



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

: μ

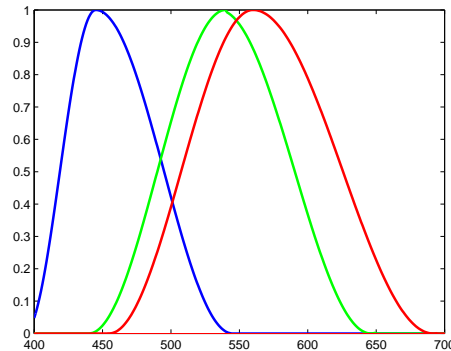
μ μ μ

Κεφάλαιο 13

Επεξεργασία έγχρωμων εικόνων

Το χρώμα αποτελεί πρόσθετη πηγή πληροφορίας για το περιεχόμενο των εικόνων κι επομένως υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όχι μόνο για την απόδοση των χρωμάτων, αλλά και για την επεξεργασία των έγχρωμων εικόνων.

Στο κεφάλαιο 2 αναφέρθηκε ότι το ανθρώπινο μάτι διαθέτει χρωματικούς αισθητήρες ευαίσθητους σε μήκη κύματος στα ονομαζόμενα κύρια χρώματα: κόκκινο R , πράσινο G και μπλε B . Στο Σχήμα 13.1 δίδονται προσεγγιστικά οι συναρτήσεις ευαισθησίας των τριών αισθητήρων ανάλογα με το μήκος κύματος σε nm.



Σχήμα 13.1: Οι συναρτήσεις ευαισθησίας.

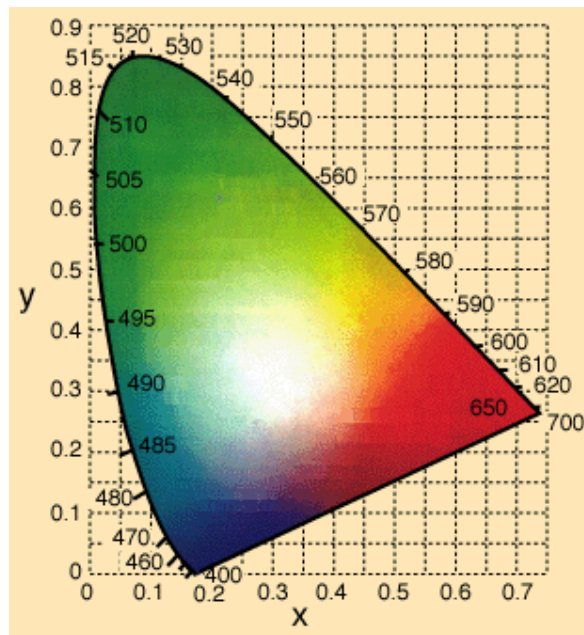
Αντίστοιχα υπάρχουν τεχνητοί αισθητήρες που δίδουν τρία κύρια χρώματα και όπου το ζητούμενο είναι να συντεθούν όλα τα δυνατά χρώματα και να ταιριάζουν στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωμάτων και των χρωματικών διαφορών. Η Διεθνής Επιτροπή Φωτομετρίας (*Commission Internationale de l'Éclairage, C.I.E.*) έχει προσδιορίσει ένα διάγραμμα εφικτών χρωμάτων. Ορίστηκαν αρχικά οι τριχρωματικές διεγέρσεις (X, Y, Z), ώστε οι συναρτήσεις ταιριάσματος των χρωμάτων να είναι θετικές για όλα τα μήκη κύματος και η συνάρτηση για τη συνιστώσα Y να ανταποκρίνεται στην ευαισθησία του ανθρώπινου οφθαλμού στη φωτεινότητα. Η σχέση των (X, Y, Z) με τις συνιστώσες (R, G, B), όπως είχαν οριστεί επίσης από την *C.I.E.* είναι η ακόλουθη

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4900 & 0.3100 & 0.2000 \\ 0.1770 & 0.8124 & 0.0106 \\ 0.0000 & 0.0100 & 0.9900 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Η παραπάνω μετατροπή γίνεται με την παραδοχή ότι $X = Y = Z = 1$, όταν $R = G = B = 1$. Από τις τριχρωματικές διεγέρσεις ορίζονται οι συντελεστές

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}, z = \frac{Z}{X+Y+Z}.$$

Το διάγραμμα ορίζεται ως συνάρτηση των (x, y) και τα εφικτά χρώματα προσδιορίζονται από ένα τόπο σε μορφή γλώσσας. Στην καμπύλη περίμετρο ευρίσκονται τα καθαρά χρώματα του ορατού φάσματος. Η γραμμική παρεμβολή μεταξύ δύο χρωμάτων δίδει τα ενδιάμεσα χρώματα.



Σχήμα 13.2: Το χρωματικό διάγραμμα.

Με τον ορισμό των τριών κύριων χρωμάτων ορίζονται τρεις συνιστώσες. Ανάλογα όμως με τη χρήση σε συσκευές ή σε υπολογισμούς έχουν ορισθεί διαφορετικά συστήματα αναπαράστασης των χρωμάτων. Το σύστημα *RGB* χρησιμοποιείται στις οθόνες και τους προβολείς και βέβαια στις συσκευές λήψης. Στους εκτυπωτές χρησιμοποιείται το σύστημα *CMYK*, που χρησιμοποιεί τα δευτερεύοντα χρώματα: κυανό, ιώδες και κίτρινο. Για τον ποιοτικό χαρακτηρισμό και την περιγραφή των χρωμάτων είναι προτιμότερο το σύστημα *HSI*. Το *H* (*hue*) ορίζει το χρώμα, το *S* (*saturation*) ορίζει τον κορεσμό του χρώματος, δηλαδή την καθαρότητά του, και το *I* (*intensity*) ορίζει τη φωτεινή ένταση. Για μετρήσεις χρωματικών διαφορών καταλληλότερο σύστημα είναι το *CIE Lab*. Στα πρότυπα συμπέσης εικόνων και βίντεο χρησιμοποιείται το σύστημα *YCbCr*. Ακολουθεί η παρουσίαση των συστημάτων χρωμάτων.

13.1 Συστήματα χρωμάτων

13.1.1 HSI

Η πρώτη συνιστώσα περιγράφει το κυρίως καθαρό χρώμα, η δεύτερη συνιστώσα το βαθμό καθαρότητας και η τρίτη την ένταση. Το σύστημα αυτό αφενός διαχωρίζει την ένταση από το χρωματικό περιεχόμενο κι αφετέρου οι δύο χρωματικές συνιστώσες συνδέονται με τον τρόπο που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τα χρώματα.

Για τη μετατροπή των συνιστωσών από το σύστημα RGB στο σύστημα HSI θεωρούμε το χρωματικό σημείο στο χώρο ενός μοναδιαίου κύβου. Με αναφορά το σημείο $(1/3, 1/3, 1/3)$ ορίζουμε το χρώμα H ως τη γωνία ανάμεσα στο διάνυσμα που ορίζεται από το χρωματικό σημείο και στο διάνυσμα του κόκκινου χρώματος. Επομένως 0° αντιστοιχούν στο κόκκινο χρώμα, 60° στο κίτρινο, 120° στο πράσινο, 180° στο κυανό, 240° στο μπλε και 300° στο ιώδες. Προκύπτει τότε η ακόλουθη σχέση σε μοίρες

$$H = \arccos \frac{R - 0.5(G + B)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}}, \text{ για } G \geq B$$

και

$$H = 360^\circ - \arccos \frac{R - 0.5(G + B)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}}, \text{ για } G \leq B$$

Η ένταση ορίζεται

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B).$$

Ο κορεσμός ορίζεται από τη σχέση

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I}.$$

Αν ο κορεσμός είναι μηδέν δεν ορίζεται το χρώμα. Επίσης ο κορεσμός δεν ορίζεται, αν η ένταση είναι μηδενική (μαύρο χρώμα). Ο αρχικός κύβος των χρωμάτων μετατράπηκε σε κύλινδρο, του οποίου ο άξονας αντιστοιχεί στην ένταση, η ακτίνα στον κορεσμο και η γωνία στο χρώμα.

13.1.2 C.I.E. Lab

Το σύστημα Lab έχει σχεδιασθεί από την $C.I.E.$ για να προσεγγίζει την ανθρώπινη αντίληψη των χρωμάτων και των χρωματικών διαφορών. Ο χρωματικός χώρος είναι ομοιόμορφος ως προς τις χρωματικές διαφορές, με διαχωρισμό της φωτεινότητας L από τις χρωματικές συνιστώσες (a, b) . Ο ορισμός χρησιμοποιεί το διάνυσμα τριχρωματικών διεγέρσεων (X, Y, Z) που παρουσιάσθηκε προηγούμενα.

$$\begin{aligned} L &= 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \\ a &= 500\left(f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right) \\ b &= 200\left(f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right) \end{aligned}$$

όπου

$$f(\tau) = \begin{cases} \tau^{1/3}, & \tau > (6/29)^3 \\ (841/108)\tau + 4/29, & \tau \leq (6/29)^3 \end{cases}$$

Το (X_n, Y_n, Z_n) αντιστοιχεί στο λευκό χρώμα. Η ευκλείδεια απόσταση δίδει τη χρωματική διαφορά. Το χρώμα και ο κορεσμός του μπορούν να μετρηθούν ως εξής

$$H = \arctan \frac{b}{a}, S = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

13.1.3 YCbCr

Η μετατροπή, όπως χρησιμοποιείται στο πρότυπο συμπίεσης *JPEG*, δίδεται ως ακολούθως

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

Το σύστημα *RGB* στις ανωτέρω σχέσεις είναι αυτό που έχει ορισθεί από την Εταιρεία Μηχανικών Τηλεόρασης (Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE). Και στο σύστημα αυτό διαχωρίζεται η ένταση από τις χρωματικές συνιστώσες. Το σύστημα *YCbCr* χρησιμοποιείται στα πρότυπα συμπίεσης εικόνων και βίντεο.

13.2 Κβαντισμός χρώματος

Ο σκοπός του κβαντισμού είναι η συμπίεση ή περιγραφή του περιεχομένου, ή ακόμα η τμηματοποίηση. Ο κβαντιστής συνίσταται από ένα σύνολο αντιπροσωπευτικών διανυσμάτων $\{c_k : k = 1, \dots, K\}$. Το σύνολο των αντιπροσωπευτικών χρωμάτων κατασκευάζεται από ένα σύνολο διανυσμάτων εκμάθησης $\{x_i : i = 1, \dots, N_t\}$ και βασίζεται σ' ένα κριτήριο ελάχιστης παραμόρφωσης, όπως τετραγωνικής, που ορίζεται

$$D = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in \mathcal{S}_k} \|x_i - c_k\|^2 \quad (13.1)$$

για K κλάσεις \mathcal{S}_k .

Ο βέλτιστος κβαντιστής ικανοποιεί δύο αναγκαίες συνθήκες για την ελαχιστοποίηση της D . Για δοσμένη κλάση ο καλύτερος αντιπρόσωπος είναι το κέντρο βάρους

$$c_k = \frac{1}{\text{card}[\mathcal{S}_k]} \sum_{x_i \in \mathcal{S}_k} x_i \quad (13.2)$$

Για δοσμένο σύνολο αντιπροσωπευτικών χρωμάτων η καλύτερη τιμή κβαντισμού ενός διανύσματος x συνίσταται στην επιλογή του πλησιέστερου αντιπρόσωπου

$$\|x - c_k\| < \|x - c_l\| \quad \forall l \neq k \quad \Rightarrow \quad x \in \mathcal{S}_k \quad (13.3)$$

Η χρησιμοποίηση των δύο αυτών αναγκαίων συνθηκών δίδει έναν επαναληπτικό αλγόριθμο κατασκευής ενός συνόλου αντιπροσωπευτικών χρωμάτων.

- Αρχικό βήμα: Αρχικά αντιπροσωπευτικά χρώματα, $i = 1$, και αρχική μεγάλη τιμή για την παραμόρφωση $D^{(0)}$
- Βήμα 1: Εύρεση των κλάσεων (Εξίσωση (13.3))
- Βήμα 2: Υπολογισμός της παραμόρφωσης $D^{(i)}$
- Βήμα 3: Έλεγχος σύγκλισης

$$\text{Αν } \frac{D^{(i-1)} - D^{(i)}}{D^{(i-1)}} \leq \epsilon, \quad \text{τέλος}$$

Διαφορετικά, προσαύξηση του i , και συνέχιση των επαναλήψεων

- Βήμα 4: Εύρεση του καλύτερου αντιπρόσωπου για κάθε κλάση (Εξίσωση (13.2)), και επιστροφή στο Βήμα 1.

13.3 Μείωση θορύβου

Ο θόρυβος παράγεται είτε κατά τη διαδικασία της λήψης, είτε κατά τη μετάδοση των εικόνων. Πολύ συχνά μπορεί να θεωρηθεί αθροιστικός και ανεξάρτητος από σημείο σε σημείο. Τα γραμμικά φίλτρα μείωσης θορύβου που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 9 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά για κάθε συνιστώσα των έγχρωμων εικόνων. Και το φίλτρο μεσαίας τιμής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα στις ξεχωριστές συνιστώσες. Ωστόσο είναι προτιμότερο να ληφθεί υπόψη ότι τα δεδομένα είναι τρισδιάστατα.

Το φίλτρο μεσαίου διανύσματος εφαρμόζεται σε μια περιοχή W γύρω από το σημείο που λαμβάνεται η απόκριση και συνήθως είναι ένα τετράγωνο μπλοκ. Ας είναι

$$\{x_n, n = 1, 2, \dots, N\}$$

τα διανύσματα χρώματος στην περιοχή W . Το μεσαίο διάνυσμα είναι εκείνο (x_i) μεταξύ των παραπάνω που ελαχιστοποιεί την απόσταση¹

$$\sum_{n=1}^N \|x_i - x_n\|_p.$$

Το φίλτρο μεσαίου διανύσματος αφαιρεί τον κρουστικό θόρυβο και μειώνει τον αθροιστικό θόρυβο, ιδίως αν συνδυασθεί και με γραμμικά φίλτρα.

Το διάνυσμα μεσαίας κατεύθυνσης αποκρίνεται x_i , εφόσον αυτό το διάνυσμα ελαχιστοποιεί την απόσταση

$$\sum_{n=1}^N \theta(x_i, x_n),$$

που ορίζεται με βάση τις γωνιακές αποκλίσεις. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρήσης φίλτρων και ως προς την κατεύθυνση και ως προς το μέτρο των διανυσμάτων της θεωρούμενης περιοχής.

Ορίζεται επίσης το φίλτρο τοπικά σταθμισμένης μέσης διανυσματικής τιμής ως ακολούθως

$$f \left(\frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \right), w_i = e^{-\frac{(\sum_{n=1}^N \|x_i - x_n\|_p)^r}{\beta}}$$

¹ $\|x\|_p = (\sum_{k=1}^K |x_k|^p)^{1/p}$

μ μ

μ μ

Copyright - μ , « : 1.0. 2015. μ
: <http://www.csd.uoc.gr/~hy471/>

μ μ

μ , μ Creative Commons ,
4.0 [1] μ , .
μ μ « μ μ ».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

μ :

• μ μ μ μ μ ,

• μ μ

• μ) μ μ μ (. .

μ , μ

μ μ

μ μ :

• μ μ

• μ μ

• μ μ

• μ μ ()

μ μ μ μ .

μ

•

• « μ μ μ μ μ » μ

• μ μ μ μ μ μ μ μ « μ μ (μ)

 Ευρωπαϊκή Ένωση Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο	 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ <i>επένδυση στην κοινωνία της γνώσης</i> ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης	 ΕΣΠΑ 2007-2013 Πρόγραμμα για την ανάπτυξη ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
--	--	--