

Υπολογισμός της Συνάρτησης Αλλοίωσης (Degradation function)

- Αλλοιωμένη Εικόνα**

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + n(x, y)$$

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$
 - Τυφή αποσυνέλιξη (blind deconvolution)
- Υπολογισμός Η με**
 - Παρατηρήσεις (observations)
 - Πειράματα (experimentation)
 - Μαθηματικά μοντέλα (mathematical modeling)
- Υπολογισμός με παρατηρήσεις**
 - Σε περιοχές της εικόνας με έντονο σήμα
 - Απλό περιεχόμενο (σημεία, γραμμές κλπ.)
 - Χρησιμοποιώντας μια εκτίμηση της αρχικής εικόνας υπολογίζουμε την Η
$$H(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{\hat{F}_s(u, v)}$$
 - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλη την εικόνα αν παραμείνει αναλλοίωτη (invariant) στο χώρο

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Υπολογισμός της Συνάρτησης Αλλοίωσης (Degradation function)

- Υπολογισμός με πειράματα**
 - Μπορούμε να βρούμε την κρουστική απόκριση (impulse response) του συστήματος μας
 - Υπολογίζουμε την Η σαν
$$H(u, v) = \frac{G(u, v)}{A}$$

$$A = \text{constant}$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Υπολογισμός της Συνάρτησης Αλλοίωσης (Degradation function)

- Υπολογισμός με μαθηματικά μοντέλα**
 - Αν γνωρίζουμε τα φυσικά αίτια της αλλοίωσης μπορούμε να βρούμε ένα μαθηματικό μοντέλο που να τα περιγράφει
 - Μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα φαινόμενα
- Παραδείγματα**
 - Αλλοίωση από ατμοσφαιρική ανατάραξη (turbulence)
$$H(u, v) = e^{-k(u^2 + v^2)^{5/6}}$$
 - Τι σας θυμίζει αυτή η συνάρτηση;

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Υπολογισμός της Συνάρτησης Αλλοίωσης (Degradation function)

- Παραδείγματα**
 - Αλλοίωση από επίπεδη κίνηση (planar motion)
$$g(x, y) = \int_0^T f[x - x_0(t), y - y_0(t)] dt$$

$$G(u, v) = \int_0^T \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f[x - x_0(t), y - y_0(t)] dt e^{-j2\pi(ux + vy)} dx dy$$

$$G(u, v) = \int_0^T \left[\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f[x - x_0(t), y - y_0(t)] e^{-j2\pi(ux + vy)} dx dy \right] dt$$

$$G(u, v) = \int_0^T F(u, v) e^{-j2\pi[x_0(t)u + y_0(t)v]} dt = F(u, v) \int_0^T e^{-j2\pi[x_0(t)u + y_0(t)v]} dt$$

$$H(u, v) = \int_0^T e^{-j2\pi[x_0(t)u + y_0(t)v]} dt$$

$$x_0(t) = \frac{at}{T}$$

$$H(u, v) = \int_0^T e^{-j2\pi[x_0(t)u + y_0(t)v]} dt = \int_0^T e^{-j2\pi\left[\frac{at}{T}u + \frac{bt}{T}v\right]} dt = \frac{T}{\pi ua} \sin(\pi ua) e^{-j\pi vb}$$

$$y_0(t) = \frac{bt}{T}$$

$$H(u, v) = \frac{T}{\pi(ua + vb)} \sin[\pi(ua + vb)] e^{-j\pi(ua + vb)}$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Αντίστροφο Φιλτράρισμα (inverse filtering)

- Εκτίμηση της εικόνας**

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}$$
- Πρόβλημα ο θόρυβος**

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$$

$$\hat{F}(u, v) = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$
 - Τι γίνεται όταν $H \ll 1$;
- Παράδειγμα**

$$H(u, v) = e^{-k\left[\left(\frac{u-M/2}{2}\right)^2 + \left(\frac{v-N/2}{2}\right)^2\right]^{5/6}}$$
 - Συνδυασμός με butterworth φίλτρο για καλύτερα αποτελέσματα

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Φίλτρο Ελάχιστου Μέσου Τετραγώνου Σφάλματος (Minimum Mean Square Error Filter)

- Φίλτρο Wiener (1942)**
 - Η εικόνα και ο θόρυβος είναι τυχαίες διαδικασίες
 - Ελαχιστοποιούμε το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής εικόνας και του υπολογισμού
$$e^2 = E\left\{\left(f - \hat{f}\right)^2\right\}$$

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_N(u, v)}{S_F(u, v)}} \right] G(u, v)$$
 - $\eta(x, y) = 0$, αντίστροφο φιλτράρισμα
 - $\eta(x, y) = \text{λευκός φάσμα ισχύος (power spectrum)}$ είναι σταθερό
- Όταν δεν είναι γνωστά τα φάσματα ισχύος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε
$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$
 - Αυτή η προσέγγιση δεν είναι κατ' ανάγκη και η βέλτιστη λύση!

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory



Κεφάλαιο 6



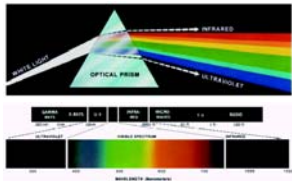
Επεξεργασία Έγχρωμης Εικόνας (Color Image Processing)



Εισαγωγή



- Χρώμα**
 - Πιο παραστατικές εικόνες
 - Μπορούμε να ξεχωρίσουμε χιλιάδες χρώματα (αντί ~ 24 επίπεδα γκριζού)
- Επεξεργασία Έγχρωμης Εικόνας**
 - Πραγματικά χρώματα
 - Ψευδοχρώματα (pseudo-colors)
- Ορατό Φως**
 - Το χρώμα ενός αντικειμένου εξαρτάται από τα μήκη κύματος που αντανακλά
- Αχρωματικό φως (Achromatic light)**
 - π.χ. ασπρόμαυρες εικόνες
 - Μόνο χαρακτηριστικό η ένταση (intensity) του
- Χρωματικό Φως**
 - Χαρακτηριστικά
 - Ακτινοβολία (radiance): η συνολική ενέργεια (Watts - W)
 - Φωτεινότητα (luminance): η ενέργεια όπως την ανιχνεύει ο παρατηρητής (lumens - lm)
 - Λαμπρότητα (brightness): όπως η ένταση για το αχρωματικό φως. Δύσκολο να μετρηθεί



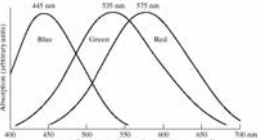
Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

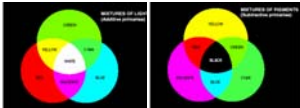


Εισαγωγή



- Αισθητήρια (Receptors) χρώματος**
 - Κώνιοι (Cones)
- Κύρια χρώματα Φωτός (Primary Colors) – Πρότυπα CIE**
 - Κόκκινο (R) = 700 nm
 - Πράσινο (G) = 546.1 nm
 - Μπλε (B) = 435.8 nm
- Δευτερεύοντα Χρώματα (secondary colors)**
 - Ματζέντα (Magenta) = R+B
 - Κυανό (Cyan) = G+B
 - Κίτρινο (Yellow) = R+G
- Στην περίπτωση των χρωστικών ουσιών**
 - Κύρια χρώματα: MCY
 - Απορροφούν ένα χρώμα και αφήνουν τα άλλα δύο να περάσουν
 - Δευτερεύοντα χρώματα: RGB





Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory



Εισαγωγή



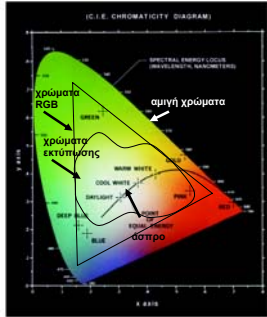
- Χαρακτηριστικά ενός χρώματος**
 - Απόχρωση (Hue)
 - Μέτρο που κυλιόχρω μήκους κύματος
 - Το "χρώμα" που διακρίνει ο παρατηρητής
 - Κορεσμός (Saturation)
 - Πόσο αμύγες είναι το χρώμα
 - Χρώματα με άσπρο είναι λιγότερο κορεσμένα
 - π.χ. Ροζ = Κόκκινο + Άσπρο
 - Λαμπρότητα (Brightness)
 - Αντίστοιχο της έντασης (intensity) του αχρωματικού φωτός
- Χρωστικότητα (Chromaticity)**
 - Χαρακτηριστικό του χρωματικού φωτός
 - Απόχρωση και Κορεσμός
 - Χρωστικότητα και Λαμπρότητα χαρακτηρίζουν κάθε χρώμα
- Τριχρωματικές Τιμές (Tristimulus values)**
 - Ποσοστό κάθε κύριου χρώματος

$$x = R / (R + G + B)$$

$$y = G / (R + G + B)$$

$$z = B / (R + G + B)$$

$$x + y + z = 1$$
 - Γνωρίζοντας τα x και y (π.χ. CIE Διάγραμμα χρωστικότητας) μπορούμε να καθορίσουμε όλα τα χρώματα



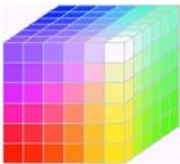
Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory



Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)



- Μοντέλο χρωμάτων (color model)**
 - ή χώρος χρωμάτων (color space)
 - ή σύστημα χρωμάτων (color system)
- RGB: για υλικό (hardware)
- CMY ή CMYK: για εκτύπωση
- HIS: αντίληψη χρώματος, για επεξεργασία
- και άλλα



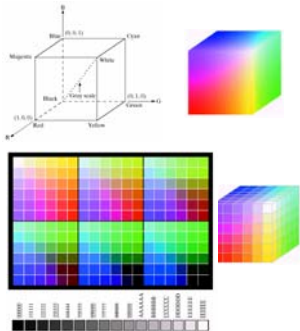
Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory



Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)



- Μοντέλο RGB**
 - Τρία κύρια χρώματα
 - Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων
 - Αντιστοιχεί στα στοιχεία φωσφόρου μιας οθόνης
 - Τρεις εικόνες
 - Μια για κάθε κύριο χρώμα
 - 8 bit για κάθε κύριο χρώμα
 - 3 x 8 = 24 bit για την εικόνα
 - εικόνα πλήρους χρώματος ("full color" image)
 - Αριθμός Χρωμάτων: 16.777.216
 - Ασφαλή Χρώματα (Safe Colors)
 - Ίδια σε όλα τα συστήματα
 - Κάθε κύριο χρώμα μπορεί να έχει τιμή 0, 51, 102, 153, 204, 255
 - 216 χρώματα (6³)
 - Εξωδικό σύστημα



Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)

- Μοντέλο CMY**
 - Τρία κύρια χρώματα
 - Αντιστοιχεί στις χρωστικές ουσίες ενός εκτυπωτή
 - Κάθε χρωστική ουσία απορροφά R, G ή B και αντανακλά τα υπόλοιπα

$$C = 1 - R$$

$$M = 1 - G$$

$$Y = 1 - B$$

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Τρεις εικόνες
 - Μια για κάθε κύριο χρώμα
- Προσθέτουμε μαύρο στο μοντέλο για καλύτερη εκτύπωση
 - $C + M + Y = \text{ξεθωριασμένο μαύρο!}$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)

- Μοντέλο HSI**
 - Πιο κοντά στην ανθρώπινη αίσθηση
 - Κατάλληλο για "περιγραφή"
 - "Κατανοητοί" αλγόριθμοι
 - Χαρακτηριστικά ενός χρώματος
 - Απόχρωση (Hue)
 - Μέτρο του κυκλαρχού μήκους κύματος
 - Το "χρώμα" που διακρίνει ο παρατηρητής
 - Κορεσμός (Saturation)
 - Πόσο αμυγές είναι το χρώμα
 - Χρώματα με άσπρο είναι λιγότερο κορεσμένα
 - Ένταση (Intensity)
 - Αντίστοιχο του ακρωματικού φωτός
 - Τρίγωνο, εξάγωνο ή κυκλικό σύστημα αξόνων
 - Hue → γωνία
 - Saturation → μήκος
 - Intensity → τιμή z
 - Κύρια χρώματα: κάθε 120 μοίρες
 - Δευτερεύοντα χρώματα: 60 μοίρες από τα κύρια

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)

- Μοντέλο HSI**
 - Μετατροπή RGB → HSI

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$
 - Μετατροπή HSI → RGB

$$B = I(1-S)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R+B)$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μοντέλα Χρωμάτων (Color Models)

- Μοντέλο HSI**

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory