



## ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ

### ΤΗΛ312: ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ακ. έτος 2018-2019

Εργαστήριο: Ψηφιακής Επεξεργασίας Σήματος & Εικόνας (**Display Lab**)

Καθηγητής: Μιχάλης Ζερβάκης

Επιμέλεια εργ. ασκήσεων: Ντίνα Μοιρογιώργου

### 1η Εργαστηριακή Άσκηση: Μοντέλα Χρωμάτων

#### **1. RGB μοντέλο**

Το πιο διαδεδομένο μοντέλο χρωμάτων είναι το μοντέλο RGB. Χρησιμοποιείται κυρίως στις οθόνες των υπολογιστών και των τηλεοράσεων. Αναπαριστά το χρώμα με τη βοήθεια τριών ανεξάρτητων συνιστωσών. Η πρώτη περιέχει την ποσότητα του κόκκινου χρώματος στην εικόνα, η δεύτερη την ποσότητα του πράσινου χρώματος και η τρίτη την ποσότητα του μπλε χρώματος στην εικόνα. Στην πράξη, αναπαριστά το χρώμα με τη μορφή ενός κύβου.

#### **2. Εικόνες σε Αποχρώσεις του γκρι**

Οι εικόνες αυτές αποτελούνται μόνο από διαφορετικές αποχρώσεις του γκρι. Στο RGB μοντέλο, οι αποχρώσεις του γκρι περιέχουν ίδια ποσότητα του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε χρώματος.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να μετατρέψει κανείς μια εικόνα σε εικόνα αποχρώσεων του γκρι. Ένας τρόπος είναι να θεωρήσει κανείς ότι η απόχρωση του γκρι που αντιστοιχεί σε μια RGB τιμή είναι ο μέσος όρος των τιμών του R του G και του B. Αυτή η εκτίμηση, όμως, δε δίνει καλό αποτέλεσμα. Ο λόγος είναι ότι το ανθρώπινο μάτι δεν έχει την ίδια ευαισθησία και στα τρία χρώματα. Η μετατροπή που θεωρείται σήμερα αρκετά ικανοποιητική είναι η εξής:

$$Y = (222 \cdot R + 707 \cdot G + 71 \cdot B) / 1000 \quad (\text{ITU standard}),$$

όπου το Y είναι η τιμή της απόχρωσης του γκρι.

### 3. HSI μοντέλο

Ένα επίσης σημαντικό μοντέλο χρωμάτων είναι το μοντέλο HSI (Hue-Saturation-Intensity). Το μοντέλο αυτό αναπαριστά την εικόνα με την **απόχρωση** (H) που είναι μια περιγραφή ενός γνήσιου χρώματος, το **διαποτισμό** (S) που περιγράφει το βαθμό που το χρώμα έχει αραιωθεί με το άσπρο και την **ένταση** (I).

Το HSI μοντέλο είναι σημαντικό διότι η συνιστώσα που περιγράφει την ένταση (το I) ανεξαρτητοποιείται από τις άλλες δύο συνιστώσες (H και S) που περιέχουν την πληροφορία για το χρώμα. Έτσι, για να επεξεργαστούμε την εικόνα μας, αρκεί να κάνουμε ό,τι επεξεργασία θέλουμε στην συνιστώσα I.

Παρακάτω δίνονται οι τύποι μετατροπής από το μοντέλο RGB στο HSI και αντίστροφα.

Έστω R,G,B είναι οι τιμές που προσδιορίζουν το χρώμα στο RGB μοντέλο και έστω ότι παίρνουν τιμές από το 0 μέχρι το 1. Ορίζουμε:

$$M = \max(R, G, B)$$

$$m = \min(R, G, B)$$

$$r = M - R / M - m, \quad g = M - G / M - m, \quad b = M - B / M - m$$

Οι τύποι για την μετατροπή από το RGB στο HSI μοντέλο είναι:

Υπολογισμός του I:

$$I = M + m / 2$$

Υπολογισμός του S:

- Αν  $I \leq 0.5$  τότε  $S = M - m / M + m$
- Αν  $I > 0.5$  τότε  $S = M - m / 2 - M - m$

Υπολογισμός του H:

- $M = m \quad H = 0$
- $R = M \quad H = 60 (2 + b - g)$
- $G = M \quad H = 60 (4 + r - b)$
- $B = M \quad H = 60 (6 + g - r)$

Για την αντίστροφη διαδικασία ορίζουμε:

$$1) \quad \text{Αν } I \leq 0.5 \quad M = I (1 + S)$$

$$\text{Αν } I > 0.5 \quad M = I + S - IS$$

$$2) \quad m = 2I - M$$

ενώ, οι τύποι για την μετατροπή από το HSI στο RGB μοντέλο είναι:

Υπολογισμός του R:

$$\text{▪ } H < 60 \quad R = m + (M - m) (H / 60)$$

- $H < 180 \quad R = M$
- $H < 240 \quad R = m + (M - m) \frac{240 - H}{60}$
- $H < 360 \quad R = m$

Υπολογισμός του G:

- $H < 120 \quad G = m$
- $H < 180 \quad G = m + (M - m) \frac{H - 120}{60}$
- $H < 300 \quad G = M$
- $H < 360 \quad G = m + (M - m) \frac{360 - H}{60}$

Υπολογισμός του B:

- $H < 60 \quad B = M$
- $H < 120 \quad B = m + (M - m) \frac{120 - H}{60}$
- $H < 240 \quad B = m$
- $H < 300 \quad B = m + (M - m) \frac{H - 240}{60}$
- $H < 360 \quad B = M$

#### **4. Ισορροπία Λευκού (White Balance)**

Το χρώμα εξαρτάται άμεσα από τη χρωματική θερμοκρασία που έχει το φως που εκπέμπεται στο περιβάλλον της εικόνας (π.χ. εξωτερικές συνθήκες φυσικού φωτισμού, ειδικές φωτιστικές πηγές, κλπ). Με άλλο τρόπο 'φαίνεται' ένα χρώμα που φωτίζεται από τον ήλιο και με διαφορετικό όταν φωτίζεται από μία π.χ. οικιακή λάμπα. Με λίγα λόγια, το χρώμα ενός αντικειμένου εξαρτάται από το χρώμα του φωτός που το φωτίζει.

Προκειμένου να αποδοθούν σωστά τα χρώματα μίας εικόνας, συνήθως ορίζεται το χρώμα εκείνο που, κατά τη γενική εκτίμηση, είναι η σωστή απόδοση του λευκού, ώστε, στη συνέχεια, να αποδοθούν σωστά και όλα τα υπόλοιπα χρώματα. Για να πετύχουμε την, όσο το δυνατόν, καλύτερη ισορροπία λευκού ανάλογα με τη σκηνή που αναπαρίσταται στην εικόνα, ακολουθούνται διάφορες τεχνικές. Ενδεικτικά, αναφέρεται αυτή που ακολουθεί την υπόθεση (assumption) gray world, η οποία υποστηρίζει ότι ο μέσος όρος του κόκκινου καναλιού, σε μια δεδομένη σκηνή, θα πρέπει να είναι περίπου ίσος με αυτόν του πράσινου καναλιού και του μπλε καναλιού.

Ορίζουμε μία εικόνα  $RGB\_image(x, y)$ , μεγέθους  $n \times n$ , όπου τα  $x$  και  $y$  υποδηλώνουν τη θέση του pixel.

Αρχικά, υπολογίζουμε τα:

$$R_{avg} = \frac{1}{n^2} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^n R\_channel(x, y)$$

$$G_{avg} = \frac{1}{n^2} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^n G\_channel(x, y)$$

$$B_{avg} = \frac{1}{n^2} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^n B\_channel(x, y)$$

Εάν οι τρεις αυτές τιμές των μέσων όρων του κάθε χρωματικού καναλιού είναι ίσες, τότε ικανοποιείται το προαναφερθέν κριτήριο (gray world assumption) και δεν απαιτείται περαιτέρω διόρθωση χρώματος. Εάν δεν ικανοποιείται, που είναι και η πιο πιθανή περίπτωση, προχωρούμε με τους ακόλουθους υπολογισμούς:

$$R\_channel\_new(x, y) = \frac{G_{avg}}{R_{avg}} * R\_channel(x, y)$$

$$G\_channel\_new(x, y) = G\_channel(x, y)$$

$$B\_channel\_new(x, y) = \frac{G_{avg}}{B_{avg}} * B\_channel(x, y)$$

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ (Υλοποίηση σε Matlab)

---

1. Ζητείται να φτιάξετε ένα πρόγραμμα που να 'διαβάζει' 8-bit RGB (έγχρωμες) εικόνες και να τις μετατρέπει σε εικόνες αποχρώσεων του γκρι. Το πρόγραμμα αυτό αρκεί να αντικαθιστά την παλέτα της εικόνας με μια άλλη αποχρώσεων του γκρι. Αποθηκεύστε τη νέα εικόνα σε αρχείο.  
Η παλέτα αποχρώσεων του γκρι της εικόνας τι μέγεθος έχει και γιατί;

2. Στο HSI μοντέλο χρωμάτων δημιουργήστε 256 χρώματα με τον εξής τρόπο:  
Ορίστε  $k$  = μονοψήφιος αριθμός που προκύπτει από το άθροισμα των 3 τελευταίων ψηφίων του κωδικού της ομάδας σας όπως αυτή είναι δηλωμένη στον Ιστοχώρο. Παράδειγμα: Έστω ότι ο κωδικός της ομάδας σας είναι: LAB31220294, τότε  $k = 2+9+4 = 15 \rightarrow 1+5 = 6$ .  
Θέτουμε το  $S=(1-k/10)$ , το  $I=0.5$  και παίρνουμε 256 διαφορετικές τιμές για το  $H$  ( $0 \leq H \leq 360$ ).

Στη συνέχεια:

- μετατρέψτε τα χρώματα αυτά (του HSI μοντέλου) στο RGB μοντέλο χρησιμοποιώντας τους αναλυτικούς τύπους που δίνονται στην εκφώνηση και
- δείξτε την παλέτα που δημιουργήσατε ως μία νέα εικόνα.

Βοήθεια: Για να δείξετε τη νέα παλέτα ως εικόνα, αρκεί να δημιουργήσετε έναν πίνακα, έστω `new_Image`, που θα τον 'γεμίσετε' κατάλληλα με αριθμούς ώστε, όταν τον συνδυάσετε με την παλέτα μέσω της `imwrite`, κάθε γραμμή  $i$  του πίνακα `new_Image` να δείχνει στο χρώμα  $i$  της παλέτας.

Τι συμβολίζουν οι συνιστώσες του HSI χρωματικού μοντέλου; Με ποιον τρόπο διαφοροποιούνται οπτικά; Περιγράψτε με ποιον τρόπο δημιουργήσατε τον πίνακα για το Hue και γιατί. Περιγράψτε τον κώδικά σας για την αποθήκευση της νέας παλέτας που δημιουργήσατε σε εικόνα.

3. Προχωρήστε σε σταδιακό ξεθώριασμά 8-bit εικόνας της επιλογής σας.  
Για να το κάνετε αυτό, μετατρέψτε την στο HSI μοντέλο, χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά την έτοιμη εντολή της Matlab (**`rgb2hsv`**), απομονώστε το κανάλι του saturation και πειραματιστείτε μεταβάλλοντας τις τιμές του κατά ένα συντελεστή που θα μειώνεται κατά 0.2 κάθε φορά (στο διάστημα τιμών 0-1). Στη συνέχεια, ξαναγράψτε την εικόνα σε rgb (**`hsv2rgb`**) κι εμφανίστε κάθε εικόνα που προκύπτει (**`imshow`**). Εξηγείστε το αποτέλεσμα.

4. Υλοποιήστε κι εφαρμόστε την τεχνική του white balance σε 8-bit RGB εικόνα της επιλογής σας. Εξηγήστε το αποτέλεσμα και γιατί ήταν αναμενόμενο (ανάλογα με το περιεχόμενο της εικόνας που επιλέξατε).

-----  
Κατά την αποστολή της παρούσας εργαστηριακής άσκησης (μέσω Ιστοχώρου), παραδίδετε, πέραν του κώδικα, κι αναφορά, η οποία πρέπει να περιέχει:

- Σύντομη περιγραφή του αλγορίθμου που υλοποιήσατε σε κάθε ερώτημα, συμπεράσματα ή παρατηρήσεις όπου προκύπτουν.
- Screenshots των εικόνων που προέκυψαν από κάθε ερώτημα.
- Να ΜΗΝ περιέχει κώδικες.
- Η αναφορά παραδίδεται σε ηλεκτρονική μορφή.

Με λίγα λόγια:

- Η αναφορά θα πρέπει να είναι επεξηγηματική και λεπτομερής ως προς τα συμπεράσματά σας, να περιέχει τα σχήματα που εμφανίσατε και όχι τους κώδικες, να εξηγείτε με συντομία τον τρόπο της υλοποίησής σας, να είναι χωρίς ορθογραφικά λάθη, με τίτλους όπου χρειάζεται, max font size 12 και γενικώς να είναι επεξηγηματική, να αποτελεί παρουσίαση της εργασίας σας και να είναι ευπαρουσίαστη.
- Σε όλα τα σχήματά σας, εμφανίστε Τίτλο Σχήματος και Τίτλο σε κάθε διαφορετική εικόνα που να δηλώνει τί εμφανίζετε.
- Στην αναφορά σας και για κάθε ερώτημα θα πρέπει να αναφέρετε, πέραν της συνοπτικής εξήγησης της υλοποίησής σας, (τουλάχιστον) τις απαντήσεις των ερωτήσεων που καταγράφονται μέσα στα ερωτήματα και να κάνετε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων σας, δηλαδή σύνδεση των αποτελεσμάτων με την αντίστοιχη θεωρία και γιατί είναι αναμενόμενα ή όχι.