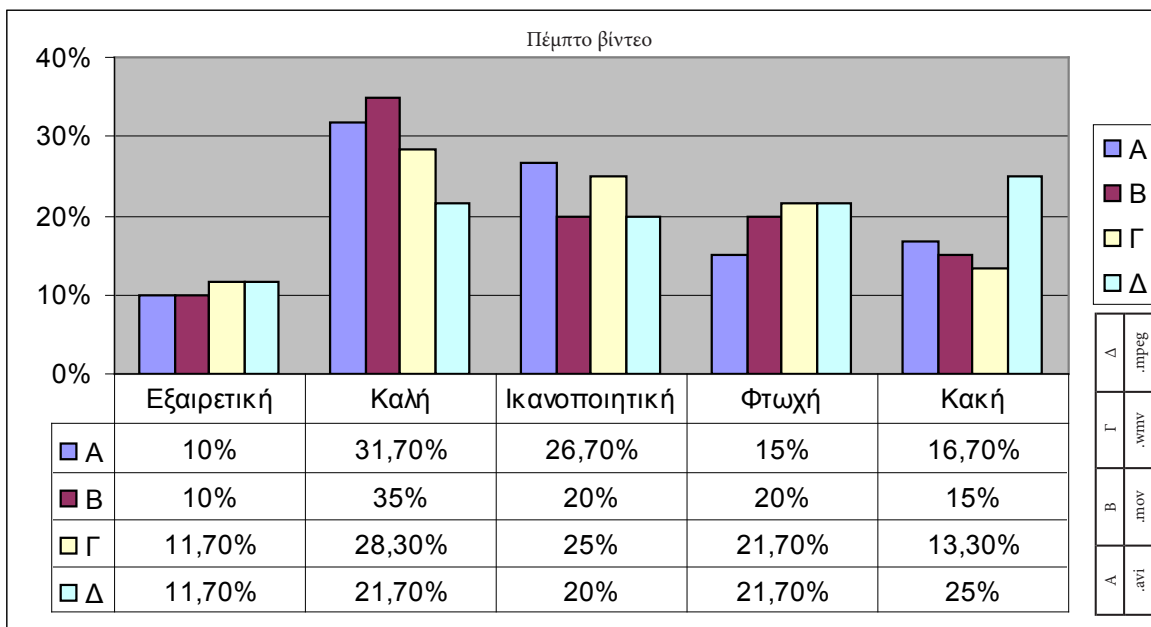
Για το δεύτερο βίντεο, τα ποσοστά έχουν “μοιραστεί” σε ποιότητα από εξαιρετική έως και ικανοποιητική. Αυτό ίσως να συμβαίνει γιατί στο συγκεκριμένο βίντεο, με τις χρωματικές μπάρες ίσως η διαφορά στην φωτεινότητα να ήταν πιο εμφανής. Διαφορά υπάρχει πάλι στην A συμπίεση που δίνει να έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε εξαιρετική ποιότητα. Η Γ συγκεντρώνει περισσότερα ποσοστά σε καλή ποιότητα και η B έχει παρόμοια ποσοστά και στις τρεις ποιότητες. Η Δ πάλι θα κάνει την διαφορά, και θα παρουσιάσει ποσοστά και σε πιο χαμηλή ποιότητα.



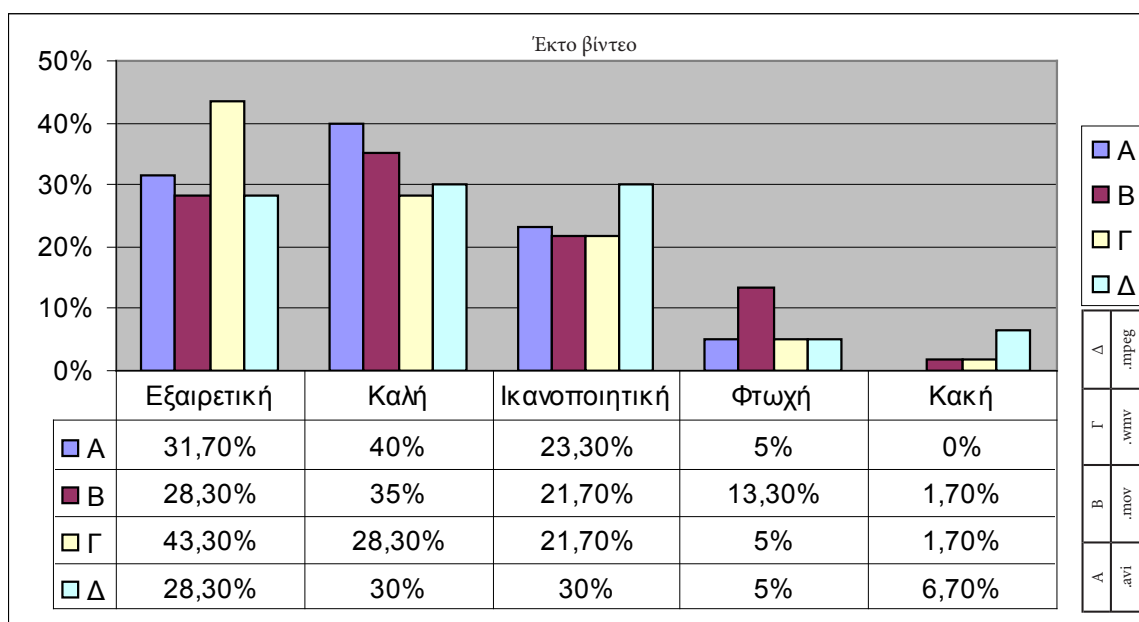
Για το χρωματικό μοντέλο RGB, τα μεγαλύτερα ποσοστά κυμαίνονται σε καλή και εξαιρετική ποιότητα. Η συμπίεση B φαίνεται να έχει τα πρωτεία σε εξαιρετική ποιότητα, ενώ έχει χαρακτηριστεί και ως καλή και ως ικανοποιητική. Η A και η Δ φαίνεται να συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά τους σε καλή και εξαιρετική. Για την Γ τα ποσοστά είναι παρόμοια για τις πρώτες ποιότητες, ενώ είναι εκείνη η οποία παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες σε ικανοποιητική ποιότητα.



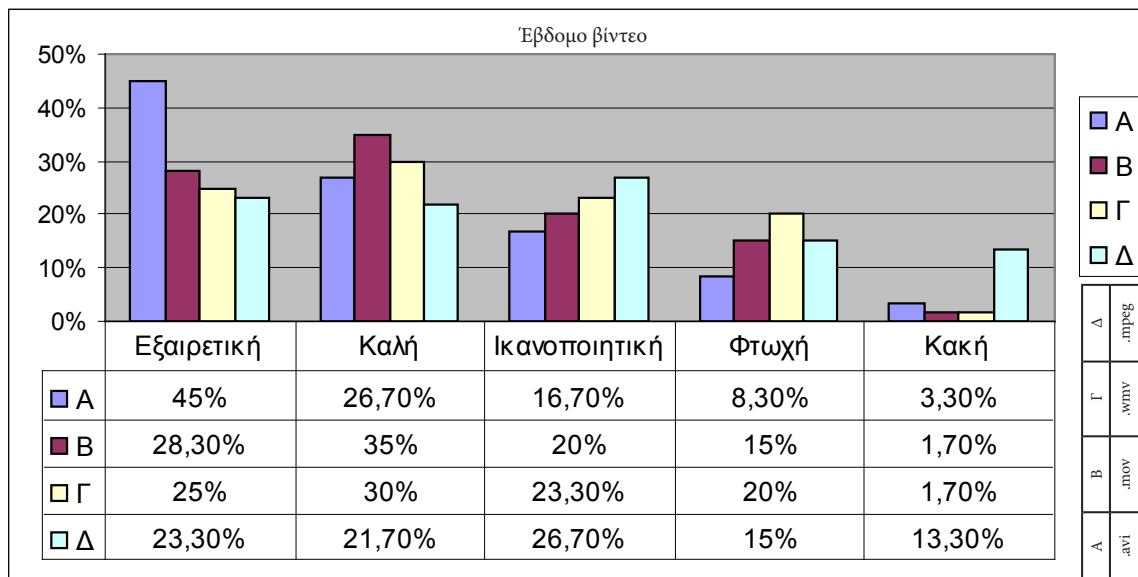
Εδώ η A και η B παρουσιάζουν τα ίδια ποσοστά και σε εξαιρετική και σε καλή ποιότητα. Η Γ και η Δ χαρακτηρίζονται και αυτές με καλή και εξαιρετική ποιότητα, παρόλου που η Δ πάλι έχει τα περισσότερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες σε ικανοποιητική ποιότητα. Για το συγκεκριμένο βίντεο (λευκή κάρτα) κανένας από τους συμμετέχοντες δεν απάντησε ότι η ποιότητα ήταν κακή σε καμία συμπίεση.



Εδώ τα ποσοστά φαίνεται να δείχνουν διαφορετικά όσον αφορά την φωτεινότητα και σε σχέση με τα προηγούμενα. Αυτό γιατί το βίντεο είναι “φυσικό” και όχι τεχνητό όπως τα άλλα, και τώρα υπάρχουν περισσότεροι παράγοντες που δυσκολεύουν τη σύγκριση, και πόσο μάλλον στην συγκεκριμένη περίπτωση που το πλάνο είναι με κίνηση. Λίγα είναι τα ποσοστά που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του βίντεο εξαιρετική, εφόσον τα ποσοστά καλύπτουν τις άλλες ποιότητες.. Καλή παρουσιάζεται η συμπίεση B και αμέσως μετά η A, ακολουθεί η Γ και τέλος η Δ η οποία με την σειρά της παρουσιάζει τα περισσότερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες σε κακή ποιότητα.

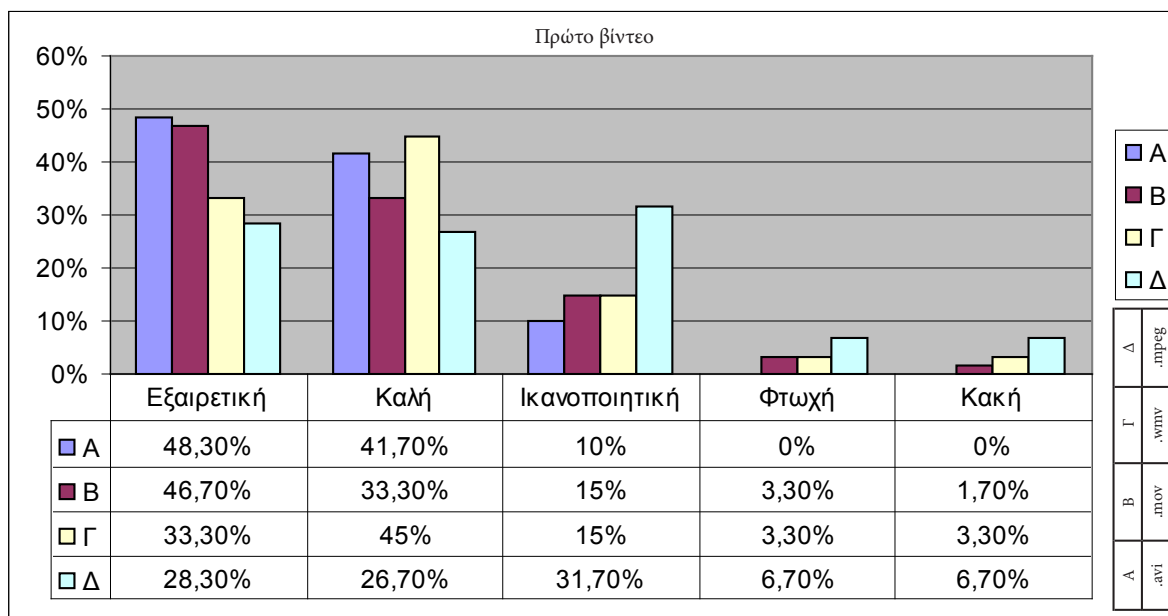


Σε σταθερό πλάνο τώρα τα αποτελέσματα “αγγίζουν” και πάλι την καλή ποιότητα. Η συμπίεση Γ στο συγκεκριμένο βίντεο για πρώτη φορά συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά και χαρακτηρίζεται με εξαιρετική ποιότητα.



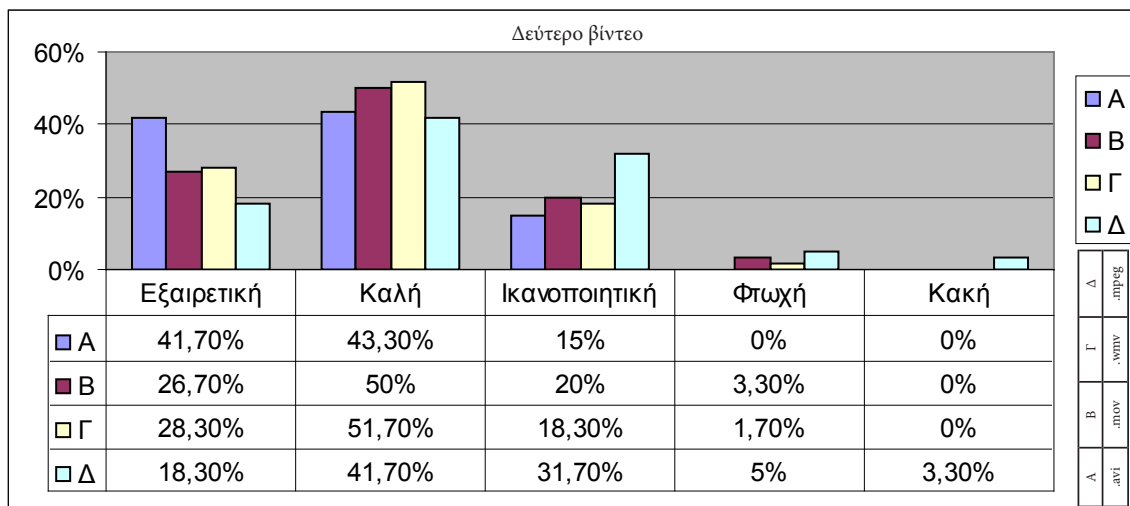
Στο τελευταίο βίντεο για την φωτεινότητα (εξωτερικό πλάνο), τα πρωτεία έχει η συμπίεση A, η οποία φαίνεται να μην παρουσιάζει διαφορά στην φωτεινότητα εφόσον συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά. Για ακόμη μια φορά η Δ συμπίεση χαρακτηρίζεται και με πιο κακή ποιότητα, όπου πάλι έχει τα περισσότερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες. Σε γενικό πλάνο το συγκεκριμένο βίντεο χαρακτηρίστηκε με όλες τις ποιότητες, και ιδιαίτερα με εξαιρετική, καλή και ικανοποιητική.

Οξύτητα (Sharpness)

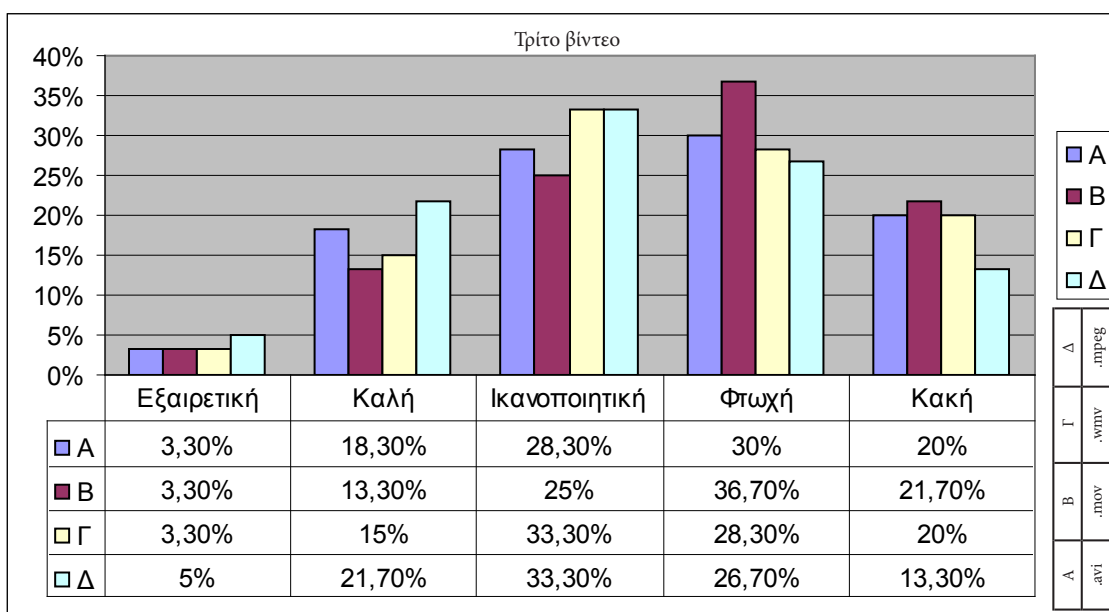


Όσον αφορά την οξύτητα στο συγκεκριμένο βίντεο που είναι τεχνητό τα ποσοστά συγκεντρώνονται σε καλή και εξαιρετική ποιότητα. Διαφορά υπάρχει στην Δ συμπίεση η οποία παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά της σε ικανοποιητική ποιότητα.

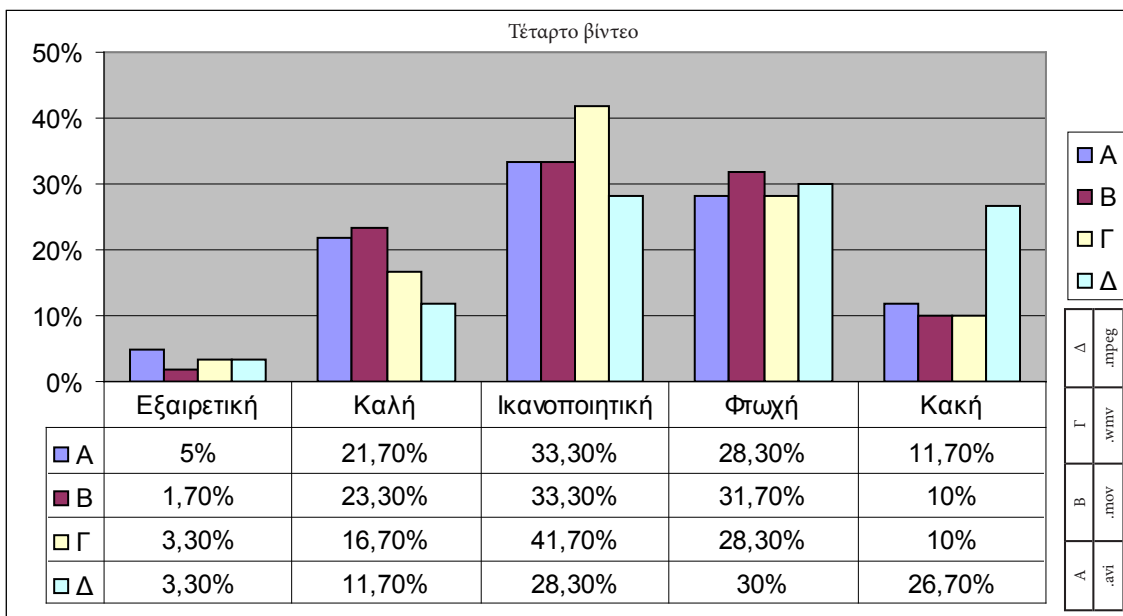
Φαίνεται πως σε ασπρόμαυρες κάθετες γραμμές είναι δύσκολο να παρουσιαστεί έντονα το φαινόμενο της οξύτητας του βίντεο.



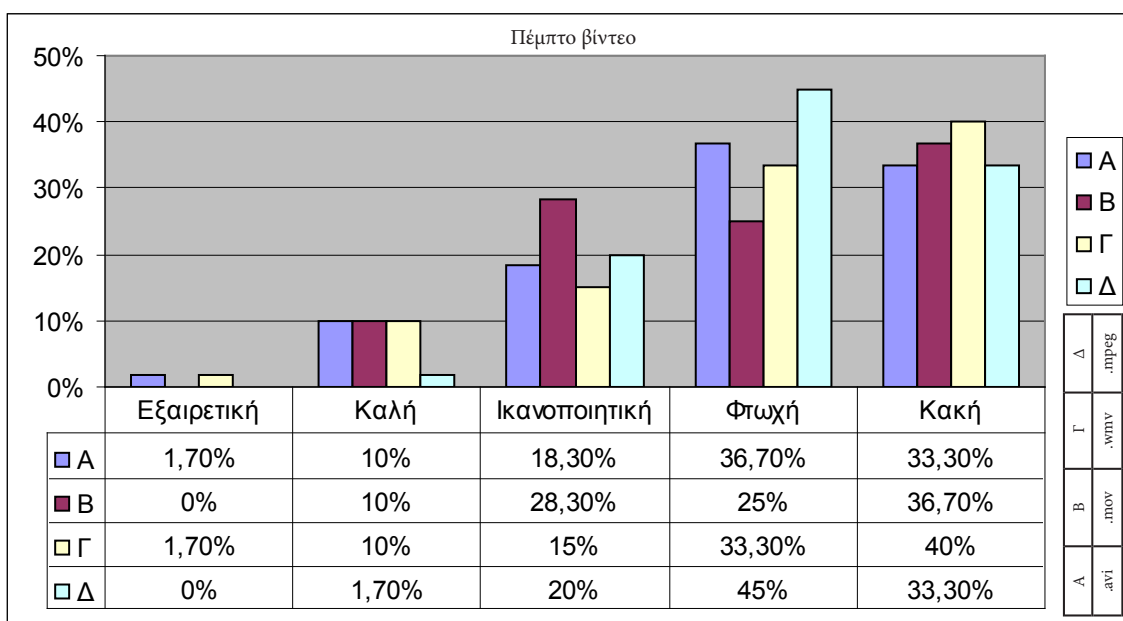
Σε σχέση με το προηγούμενο βίντεο, σε αυτό όπου οι ασπρόμαυρες γραμμές είναι οριζόντιες φαίνεται ότι το φαινόμενο της οξύτητας παρατηρείται ευκολότερα και χαρακτηρίζεται το βίντεο με εξαιρετική ποιότητα. Πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει αντιληπτή διαφορά αλλά δεν είναι ενοχλητική. Η Γ είναι η συμπίεση η οποία έχει τα περισσότερα ποσοστά ως καλή και ακολουθούν η Β, η Α και τέλος η Δ.



Μάλλον είναι εμφανές από το γράφημα τελικά για το πιο είναι τεχνητό και πιο φυσικό βίντεο. Στο βίντεο αυτό (φωτογραφία από πλάνο), ελάχιστα είναι τα ποσοστά που χαρακτηρίζουν εξαιρετικό το συγκεκριμένο βίντεο. Με απορία παρατηρούμε ότι για πρώτη φορά η Δ συμπίεση παρουσιάζεται ως η καλύτερη σε σχέση με τις άλλες, εφόσον συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά σε καλή ποιότητα. Ενώ οι άλλες φαίνεται να έχουν μεγαλύτερα ποσοστά όσο μειώνεται η ποιότητα, η Δ παρουσιάζει το αντίθετο. Όσο μειώνεται η ποιότητα μειώνονται και τα ποσοστά της. Ως η πιο φτωχή και κακή, στο συγκεκριμένο βίντεο χαρακτηρίζεται η συμπίεση Β.

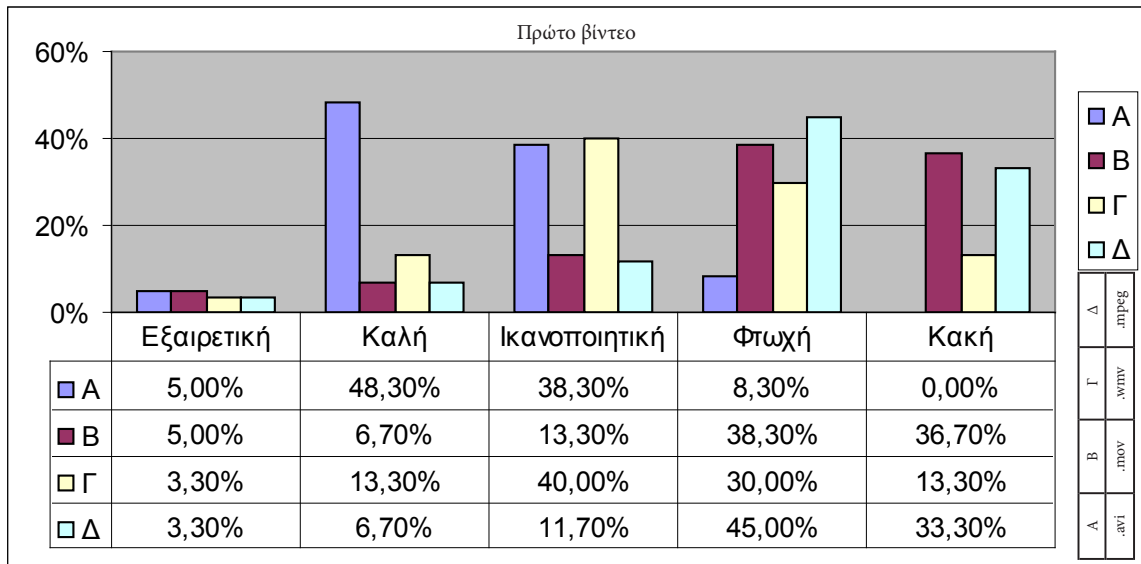


Ελάχιστα και εδώ τα ποσοστά σε εξαιρετική ποιότητα. Ως καλή χαρακτηρίζεται η συμπίεση Β, σε αντίθεση με το προηγούμενο βίντεο. Ως ικανοποιητική χαρακτηρίζεται η συμπίεση Γ. Η συμπίεση Α χαρακτηρίζεται με παρόμοια ποσοστά, ως καλή, ικανοποιητική, και φτωχή, ενώ η Δ εμφανίζει πάλι υψηλά ποσοστά σε χαμηλή ποιότητα.



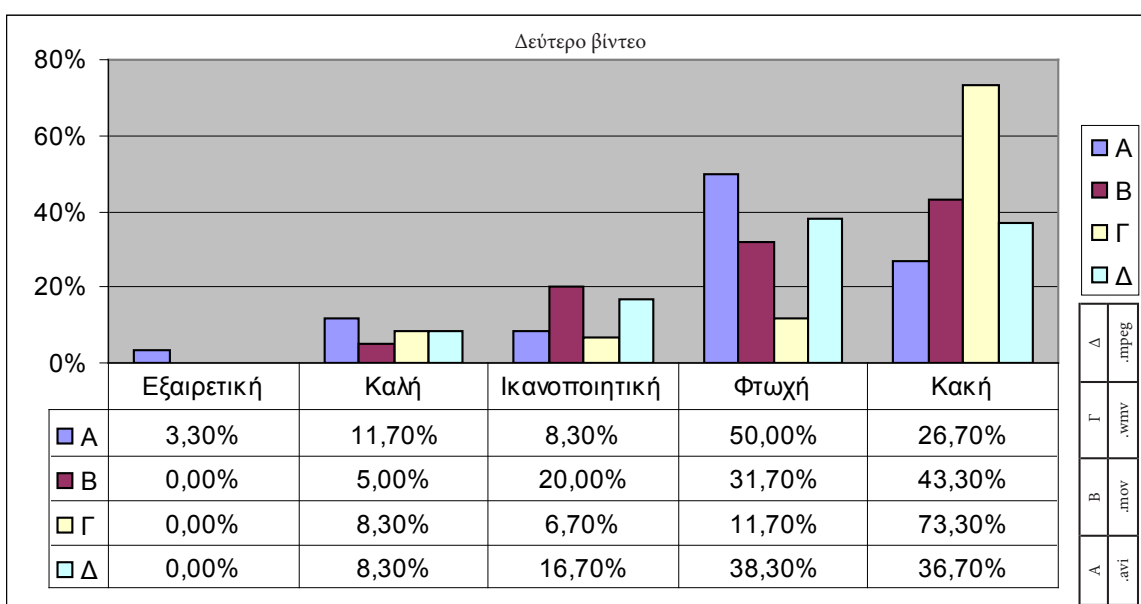
Ακόμα και το τελευταίο βίντεο, όπου παρατηρούμε την οξύτητα δείχνει να επηρεάζεται αρκετά η ποιότητα μετά την συμπίεση, εφόσον οι περισσότεροι χαρακτήρισαν το βίντεο πολύ ενοχλητικό (κακή ποιότητα). Μικρή διαφορά παρουσιάζει η Δ συμπίεση όπου φαίνεται να παρουσιάζει λιγότερη ενοχληση μετά την συμπίεση όσον αφορά την οξύτητα.

«Προσδιορισμός» των μπλοκς (Blockiness)



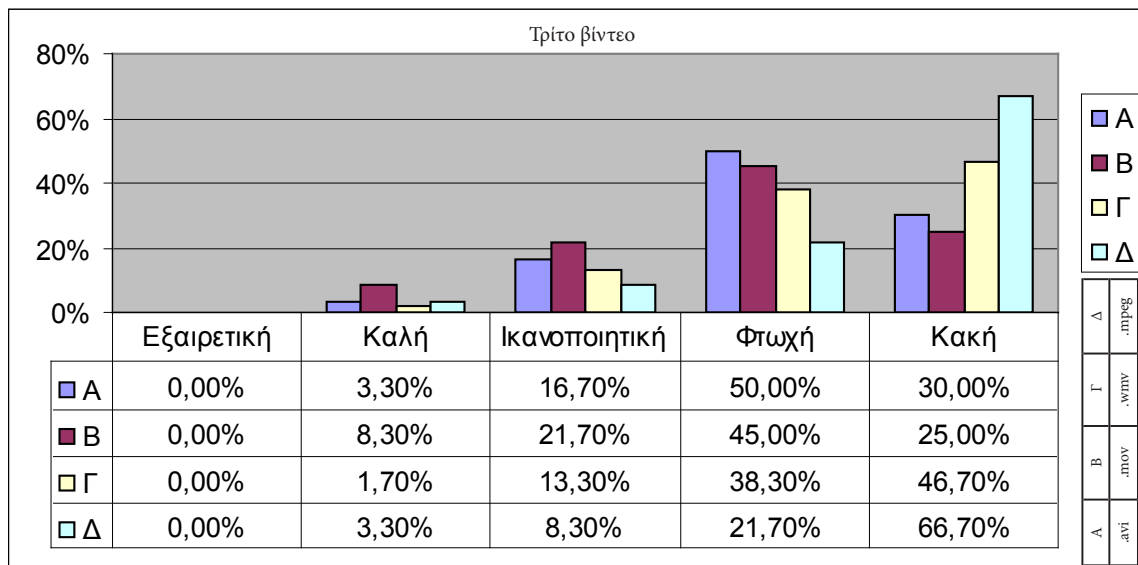
Λίγο περίεργα τα αποτελέσματα όσον αφορά το Blockiness.. ως καλή παρουσιάζεται η A συμπίεση με πολύ μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τις άλλες. Ως ικανοποιητική παρουσιάζεται η Γ καθώς και παρόμοια ποσοστά παρουσιάζει και η A. Φτωχή χαρακτηρίζεται περισσότερο η Δ, ενώ η B συγκεντρώνει τα ποσοστά της σε ενοχλητική ποιότητα (φτωχή) έως και πολύ ενοχλητική (κακή).

Παρατηρήθηκε ότι η ποιότητα του βίντεο όσον αφορά το Blockiness άλλαζε, με την διάρκεια του χρόνου. Αυτό μάλλον συμβαίνει για τον λόγο ότι όσο μεγαλύτερης διάρκειας είναι ένα βίντεο, είναι λογικό μετά από κάποιο σημείο κατά την διάρκεια της συμπίεσης να παρουσιάζονται έντονα τα μπλοκς.. και αυτό γιατί εάν το βίντεο αποτελείται από ίδια πλαίσια (frames) κωδικοποιούνται μονάχα οι τυχόν διαφορές. Άρα όσο πιο μεγάλης διάρκειας βίντεο στο οποίο συναντάμε ομοιότητες στα διαδοχικά πλαίσια -τα οποία απαλείφονται-, τόσο μεγαλύτερη και η συμπίεση (τόσο πιο πολύ εμφανή τα μπλοκς).

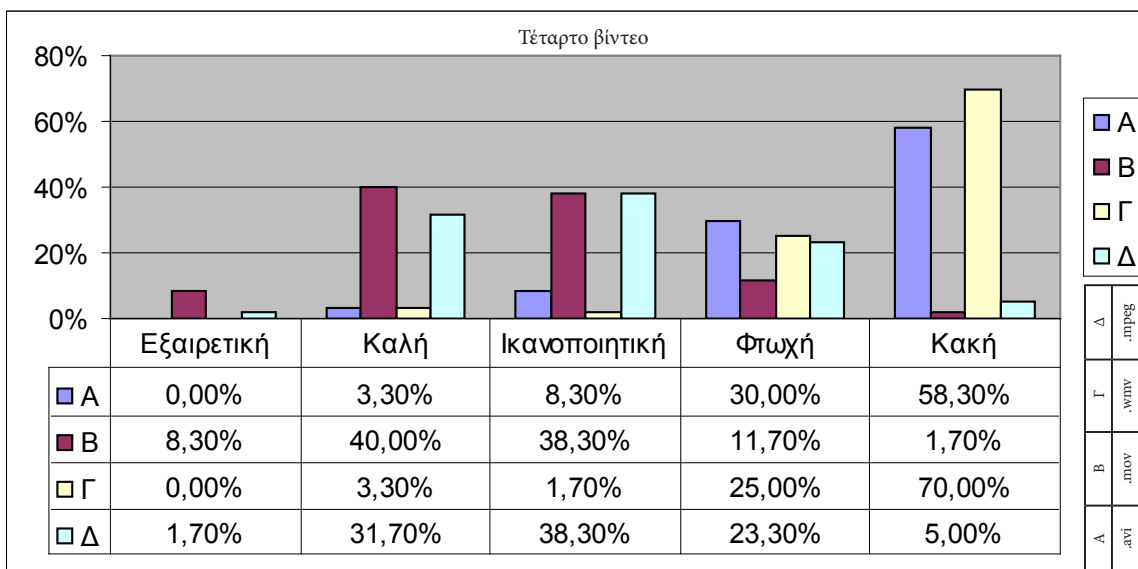


Η Γ συμπίεση φαίνεται να παρουσίασε έντονες διαφορές σε σχέση με το αρχικό βίντεο, και χαρακτηρίστηκε ως κακής ποιότητας. Η ποιότητα του βίντεο μεταβάλλεται και εδώ σε

σχέση με το χρόνο. Μόνο που στις έγχρωμες γραμμές το φαινόμενο είναι περισσότερο διακριτό από ότι στις ασπρόμαυρες (προηγούμενο βίντεο).



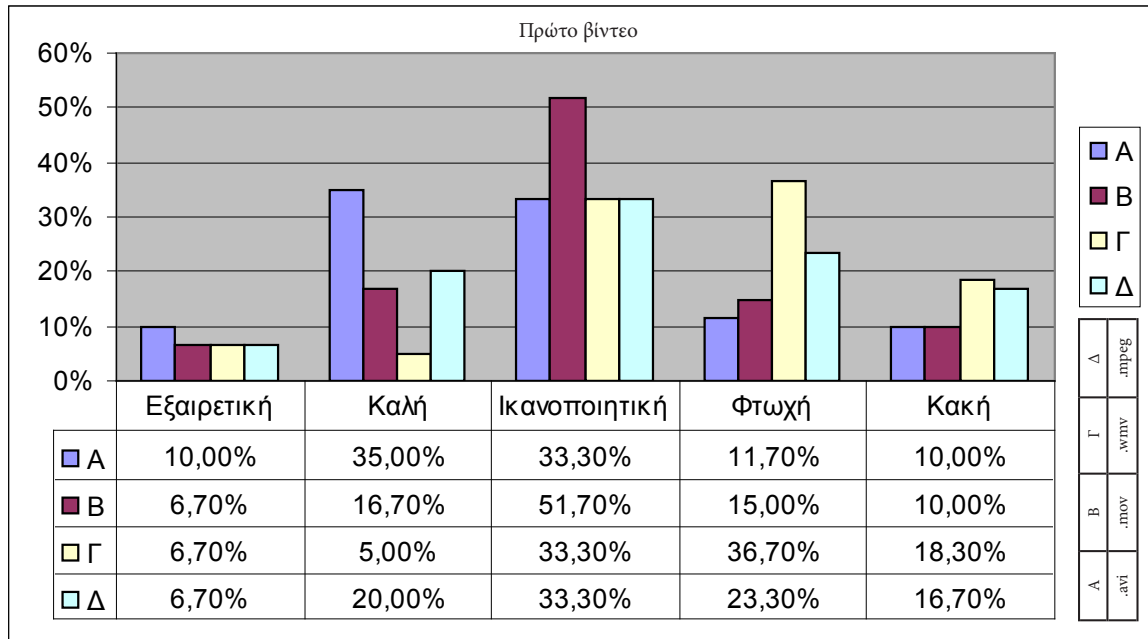
Σε φυσικά βίντεο τώρα τα πράγματα φαίνονται να ξεκαθαρίζουν πιο εύκολα. Η συμπίεση προκάλεσε έντονα τα μπλοκς με αποτέλεσμα τα βίντεο να χαρακτηριστούν από ενοχλητικά έως και πολύ ενοχλητικά. Τα μεγαλύτερα ποσοστά συγκεντρώνει η Δ συμπίεση που έχει χαρακτηριστεί ως πολύ ενοχλητική.



Σε εξωτερικό πλάνο οι διαφορές των μπλοκς ήταν πιο διακριτές. Οι συμπίεσεις A και Γ χαρακτηρίζονται ως κακής ποιότητας, ενώ οι B και η Δ κερδίζουν σε ποιότητα. Τα ποσοστά των τελευταίων συμπίεσεων “μοιράζονται” σε καλή και ικανοποιητική ποιότητα, ενώ ελάχιστα καθορίζουν εξαιρετική την ποιότητα του βίντεο.

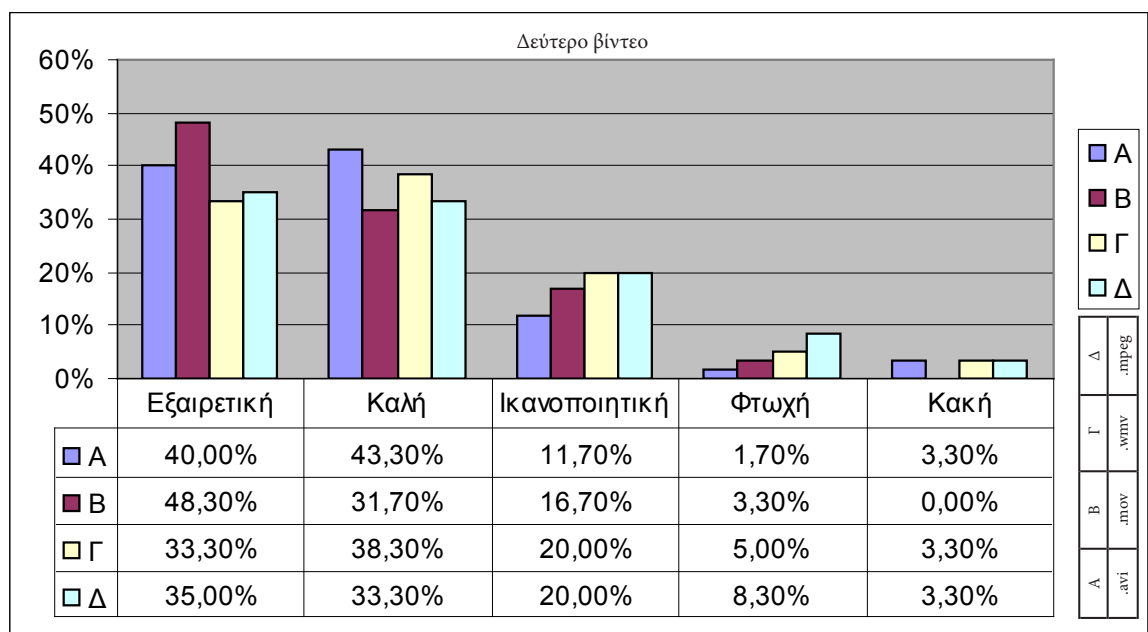
Πιστότητα Χρώματος (Color Fidelity)

Ενδιαφέρον έχει να δούμε κατά πόσο και σε ποιο βαθμό επιδρά η συμπίεση στα χρώματα...



Στο συγκεκριμένο βίντεο, παρουσιάζονται πολλά χρώματα και αυτό για να δούμε εάν το ανθρώπινο μάτι μπορεί σε ένα γρήγορο πλάνο να αντιληφθεί τυχόν διαφορές. Παρατηρούμε ότι η Α συμπίεση χαρακτηρίζεται ως καλή, ενώ μεγάλο ποσοστό απαντήσεων φαίνεται να έχει η Β η οποία χαρακτηρίζεται ικανοποιητική. Η Γ συμπίεση συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες συμπίεσεις σε ποιότητα φτωχή. Τέλος, η Δ χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική από το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων που δόθηκαν κατά την σύγκριση της με το αρχικό ασυμπίεστο βίντεο.

Σε γενικό πλάνο μπορούμε να πούμε ότι μετά την συμπίεση το βίντεο χαρακτηρίζεται κατά μέσο όρο, λίγο ενοχλητικό ως προς την πιστότητα των χρωμάτων.

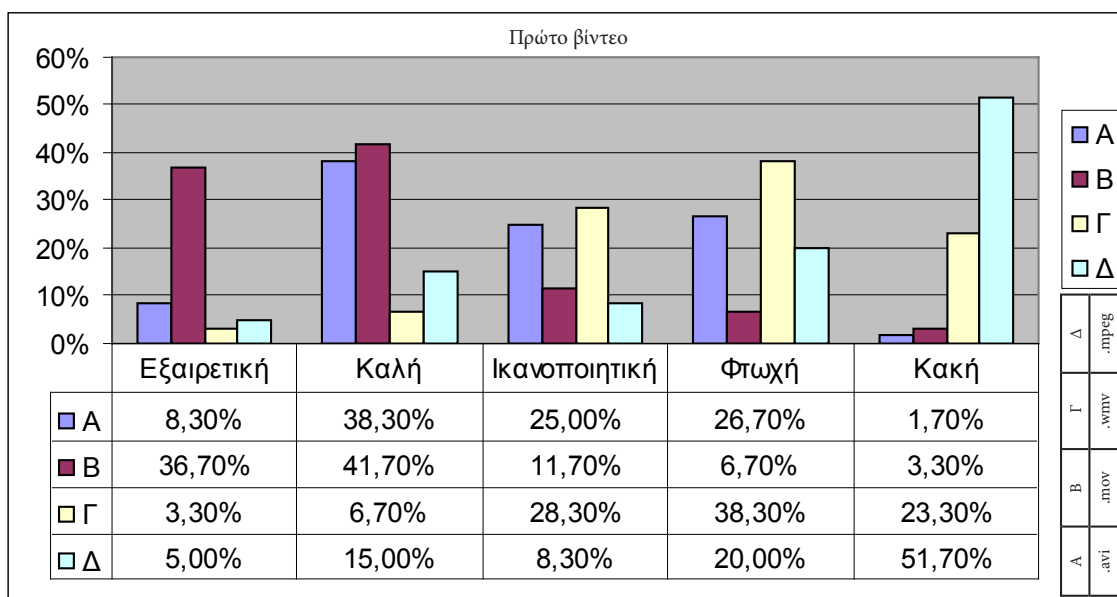


Συγκρίνοντας την πιστότητα των χρωμάτων στο μοντέλο RGB παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι

δεν μπορούσαν να διακρίνουν διαφορές. Τα αποτελέσματα δείχνουν να χαρακτηρίζεται το βίντεο από ικανοποιητική έως και εξαιρετική ποιότητα. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει, διότι τα δευτερεύοντα χρώματα μπορούν να παρουσιάσουν αλλίωση μετά την συμπίεση. Το μοντέλο RGB που είναι το χρωματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται κυρίως στις οθόνες των υπολογιστών, δύσκολα θα παρουσιάσει διαφορά στο χρώμα μετά την συμπίεση όταν η προβολή του γίνεται σε οθόνη υπολογιστή.

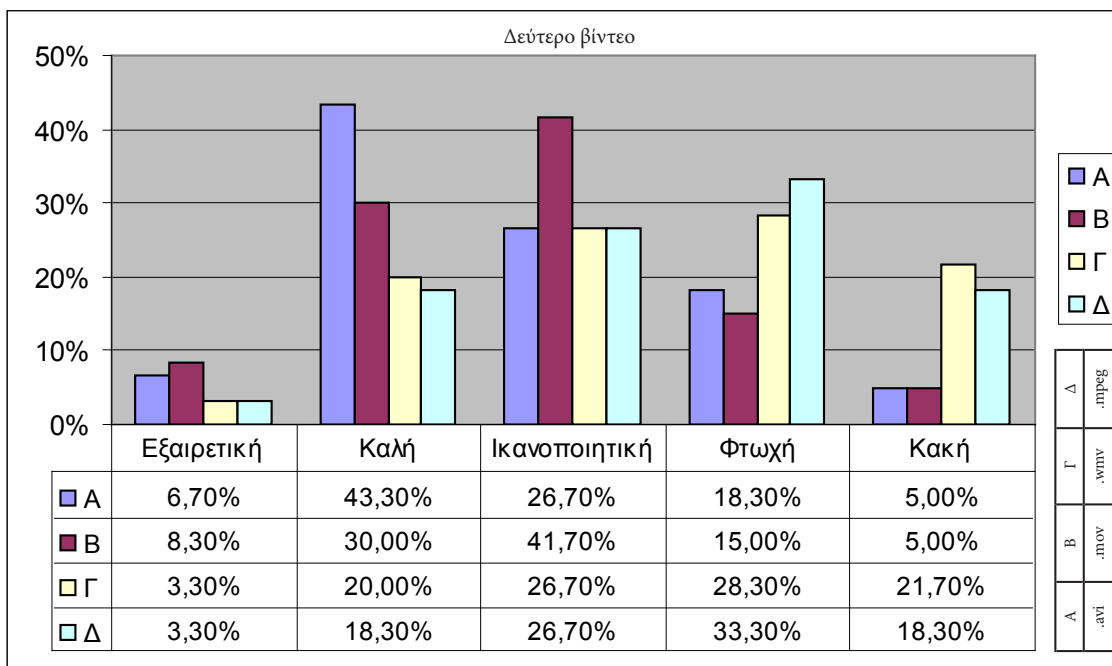
Ομαλότητα της κίνησης (Smoothness of Motion)

Μετά την συμπίεση, δημιουργούνται αλλιώσεις όχι μόνο στα χρώματα, στην ευκρίνεια των βίντεο και σε ότι άλλο αναφέραμε ως τώρα... αλλά μπορεί να δημιουργηθεί και “πρόβλημα” στην κίνηση ενός αντικειμένου. Η ομαλότητα της κίνησης ενός αντικειμένου μετά από συμπίεση φαίνεται να είναι και αυτή μια ενδιαφέρον παράμετρος. Στους παρακάτω πίνακες παραθέτονται τα αποτελέσματα της Στατιστικής Ανάλυσης για ένα τεχνητό και δύο φυσικά βίντεο.

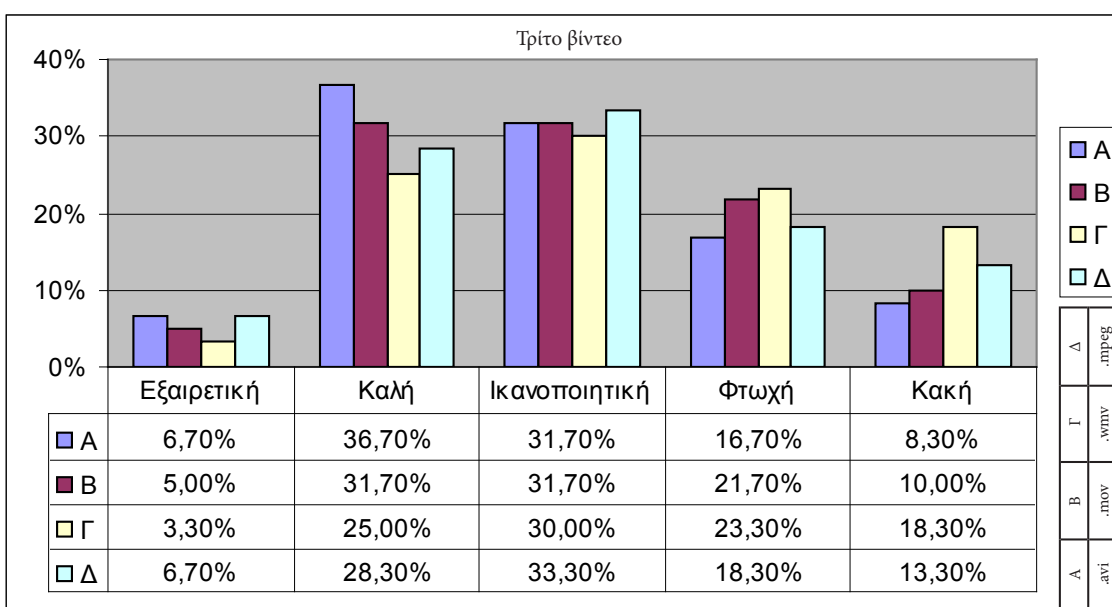


Το παραπάνω γράφημα αναφέρεται σε ένα τεχνητό βίντεο. Ένας άσπρος κύκλος κάνει μια κίνηση σε μαύρο φόντο. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το συμπιεσμένο βίντεο με την A συμπίεση έχει την καλύτερη ποιότητα, που σημαίνει ότι δεν υπήρχε καθυστέρηση μετά την συμπίεση.

Η B συμπίεση συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά της σε καλή ποιότητα. Αρκετοί ήταν όμως εκείνοι που την χαρακτήρισαν ως ικανοποιητική, ακόμα και φτωχή. Η Γ φαίνεται να χαρακτηρίζεται από τους περισσότερους φτωχή και η Δ με τη σειρά της συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά των απαντήσεων ως κακή. Αυτό συμβαίνει διότι υπήρχε απώλεια πλαισίων στο βίντεο η οποία ήταν έντονα διακριτή.



Για το παραπάνω βίντεο το οποίο είναι και φυσικό, οι απαντήσεις ήταν πιο συγκεκριμένες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων για την Α συμπίεση την χαρακτηρίζει ως καλή. Αντίστοιχα, το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων για την Β συμπίεση την χαρακτηρίζει ως ικανοποιητική. Τα ποσοστά για τις Γ και Δ συμπίεσεις “μοιράζονται” σε καλή έως και κακή ποιότητα. Πιο συγκεκριμένα, χαρακτηρίζονται από το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων, ενοχλητικές.



Στο συγκεκριμένο βίντεο, η κίνηση του αντικειμένου είναι αρκετά γρήγορη και αυτό για να δούμε κατά πόσο μπορεί το ανθρώπινο μάτι να αντιληφθεί τυχόν καθυστέρηση στο συμπίεσμένο βίντεο. Οι περισσότεροι το χαρακτήρισαν γενικά καλό - ικανοποιητικό. Ελάχιστα ήταν τα ποσοστά των απαντήσεων που το θεωρούν εξαιρετικό. Επίσης σημαντικός ήταν ο αριθμός των συμμετεχόντων που σημείωσε “χαμηλή βαθμολογία”.

Στο τελευταίο μέρος της Στατιστικής Ανάλυσης αναλύθηκαν στατιστικά η κάθε συμπίεση (Α,Β,Γ,Δ) και συγκεκριμένα, η κάθε ποιότητα της συμπίεσης- με τα αρχικά στοιχεία συμμετέχοντα.

Αυτό έγινε για να δούμε εάν έπαιξε ρόλο, το ότι τα περισσότερα άτομα που πήραν μέρος στο τεστ ήταν αγόρια, ή ότι εάν εκείνοι που φορούσαν γυαλιά σε σχέση με εκείνους που φορούσαν φακούς είχαν δώσει άλλες απαντήσεις, ή ότι έπαιξε ρόλο η γνώση που είχε ο κάθε ένας όσον αφορά την συμπίεση...

Μελετώντας όλους αυτούς τους πίνακες που αποτελούν το δ' μέρος παρατηρήθηκε ότι ήταν ελάχιστες οι φορές όπου κάποιο από απ' αυτά τα αρχικά στοιχεία φαίνεται να επηρεάζουν τα αποτελέσματα.

Σίγουρα υπάρχει μια διαφορά βαθμολόγησης ανάλογα με τον κάθε άνθρωπο, και σίγουρα σημαντικό ρόλο παίζουν σε αυτή την περίπτωση..

η γνώση.. γιατί δεν είναι εύκολο κάθε ένας να γνωρίζει τι είναι αυτό που πρέπει να προσέξει
η ηλικία.. γιατί το ανθρώπινο μάτι δεν έχει την ίδια ευαισθησία σε όλες τις ηλικίες

..έτσι παρόλο που υπάρχει υλικό για περισσότερη ανάλυση, οι πίνακες του δ' μέρους, ήταν αδύνατον να παρουσιαστούν γιατί ήταν υπερβολικά πολλοί.

Σε cd-rom που συνοδεύεται με την πτυχιακή, παραθέτονται όλοι εκεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε παρατηρήσεις και συμπεράσματα και ουσιαστικά θα “κλείσει” η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία. Ο σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν να συγκρίνουμε και να “μετρήσουμε” την ποιότητα των συμπιεσμένων βίντεο και να τα αξιολογήσουμε χρησιμοποιώντας διάφορα κριτήρια.

Τα κριτήρια αυτά χωρίζονται σε υποκειμενικά και ποσοτικά. Τα υποκειμενικά στηρίζονται στην γνώμη μιας μικρής ή μεγάλης ομάδας παρατηρητών που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των βίντεο ως εξαιρετική, καλή, μέτρια, φτωχή ή μη ικανοποιητική. Τα ποσοτικά κριτήρια είναι καθιερωμένες μαθηματικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν ποσότητες, όπως ο λόγος σήματος προς θόρυβο ή το μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Εμείς επιλέξαμε τα υποκειμενικά κριτήρια ποιότητας ...

Σίγουρα τα αποτελέσματα του πειράματος θα μπορούσαν να ήταν διαφορετικά, εάν είχαν χρησιμοποιηθεί άλλα προγράμματα συμπίεσης, προβολής, άλλος χώρος διεξαγωγής του συγκριτικού τεστ, καθώς καλύτερος εξοπλισμός. Ακόμα και έτσι, φαίνεται να προκάλεσε αρκετό ενδιαφέρον το συγκεκριμένο θέμα.. ακόμα και σε όσους πήραν μέρος στο τεστ.

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να αναφέρουμε τα αποτελέσματα της Πτυχιακής και πιο συγκεκριμένα του συγκριτικού τεστ. Καταρχήν γνωρίζουμε ότι το ανθρώπινο οπτικό σύστημα παρουσιάζει την ιδιότητα να είναι πολύ περισσότερο ευαίσθητο στις χρωματικές μεταβολές παρά σε εκείνες της φωτεινότητας. Άρα χρειαζόμαστε λιγότερα δεδομένα χρωματικής πληροφορίας απ’ ότι φωτεινότητας για να δημιουργηθεί η αίσθηση της ποιοτικής εικόνας στον παρατηρητή. Αυτό σημαίνει ότι κατά την συμπίεση αφαιρείται περισσότερο χρωματική πληροφορία από ότι φωτεινότητα. Αυτό αποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα του τεστ όπου οι περισσότεροι δεν μπορούσαν να διακρίνουν μεγάλη διαφορά στην φωτεινότητα γιατί δεν υπήρχε.

Όσον αφορά την οξύτητα ήταν πολύ δύσκολο να συγκριθούν τα βίντεο γιατί τα μπλοκς που εμφανίζονταν μετά την συμπίεση έφερναν σε “δύσκολη θέση” τους θεατές. Παρ’ όλα αυτά, έδειξαν αρκετό ενδιαφέρον και προσπάθησαν να παρατηρήσουν τα σημεία όπου η οξύτητα γινόταν έντονη.

Η παράμετρος Blockiness “κέντρισε” το ενδιαφέρον όλων. Ήταν η παράμετρος όπου παρουσιαζόταν το βασικό πρόβλημα της συμπίεσης, και το οποίο όλοι λίγο ως πολύ γνωρίζουμε. Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι η ποιότητα του βίντεο άλλαζε, με την διάρκεια του χρόνου. Στο προηγούμενο κεφάλαιο όπου αναλύονται τα στατιστικά αποτελέσματα εξηγείται και ο λόγος που συμβαίνει αυτό.

Όσον αφορά την πιστότητα χρώματος μετά την συμπίεση των βίντεο παρατηρήσαμε ότι η παρουσία των μπλοκς “εμπόδιζε” κατά κάποιο τρόπο, στο να καταλάβει κανείς εάν έχει αλλάξει το χρώμα ή όχι.

Κλείνοντας αυτή την μικρή αναφορά στις παραμέτρους, θα αναφερθούμε και στην ομαλότητα της κίνησης. Μετά το συγκριτικό τεστ και τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο παρατηρήσαμε ότι σε γρήγορες κινήσεις αντικειμένων δεν παρατηρείται εύκολα να υπάρχει καθυστέρηση στην κίνηση. Θα πρέπει να γίνει σωστή εστίαση του ματιού και να δωθεί πολύ προσοχή. Αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση που έχουμε πλάνα με γρήγορες κινήσεις αντικειμένων, μπορούμε να συμπίεσουμε αρκετά χωρίς να προκαλέσουμε καθυστέρηση στο βίντεο.. και αυτό βέβαια γίνεται πάντα με επιφύλαξη, χωρίς να σημαίνει ότι δεν μπορεί να προκληθεί και το αντίθετο.

Σε γενικά πλαίσια μπορούμε να πούμε ότι έγινε αισθητή η διαφορά των συμπιεσμένων τεχνητών και συμπιεσμένων φυσικών βίντεο, εφόσον τα τεχνητά παρουσίαζαν καλύτερη ποιότητα από τα φυσικά. Αυτό είναι πολύ φυσιολογικό και κάτι που περιμέναμε να συμβεί. Στα φυσικά βίντεο παίζουν ρόλο και άλλοι παράγοντες, όπως η κάμερα, ο φωτισμός, ο χώρος και άλλα.

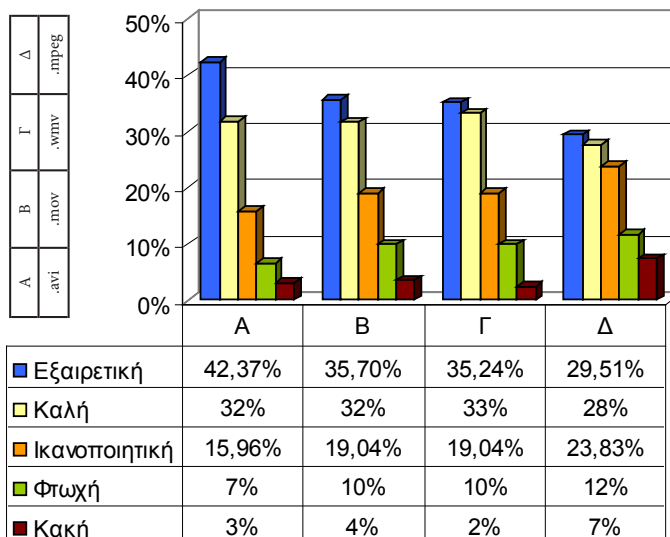
Επίσης παρατηρήθηκε ότι τα πλάνα στα οποία υπήρχε κίνηση, υπήρχε περισσότερη δυσκολία στη σύγκριση. Το ανθρώπινο μάτι είναι πιο εύκολο να εστιάσει κάπου για να συγκρίνει παρά να προσπαθεί να συγκρίνει κάτι το οποίο βρίσκεται σε κίνηση γιατί παρατηρεί και άλλους παράγοντες.

Όσον αφορά τις συμπίεσεις που χρησιμοποιήσαμε.. δεν μπορούμε να πούμε ότι η “B” για παράδειγμα ήταν η καλύτερη ή η χειρότερη. Δεν υπάρχει τελικά θέμα για το ποια είναι καλύτερη και ποια όχι, αλλά ποια μπορεί να φέρει καλύτερα αποτελέσματα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις..

Παρ’ όλα αυτά, παρακάτω παρουσιάζονται πέντε γραφήματα - ένα για κάθε παράμετρο-τα οποία αποτελούν τα τελικά αποτελέσματά μας από το συγκριτικό τεστ. . .

Φωτεινότητα (Lightness)

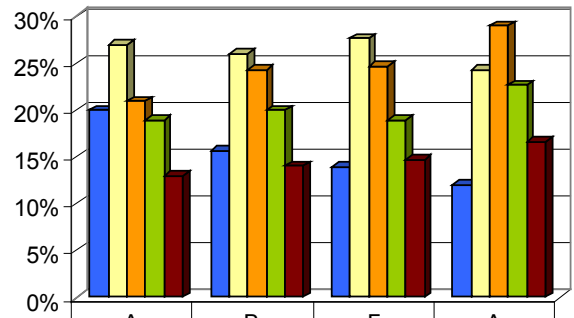
Τα αποτελέσματα που είχαμε στην φωτεινότητα μετά την συμπίεση φαίνονται συνολικά στο διπλανό γράφημα. Όπως θα παρατηρήσουμε όλα τα βίντεο έχουν μεγάλα ποσοστά σε εξαιρετική και σε καλή ποιότητα. Η Α συμπίεση ξεχωρίζει σε εξαιρετική ποιότητα σε σχέση με τις άλλες. Η Γ έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε ικανοποιητική ποιότητα ενώ παρουσιάζει τα ίδια περίπου ποσοστά με την συμπίεση Β. Η Δ έχει λιγότερα ποσοστά σε σχέση με τις άλλες συμπίεσεις σε εξαιρετική και καλή ποιότητα, και συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε ικανοποιητική, φτωχή και κακή ποιότητα.



Οξύτητα (Sharpness)

Στην οξύτητα τα αποτελέσματα αλλάζουν.. και από ότι φαίνεται τα συμπεσμένα βίντεο χαρακτηρίζονται περισσότερο από καλή και ικανοποιητική ποιότητα. Ως εξαιρετική πάντως χαρακτηρίζεται η Α, η οποία συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά. Η Γ συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά ως καλή, ενώ η Δ τα μεγαλύτερα ποσοστά ως ικανοποιητική.

Δ	.mpeg
Γ	.wmv
Β	.mov
Α	.avi



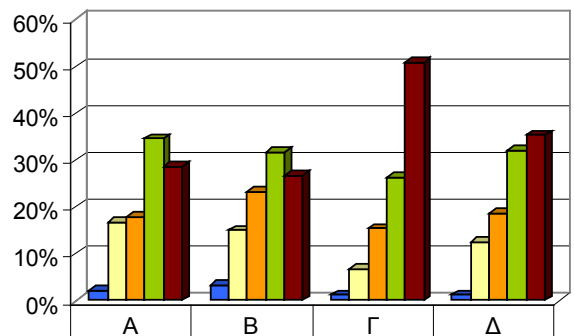
■ Εξαιρετική	20,00%	15,68%	13,98%	11,98%
■ Καλή	27%	26%	28%	24%
■ Ικανοποιητική	20,98%	24,32%	24,66%	29,00%
■ Φτωχή	19%	20%	19%	23%
■ Κακή	13%	14%	15%	17%

Η Δ όμως είναι και εκείνη η οποία χαρακτηρίζεται και ως φτωχή, κακή.. εφόσον παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τις υπόλοιπες.

«Προσδιορισμός» των μπλοκς (Blockiness)

Όπως αναφέρθηκε και στις αρχικές μας παρατηρήσεις για κάθε παράμετρο ξεχωριστά, τα “μπλοκς” που δημιουργούνται μετά την συμπίεση είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα. Όπως βλέπουμε από το διπλανό γράφημα που παρουσιάζει τα συνολικά ποσοστά - αποτελέσματα για την συγκεκριμένη παράμετρο τα ποσοστά όλων των συμπίεσεων σε εξαιρετική ποιότητα είναι ελάχιστα.

Δ	.mpeg
Γ	.wmv
Β	.mov
Α	.avi



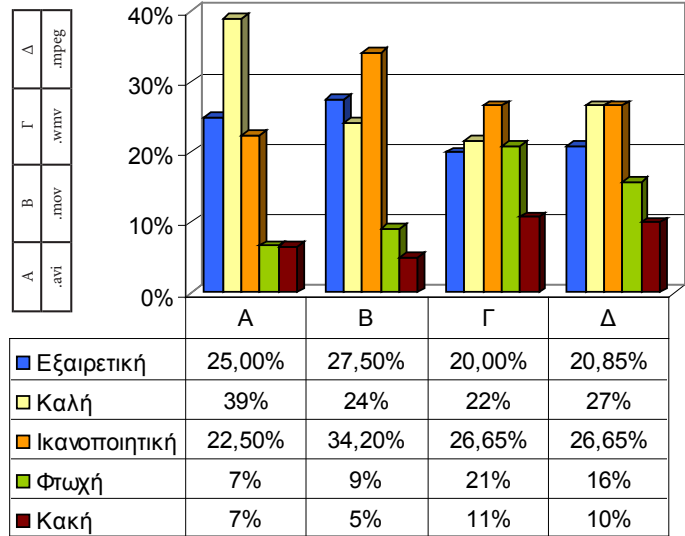
■ Εξαιρετική	2,08%	3,33%	1,25%	1,25%
■ Καλή	17%	15%	7%	13%
■ Ικανοποιητική	17,90%	23,33%	15,43%	18,75%
■ Φτωχή	35%	32%	26%	32%
■ Κακή	29%	27%	51%	35%

Τα βίντεο φαίνεται να χαρακτηρίζονται περισσότερο από φτωχή και κακή ποιότητα. Ξεχωρίζει η συμπίεση Γ η οποία συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά κακής ποιότητας βίντεο.

Πιστότητα Χρώματος (Color Fidelity)

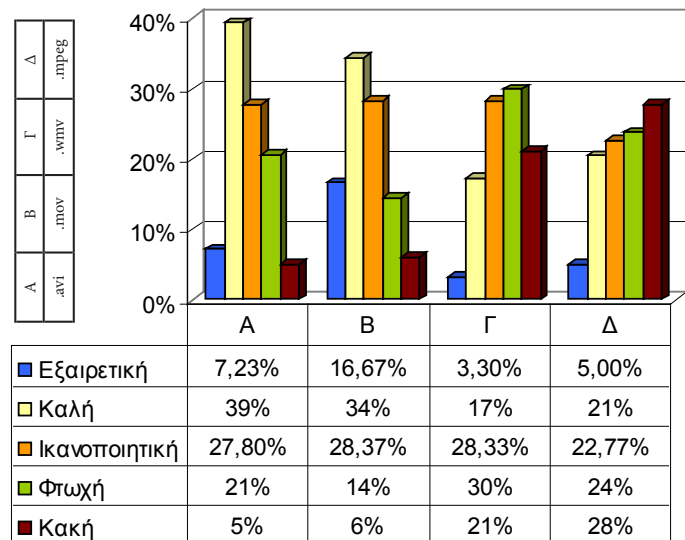
Για την πιστότητα χρώματος, τα αποτελέσματα δεν είναι και τόσο αρνητικά. Φαίνεται πως η συμπίεση A χαρακτηρίζεται ως η πιο καλή, ενώ και η B συγκεκριμένα υψηλά ποσοστά ως ικανοποιητική και τα περισσότερα ως εξαιρετική.

Ακολουθεί σε ποιότητα η Δ και τέλος η Γ εφόσον συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε φτωχή και κακή.



Ομαλότητα της κίνησης (Smoothness of Motion)

Το συγκριτικό test ολοκληρώνεται και με την τελευταία παράμετρο που αναφέρεται στην ομαλότητα της κίνησης. Η συμπίεση φαίνεται να έχει επηρεάσει την κίνηση των Γ και Δ συμπιεσμένων βίντεο, διότι εμφανίζουν υψηλά ποσοστά φτωχής και κακής ποιότητας. Η A συμπίεση συγκεντρώνει τα περισσότερα ποσοστά σε καλή ποιότητα και ακολουθεί η B η οποία με την σειρά της χαρακτηρίζεται καλή, αν και έχει τα περισσότερα ποσοστά ως εξαιρετική.



Τέλος, να σημειωθεί ότι το θέμα της συμπίεσης του βίντεο δεν “κλείνει” με μια Πτυχιακή Εργασία. Όσο ψάχνει κανείς.. τόσα περισσότερα ανακαλύπτει..
.. και αυτό σημαίνει ότι πάντα υπάρχει και κάτι άλλο..δηλαδή, πάντα θα υπάρχει και συνέχεια..

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'

Λεξιλόγιο ψηφιακής εικόνας και βίντεο

Aliasing: Τα «σκαλάκια» που παρατηρούμε μέσα από μόνιτορ σε διαγώνιες ή καμπυλωτές γραμμές. Μπορούν να μαλακώσουν είτε να εξαλειφθούν μέσα από μια διαδικασία που ονομάζεται antialiasing.

Aperture: Πρόκειται για το διάφραγμα του φακού της κάμερας. Σε όλες τις κάμερες το φως διαπερνά τον φακό και μέσω του διαφράγματος καταλήγει στο επίπεδο εστίασης. Το μέγεθος του διαφράγματος ελέγχει την ποσότητα του φωτός που περνά από αυτό δηλαδή το ποσοστό φωτός που θα φθάσει στο επίπεδο εστίασης. Ταυτόχρονα με τον έλεγχο της ποσότητας του φωτός, το διάφραγμα καθορίζει και το βάθος πεδίου της εικόνας.

Artifact: Θόρυβος που δημιουργείται σε μια εικόνα ή στον ήχο. Στην ψηφιακή εικόνα, τα artifacts μπορούν να προέλθουν από την υπερφόρτωση στην συσκευή ή εφαρμογή εισόδου με υψηλό σήμα ή από υπερβολική ή λάθος χρήση συμπίεστη.

Aspect ratio: Ο λόγος του μήκους της εικόνας προς ο ύψος της. Αναφέρεται και ως ratio και το συναντούμε είτε ως λόγο είτε ως αποτέλεσμα της διαίρεσης, π.χ. 4:3 ή 1.33

AVI: Σύντμηση των λέξεων Audio-Video Interleaved. Ένας αλγόριθμος που έχει κατασκευαστεί από την Microsoft και χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό και την συμπίεση αναλογικού ήχου και εικόνας. Αναφέρεται ακόμα ως Video for Windows.

Binary: Το δυαδικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση ψηφιακών πληροφοριών. Αποτελείται από δύο στοιχεία: το 1 και το 0.

Bit rate: Η μέτρηση του μεγέθους ενός αρχείου σε σχέση με μια σταθερή χρόνου. Για παράδειγμα ένα αρχείο συμπίεμένο στα 56 Kbps περιέχει 56 Kilobit δεδομένων για κάθε δευτερόλεπτο. Με τον ίδιο τρόπο ένα modem των 56 Kbps μπορεί να μεταφέρει έναν μέγιστο αριθμό 56 Kbits το δευτερόλεπτο.

Broadcast χρώματα: Το μόνιτορ του υπολογιστή μπορεί να προβάλει πολλά περισσότερα χρώματα από το PAL σύστημα. Τα Broadcast χρώματα είναι εκείνα που θα προβληθούν σωστά (είναι ασφαλή) στην τηλεόραση. Υπάρχουν πολλά προγράμματα που περιέχουν που επιτρέπουν την διόρθωση των χρωμάτων έτσι ώστε να ενταχθούν στην περιοχή των broadcast χρωμάτων

CCD: Τα ακρωνύμια των λέξεων Charged Coupled Device. Είναι ένας ειδικός τύπος chip που αναλαμβάνει την μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρονικό σήμα. Τοποθετείται στο σημείο που εστιάζει ο φακός μιας κάμερας. Εκεί το chip μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικό σήμα που καταγράφεται σε κασέτα.

Chroma Key: Μια ειδική λειτουργία που μέσω αυτής απομονώνεται ένα χρώμα επιλογής μας και αφαιρείται από την εικόνα δίνοντας μας σε εκείνο το σημείο διαφάνεια. Για παράδειγμα αν μαγνητοσκοπήσουμε ένα αντικείμενο σε ένα μπλε ή πράσινο περιβάλλον, μπορούμε αργότερα να ξεχωρίσουμε αυτό από το φόντο του.

Chroma: Το μέρος του σήματος βίντεο που περιέχει την πληροφορία χρώματος.

Chromatic Aberration: Μετακινήσεις χρώματος και χρωματικά λάθη στην εικόνα που μπορούν να προκύψουν είτε από προβληματικό φακό είτε από πρόβλημα της κάμερας να καταγράψουν και τα τρία χρώματα. Οι κάμερες που διαθέτουν ένα CCD είναι πιο πιθανό να παρουσιάσουν αυτού του είδους το πρόβλημα.

Chrominance: Οι πληροφορίες απόχρωσης (hue) και κορεσμού χρωμάτων (saturation) που βρίσκονται σε ένα σήμα βίντεο.

Cinepak: Ένας τρόπος συμπίεσης αρκετά κακής ποιότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσα από το QuickTime. Χρησιμοποιείται ως επί των πλείστον σε CD-ROM και το internet.

Codec: Ένωση των λέξεων COmpressor / DECompressor. Είναι ο επιλεγόμενος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την συμπίεση ή την αποσυμπίεση εικόνας και ήχου.

Color Depth: Το βάθος χρώματος, ο αριθμός των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την προβολή μιας εικόνας ή βίντεο. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός bits ανά pixel που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενός χρώματος, τόσο μεγαλύτερο το βάθος χρώματος.

Color Temperature: Όλες οι πηγές φωτός έχουν διαφορετική θερμοκρασία χρώματος η οποία μετρείται σε βαθμούς Kelvin. Η θερμοκρασία χρώματος των φώτων που χρησιμοποιούνται σε ένα στούντιο είναι γενικά 3200 K (Tungsten) ενώ ο φυσιολογικός ημερήσιος φωτισμός βρίσκεται στους 5500 K.

Component video: Το σήμα βίντεο που αποτελείται από τρία ξεχωριστά σήματα χρωμάτων. Συνήθως αναφερόμαστε σε αυτό όταν μιλάμε για το σήμα Y, R-Y, B-Y (Luminance/φωτεινότητα, κόκκινο μείον φωτεινότητας, μπλε μείον φωτεινότητας). Έχουμε ακόμα τα RGB (Κόκκινο, Πράσινο, Μπλε) και YCbCr (Luminance, Chroma μείον Μπλε, Chroma μείον Κόκκινο).

Composite Video: Είναι το σύνθετο σήμα εικόνας που περιέχει όλες τις πληροφορίες μαζί (Luminance, Chroma και παλμό συγχρονισμού).

Depth of Field: Το βάθος πεδίου είναι η περιοχή, η ζώνη κατά την οποία η εικόνα δεν είναι θολή.

DV: Ένα format ψηφιακής εικόνας κατασκευασμένο από μια ομάδα κατασκευαστών, η οποία χρησιμοποιεί έναν MJPEG codec για να ψηφιοποιήσει 25 καρέ το δευτερόλεπτο εικόνα διαστάσεων 720x576. Η καταγραφή γίνεται με ρυθμό 25 Mbps. Για αυτό τον λόγο αναφέρεται και ως DV25. Το DVCPRO χρησιμοποιεί ρυθμό 50 Mbps. Το DVCPRO HD έχει ρυθμό 100 Mbps.

DVI: Digital Video Input. Αναφέρεται σε μεταφορά ψηφιακού σήματος εικόνας με μέγιστη οριζόντια ανάλυση τα 1600 pixel.

Electronic Image Stabilization: Ένα ειδικό κύκλωμα που βρίσκεται στο εσωτερικό της κάμερας και προσπαθεί να αντισταθμίσει το τρέμουλο της εικόνας με την ηλεκτρονική μετακίνηση αυτής αντίθετα από το τρέμουλο που εντοπίζει. Συνήθως η ηλεκτρονική σταθεροποίηση έχει σαν αποτέλεσμα ένα ελαφρύ θόλωμα της εικόνας.

Filters: Ειδικά κρύσταλλα που τοποθετημένα μπροστά από έναν φακό μεταβάλλουν τις οπτικές ιδιότητές του. Είναι επίσης μικρές εφαρμογές που σκοπό έχουν τοποθετημένα μέσα από μια κύρια εφαρμογή να εκτελέσουν ειδικές λειτουργίες επεξεργασίας της εικόνας.

FPS: Frames per Second, είναι ο ρυθμός εναλλαγής των καρέ ανά δευτερόλεπτο. Στο φιλμ έχουμε 24, στο PAL / SECAM 25 και στο NTSC 30 που ουσιαστικά είναι 29.97.

Frame: Είναι το καρέ στα γαλλικά ή το κάδρο. Μια πλήρης εικόνα φιλμ ή video. Περιέχει δυο πεδία (fields). Χρειάζονται τουλάχιστο 18 καρέ ανά δευτερόλεπτο για τα φανεί η κίνηση στο ανθρώπινο μάτι και 24 καρέ αν θέλουμε και ήχο να την συνοδεύει.

Frame rate: Ο ρυθμός εναλλαγής των καρέ ανά δευτερόλεπτο κατά τη διάρκεια της εγγραφής και αναπαραγωγής φιλμ ή βίντεο.

GOP: Ακρωνύμιο των Group of Pictures. Πρόκειται για ορολογία που συναντούμε στο MPEG. Ένα GOP εμπεριέχει διαφόρων ειδών συμπιεσμένα καρέ: τύπου I και P&B.

Infrared: Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι η περιοχή του φωτός πέρα από την κόκκινη περιοχή. Δεν ανήκει στην

περιοχή φωτός που μπορούμε να δούμε.

Lossless: Υποδηλώνει πως η μέθοδος συμπίεσης που επιλέχθηκε δεν μειώνει την ποιότητα της εικόνα που συμπιέζεται.

Lossy: Υποδηλώνει πως η μέθοδος συμπίεσης που επιλέχθηκε μειώνει την ποιότητα της εικόνα που συμπιέζεται.

Luminance: Η ένταση της φωτεινότητας των γκρίζων σημείων μιας εικόνας σε ένα σήμα βίντεο.

MJPEG: Ένας codec πολύ καλής ποιότητας με μικρές απώλειες στην εικόνα που όμως ζητά μεγάλο αποθηκευτικό χώρο και συνήθως ειδικό hardware για την χρήση του.

Optical image stabilization: Ένα μηχανικό σύστημα που βρίσκεται στο εσωτερικό του φακού και προσπαθεί να αντισταθμίσει το τρέμουλο της εικόνας με την ανάλογη μεταβολή των οπτικών χαρακτηριστικών της. Εφόσον πρόκειται για οπτικό σύστημα και όχι για ηλεκτρονική επεξεργασία της εικόνας, η χρήση του δεν επιδρά αρνητικά στην ποιότητά της.

Overexposure: Η υπερέκθεση αφορά το βίντεο ή το φιλμ που γυρίστηκε με υπερβολικό φωτισμό και είχε σαν αποτέλεσμα μια εικόνα με «καμένα» χαρακτηριστικά. Τη λέμε επίσης «καμένη» εικόνα.

Pixel: Συντομογραφία των λέξεων PIXture Element που σημαίνει ένα στοιχείο της εικόνας.

Polarizer: Φίλτρο που τοποθετείται στον φακό και πολώνει το φως που το διαπερνά. Χρησιμοποιείται για την μείωση των ανακλάσεων και έτσι για τον κορεσμό των χρωμάτων.

Resolution: Πρόκειται για την ανάλυση και αφορά τις διαστάσεις του τηλεοπτικού κάδρου. Οι διαστάσεις του κάδρου μιας DV εικόνας είναι 720x576 που σημαίνει μήκος 720 pixel με ύψος 576 pixel.

RGB color space: Είναι ο τρόπος περιγραφής του χρώματος ανάλογα με τα ποσοστά κόκκινου, πράσινου και μπλε που υπάρχουν σε αυτό. Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος περιγραφής χρωμάτων στους υπολογιστές σε ότι αφορά τα μόνιτορ.

RS-422: Ένα σειριακό πρωτόκολλο ελέγχου συσκευών όπως βίντεο μέσω υπολογιστών. Αποτελεί στάνταρ θύρα για τα επαγγελματικά βίντεο, χρησιμοποιεί TimeCode και έχει ακρίβεια καρέ.

Safe title area: Η περιοχή που περιέχει το 80% του τηλεοπτικού κάδρου μετρημένη από το κέντρο της οθόνης προς όλες τις κατευθύνσεις. Είναι η περιοχή της εικόνας που είναι σίγουρο πως θα είναι θεατή σε όποια τηλεόραση και αν προβάσουμε το βίντεό μας, όσο κακά ρυθμισμένη και αν είναι αυτή. Χρησιμοποιείται συνήθως ως το όριο τοποθέτησης τίτλων.

Saturation: Η ένταση του χρώματος σε ένα σήμα βίντεο.

SD: Standard Definition. Το σήμα κανονικής ευκρίνειας κάτι που σημαίνει για το PAL μέγεθος κάδρου 720x576 pixel.

Sharpening: Ένας ειδικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να κάνει την εικόνα πιο ευκρινή. Υπερβολική χρήση αυτού μπορεί να εμφανίσει «ηλεκτρονικά σκουπιδάκια» (artifacts) στην εικόνα.

Still frame: Ένα καρέ εικόνας επαναλαμβανόμενο έτσι ώστε να φαίνεται ως ακίνητο.

Three-chip: Η κάμερα που χρησιμοποιεί τρία ξεχωριστά CCD για να συλλέξει το κάθε χρώμα (κόκκινο, πράσινο, μπλε).

White balance: Η διαδικασία ρύθμισης της κάμερας έτσι ώστε να καταγράφει το λευκό σωστά, χωρίς δηλαδή να διαθέτει κάποιον χρωματισμό. Με τη σωστή ρύθμιση του λευκού, όλα τα χρώματα φαίνονται σωστά.

Βιβλιογραφία

Βιβλία

The MPEG Handbook, John Watkinson
ELSEVIER, Second Edition

Digital Video Quality, Stefan Winkler
WILEY

Τηλεοπτική Παραγωγή, Η.ΖΕΤΤΛ
Εκδόσεις “ΕΛΛΗΝ”

Μουσική Σύνθεση και Εικόνα - Σημειώσεις Θεωρίας, Χρ. Χουσίδης
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ, ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Στατιστική, μέθοδοι - εφαρμογές, τόμος Α' Χ.Ζαχαροπούλου
Εκδόσεις Ζυγός, Δεύτερη έκδοση

Ανάλυση Δεδομένων με τη βοήθεια Στατιστικών Πακέτων, Τσάντας Νίκος, Μωυσιάδης Χρόνης,
Μπαγιατής Ντίνος, Χατζηπαντελής Θόδωρος
Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Πτυχιακές Εργασίες

Περιγραφή και Σύγκριση Μεθόδων Συμπύεσης Ψηφιακών Ηλεκτροακουστικών Σημάτων,
Μαλιώτας Θωμάς, Νικολαΐδης Γεώργιος
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ, ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Ψηφιοποίηση Εικόνας και Ήχου, Πρατικάκης Ιωάννης
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ, ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Μεταπτυχιακές Εργασίες

Η αντίληψη της έγχρωμης όρασης - Μεταπτυχιακό “ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ”, ΠΛΑΪΝΗΣ, ΒΕΜΜΟ
www.optics-vision.gr/schedule/Medicine/Colour%20vision_notes.pdf

Data Formats and Compression, Peter Davies and Tim Brailsford

<http://ibis.nott.ac.uk/guidelines/ch62/chap6-2.html>

Advanced Video Compression, Part 1,2

<http://www.animemusicvideos.org/guides/avtech/video4.htm>

Digital Video : An Introduction, Shanawaz Basith

http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol1/sab/article1.html#introduction

Compression, The Digital Video Site

<http://www.newmediarepublic.com/dvideo/compression.html>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

[http://www.upatras.gr/ieee/skodras/courses/dsp/DSP-Chapter6\(29xii00\).pdf](http://www.upatras.gr/ieee/skodras/courses/dsp/DSP-Chapter6(29xii00).pdf)

Video Compression Tutorial

<http://www.wave-report.com/tutorials/VC.htm>

Digital Video, MPEG and Associated Artifacts, Mr Shanawaz A. Basith, Mr Stephen R. Done

http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/sab/report.html#intro

Video Compression Technologies, John McGowan

<http://www.jmcgowan.com/avialgo.html#ALGO>

Συστήματα Πολυμέσων - Συμπίεση Βίντεο

<http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/cs422/lectures/mm21.pdf>

Εφαρμογές Πολυμέσων - Θεωρία

Ψηφιακή Αναπαράσταση Πληροφορίας & Γενικές Αρχές Συμπίεσης, Χ. Αλεξανδράκη

http://www.teiher.gr/mta/user_pages/mathimata/polimesa_th/pdf/Multim_2.pdf

Χρώμα, εικόνα & γραφικά

www.ct.aegean.gr/economoud/modules/PS/PS_week_4_Colour&Images.ppt

Image Compression

<http://www.math.hkbu.edu.hk/~cstong/sci3710/ch5.pdf>

High Quality Compression for Film and Video

http://presto.joanneum.ac.at/Public/D5_4.pdf

Digital Video, MPEG and Associated Artifacts

http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/sab/report.html

Compression Primer

http://www.adobe.com/designcenter/premiere/articles/DV_Compression_Primer/DV_Compression_Primer.pdf

MPEG video streamed over an IP-based network with packet loss

http://www.ibcn.intec.ugent.be/css_design/research/topics/2003/FTW_PhD29_PhilippeDeNeve.pdf

John McGowan's AVI Overview: Video Compression Technologies

<http://www.jmcgowan.com/avialgo.html>

Objective Image/Video Quality Measurement, Zhou Wang

<http://www.ece.utexas.edu/~bevans/courses/ee381k/projects/fall98/zhou/literatureSurvey.pdf>

Adaptive Wavelet Eye-Gaze Based Video Compression

<http://www.cs.rhul.ac.uk/home/fionn/papers/mf2.pdf>

MPEG-2 VIDEO COMPRESSION

http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/papers/paper_14/paper_14.shtml

Video Compression

<http://www.cs.sfu.ca/CC/365/li/material/notes/Chap4/Chap4.3/Chap4.3.html>

Digital Video Compression Explained, Jason R. Dunn

<http://www.microsoft.com/windowsxp/using/moviemaker/expert/digitalvideo.msp>

Ελληνικό Λεξικό ψηφιακής εικόνας

http://www.videonews.gr/mambo/index.php?option=com_glossary&func=display&letter=A&Itemid=0&catid=96&page=1

Εγκυκλοπαίδεια του Φωτός

<http://light.physics.auth.gr/enc/enc.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'

CD με υλικό της Πτυχιακής