

Η χρήση του χρώματος στη χαρτογραφία και στα ΣΓΠ

Συμβατική χρήση χρωμάτων στους τοπογραφικούς χάρτες

Μαύρο:	βασικές τοπογραφικές λεπτομέρειες
Γκρι:	μεγάλα κτίρια
Κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο:	κατηγορίες δρόμων
Μπλε:	υδάτινα στοιχεία
Σκούρο μπλε:	σημειακά και γραμμικά υδάτινα στοιχεία
Ανοιχτό μπλε:	επιφανειακά υδάτινα στοιχεία
Καφέ:	υψομετρικές καμπύλες-ενδείξεις υψομέτρων
Πράσινο:	δασικές εκτάσεις
Ανοιχτό πράσινο:	καλλιέργειες



Figure 1.1

Συμβατική χρήση χρωμάτων σε θεματικούς χάρτες και «ασυμβατότητες»

Γεωλογικοί χάρτες:

Χάρτες γήινου ανάγλυφου: πράσινο, ώχρα, ανοιχτό καφέ, καφέ, μοβ

Χάρτες χρήσεων γης:

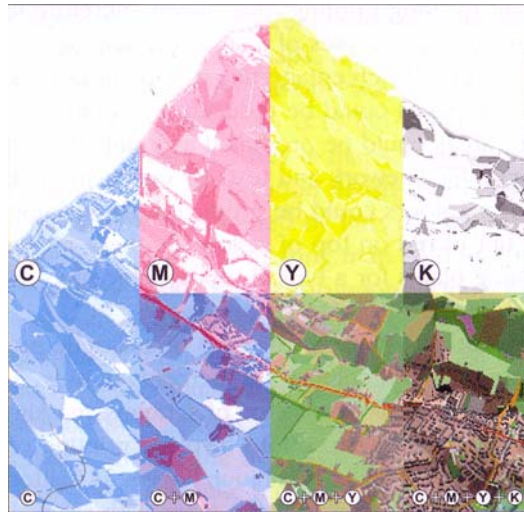
Χάρτες πυκνότητας πληθυσμού: κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο, σκούρο κόκκινο

Χάρτες βροχόπτωσης: κίτρινο ανοιχτό (ξηρασία) → σκούρο μπλε (μεγάλη υγρασία)

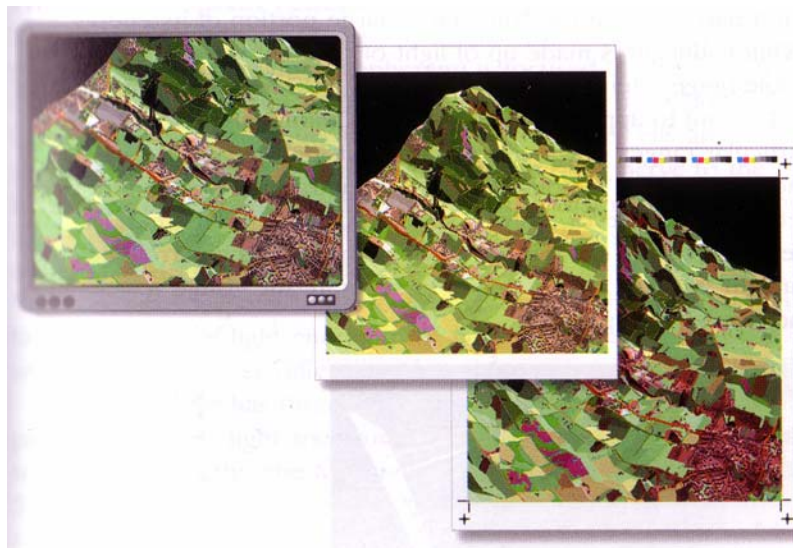
Χάρτες θερμοκρασίας: ανοιχτό κίτρινο → σκούρο κόκκινο για θετικές τιμές (Κελσίου)
ανοιχτό πράσινο → σκούρο μπλε για αυξανόμενες αρνητικές τιμές



Figure 1.2

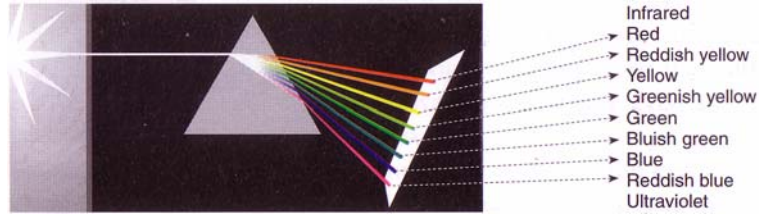


Ξεχωριστά CMYK χρώματα και τα αποτελέσματα συνδυασμού τους στην εκτύπωση



Ένας χάρτης στην οθόνη (αριστερά), τυπωμένος σε έναν inkjet εκτυπωτή (μέση) και σε έναν offset εκτυπωτή (δεξιά)

η όραση του χρώματος

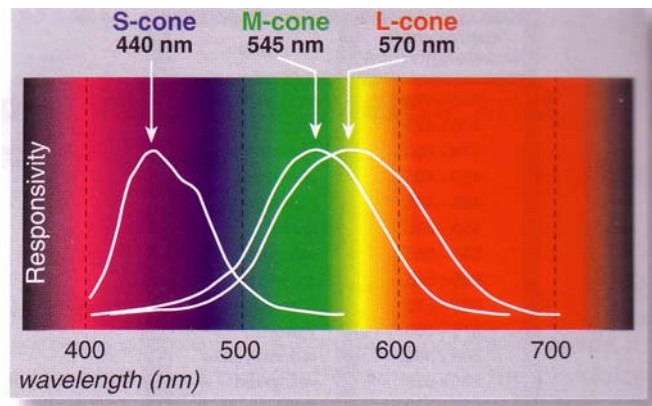


Το κλασικό πείραμα του Νεύτωνα

Μήκη κύματος φωτός και τα χρώματα
όπως τα αντιλαμβανόμαστε

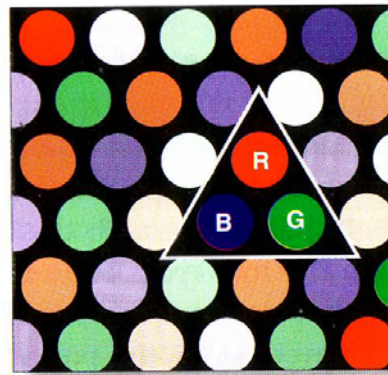
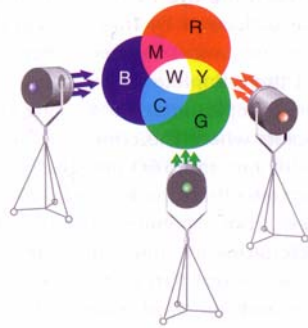
approximate wavelength (nm)	hue
380 - 470	reddish blue
470 - 475	blue
475 - 480	greenish blue
480 - 485	blue-green
485 - 495	bluish green
495 - 535	green
535 - 555	yellowish green
555 - 565	green-yellow
565 - 575	greenish yellow
575 - 580	yellow
580 - 585	reddish yellow
585 - 595	yellow-red
595 - 770	red

η φυσιολογική αντίδραση του ματιού



Η φασματική ανταπόκριση των κωνίων του αμφιβληστροειδή

σωματίδια και πρωτεύοντα χρώματα



Ανάμειξη προσθετικών χρωμάτων

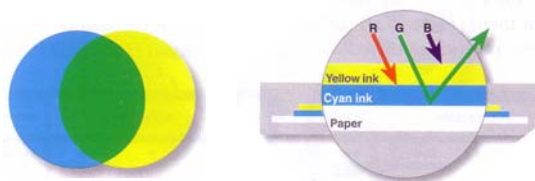
Κόκκινες, Πράσινες και Μπλε κουκίδες φωσφόρου σε έγχρωμη οθόνη

Έγχρωμος φωτισμός

Ανάμειξη αφαιρετικών χρωμάτων, η θεωρία πίσω από την τριχρωματική εκτύπωση

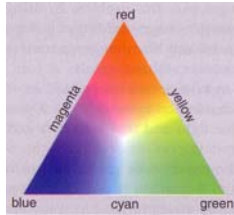


Πως το πράσινο διαφανές μελάνι τυπωμένο πάνω σε κόκκινο παράγει μαύρο



Πως το κυανό και το κίτρινο παράγουν πράσινο

Ανάμειξη αφαιρετικών χρωμάτων, η θεωρία πίσω από την τριχρωματική εκτύπωση



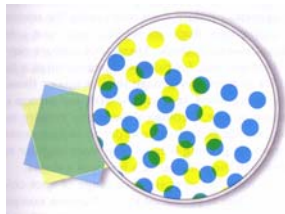
Το χρωματικό τρίγωνο

subtractive		result
Yellow + Cyan		Green
Yellow + Magenta		Red
Cyan + Magenta		Blue

ανάμειξη αφαιρετικών

additive		result
Red + Green		Yellow
Green + Blue		Cyan
Blue + Red		Magenta

ανάμειξη προσθετικών



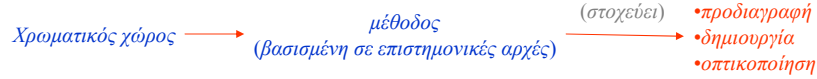
τόνοι του κίτρινου και κυανού παράγουν ανοιχτό πράσινο

Ανάμειξη μελανιών (σημειακά χρώματα)

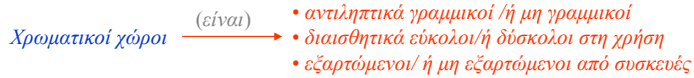
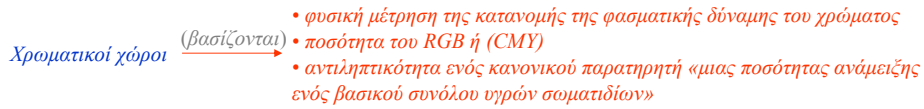
Οι αισθήσεις του χρώματος (CIE, 1989)

- Λαμπρότητα (brightness):** η ανθρώπινη αίσθηση με την οποία μια περιοχή εκθέτει πολύ ή λίγο φως
- Απόχρωση (hue):** η ανθρώπινη αίσθηση σύμφωνα με την οποία μια περιοχή εμφανίζεται να είναι όμοια με ένα, ή με ποσοστά από δυο, από τα αντιλαμβανόμενα χρώματα κόκκινο, κίτρινο, πράσινο και μπλε
- Πληρότητα χρώματος (colourfulness):** η ανθρώπινη αίσθηση σύμφωνα με την οποία μια περιοχή εμφανίζεται να εκθέτει περισσότερη ή λιγότερη από την απόχρωσή του
- Φωτεινότητα (lightness):** η αίσθηση της λαμπρότητας μιας περιοχής σε σχέση με μια άσπρη αναφορά στη σκηνή
- Χρώμα (chroma):** η πληρότητα χρώματος μιας περιοχής σε σχέση με τη λαμπρότητα ενός αναφερόμενου λευκού
- Κορεσμός (saturation):** η πληρότητα χρώματος μιας περιοχής σε σχέση με τη λαμπρότητά του

Χρωματικοί χώροι (colour spaces)

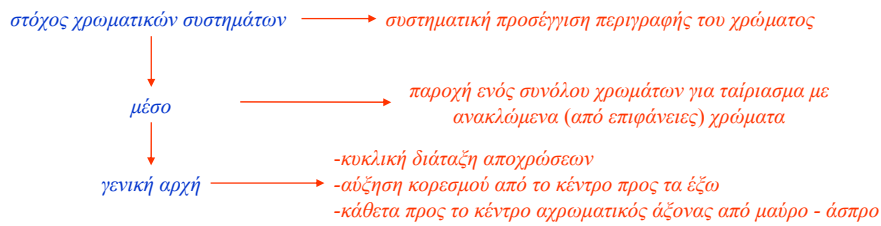


- ένα χρώμα μπορεί να προσδιοριστεί στο 3διάστατο χώρο μέσα από τρεις συντεταγμένες, ή παραμέτρους
- οι παράμετροι περιγράφουν τη θέση του χρώματος μέσα στον χρωματικό χώρο
- διαφορετικοί χρωματικοί χώροι για διαφορετικούς σκοπούς
- το ίδιο χρώμα έχει διαφορετικούς παραμέτρους σε διαφορετικούς χώρους

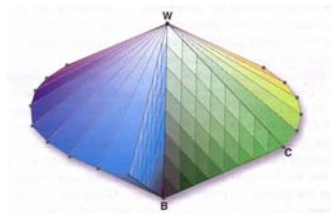


Βασικό πρακτικό πρόβλημα → μετατροπή προδιαγραφών χρώματος μεταξύ συστημάτων

Χρωματικοί χώροι για έγχρωμες επιφάνειες



δυο κατηγορίες συστημάτων → σχήμα χρωματικό στερεού: συμμετρικό
σχήμα χρωματικού στερεού: μη συμμετρικό



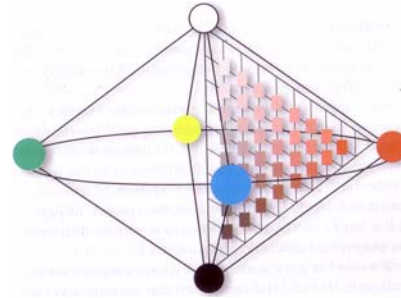
Το χρωματικό σύστημα Ostwald (1916) (συμμετρικό χρωματικό στερεό)

- 24 αποχρώσεις στην περιφέρεια κύκλου
- κεντρικός άξονας: αχρωματικά χρώματα
- για κάθε απόχρωση: 28 χρώματα (ανάμειξη γνήσιας απόχρωσης με μαύρο και άσπρο)
- συνολικός αριθμός χρωμάτων συστήματος: 680
- για όλα τα χρώματα: απόχρωση + άσπρο + μαύρο = 1
- κύκλος στη μέση του στερεού: υψηλού κορεσμού χρώματα (όχι όμως ίδιας φωτεινότητας)

Το σύστημα φυσικού χρώματος
Natural Colour System (NCS)



Ο κύκλος αποχρώσεων του
Natural Colour System (NCS)



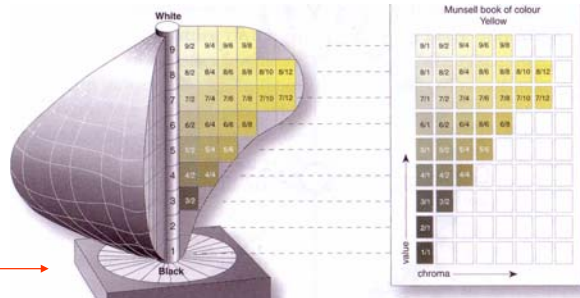
Ο χρωματικός χώρος του (NCS)

- ο κύκλος αποχρώσεων βασίζεται στα αντίθετα ζεύγη R-G & B-Y
- όλες οι άλλες αποχρώσεις ορίζονται από την φαινομενική ανάμειξη δυο διαδοχικών βασικών αποχρώσεων (π.χ R με Y, Y με G, G με B, και B με R)
- το πλήρες στερεό του χρώματος είναι ένας διπλός κώνος με άξονα από το μαύρο στο άσπρο
- όλα τα χρώματα στο στερεό έχουν μια συνιστώσα απόχρωσης (C) μια λευκότητας (W) και μια μαυρότητας (S). Το σύνολο των τριών είναι πάντα 100

Το (μη-συμμετρικό) σύστημα Munsell

- μεταβλητές →
- απόχρωση
 - ένταση
 - κορεσμός

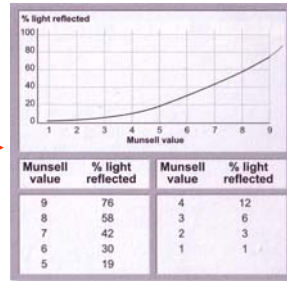
Το τρι-διάστατο χρωματικό
στερεό του συστήματος Munsell
Ένα τέταρτο του στερεού έχει
αφαιρεθεί για να φανεί η
εσωτερική διάταξη



- Υπάρχουν πέντε βασικές αποχρώσεις (100 συνολικά) κυκλική διάταξη
- Οι διαφοροποιήσεις στον κορεσμό και την ένταση παράγονται με πρόσθεση άσπρου και μαύρου σε διαφορετικές αναλογίες
- Ο κεντρικός άξονας του συστήματος είναι μια κλίμακα του γκρι
- Ο κορεσμός αυξάνεται από τον κεντρικό άξονα (αχρωματικό) προς την περιφέρεια
- Η ένταση αυξάνεται από το μαύρο (στη βάση) προς το άσπρο στην κορυφή

Το σύστημα Munsell

Η γκρι κλίμακα του συστήματος Munsell →



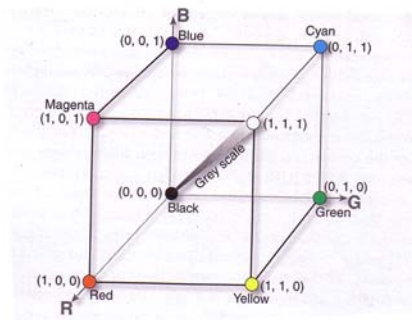
- τα βήματα των κλιμάκων απόχρωσης, έντασης και κορεσμού εμφανίζονται αντιληπτικά ίσα
- η αντίδραση του οφθαλμού στην ένταση του φωτός είναι μη γραμμική, είναι περίπου λογαριθμική
- ο οφθαλμός δεν είναι ομοιόμορφα ευαίσθητος σε όλες τις αποχρώσεις
- ο χώρος του χρώματος σαν σύνολο δεν είναι αντιληπτικά γραμμικός

- Το στερεό του Munsell δεν είναι συμμετρικό (ούτε κύλινδρος, ούτε διπλός κώνος)
- Ένα απλό κωδικό σύστημα δίνει σε κάθε τετράγωνο χρώματος ένα μοναδικό κωδικό
- Το σύστημα Munsell διατίθεται σε μορφή βιβλίου
- Κάθε σελίδα του βιβλίου περιέχει όλες τις χρωματικές διαφοροποιήσεις μιας μοναδικής απόχρωσης

Ο κυβικός χρωματικός χώρος με βάση το RGB ή το CMY

Όλα τα χρώματα που παράγονται με προσθετική ανάμειξη σε μια έγχρωμη οθόνη μπορούν να εκφραστούν με ποσότητες **RGB**
 Όλα τα έγχρωμα μελάνια και οι έγχρωμες μπιγιές μπορούν να εκφραστούν με ποσότητες **CMY**

Ο χρωματικός κύβος RGB →



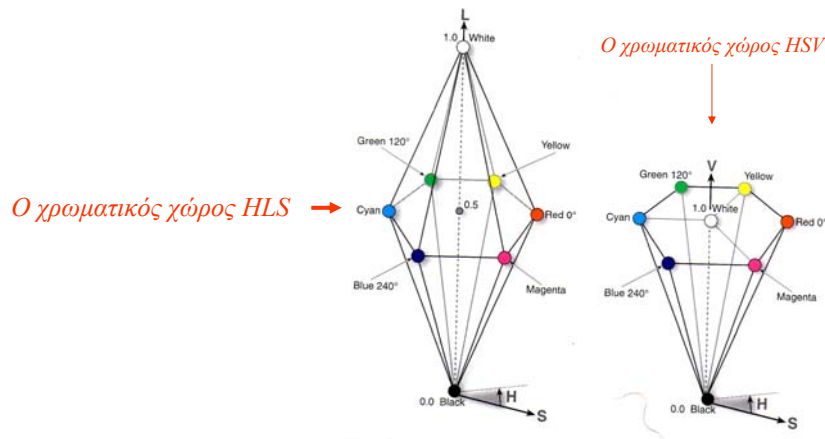
Ο κύβος των πρωτεύουσων προσθετικών αποχρώσεων, R, G, B , μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις πρωτεύουσες αφαιρετικές αποχρώσεις C, M, Y .

Ισχύει: $R = 1 - C$, $G = 1 - M$, $B = 1 - Y$.

Ο κυβικός χρωματικός χώρος με βάση το RGB ή το CMY

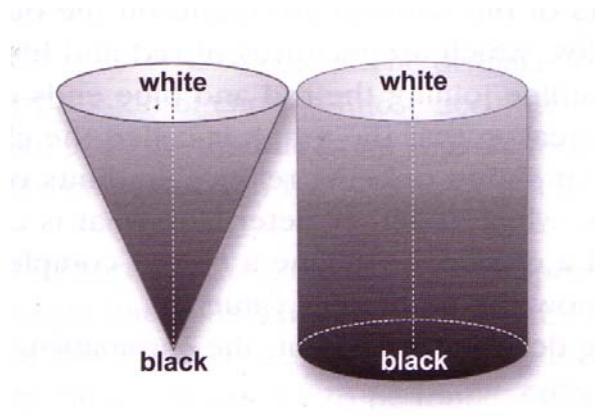
- Ο κύβος είναι απλός και εύχρηστος
- Ο κύβος δεν είναι διαισθητικός: δεν υπάρχει εμφανής σχέση με τις οπτικές μεταβλητές απόχρωσης, έντασης, κορεσμού
- Ο χρωματικός χώρος εξαρτάται από τη συσκευή. Διαφορετικές συσκευές δίδουν διαφορετικά χρώματα στις οθόνες και στις εκτυπώσεις
- Η σχέση μεταξύ της τάσης που παρέχεται στη συσκευή και έντασης ή λαμπρότητας του φωτός που προκύπτει είναι μη γραμμική -η ανθρώπινη όραση έχει μη γραμμική αντιληπτική αντίδραση στη λαμπρότητα. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν την εικόνα στην οθόνη λαμβάνουν υπόψη αυτούς τους παράγοντες, όμως οι κλίμακες στους άξονες RGB μπορεί να μην είναι εντελώς αντιληπτικά γραμμικοί
- Εάν ο κύβος χρησιμοποιηθεί στην αφαιρετική εκδοχή υπάρχει επίσης μη γραμμικότητα
- Η απλή μετατροπή από το RGB στο CMY απαιτεί όλες οι γωνίες του κύβου να εμφανίζονται το ίδιο χρώμα και και στα δυο συστήματα. Μέχρι σήμερα αυτό δεν συμβαίνει:
 1. Είναι δύσκολο να ταιριάζουν χρώματα που παράγονται από εκπεμπόμενο φως (προσθετικό σύστημα), με χρώματα που παράγονται από ανακλώμενο φως (αφαιρετικό σύστημα)
 2. Τα σωματίδια των RGB και CMY δεν είναι ποτέ θεωρητικά «γνήσια» και επομένως δύσκολο να ταιριάζουν συμπληρωματικά
 3. Οι μη-γραμμικότητες των δυο συστημάτων δεν έχουν αντιστοιχεία και επομένως οι απλοί μετασχηματισμοί δεν ισχύουν
- Οι μετασχηματισμοί που μπορούν να δώσουν το ίδιο χρώμα στα δυο συστήματα είναι πολυσύνθετοι

Το HLS, HSV και σχετικοί χρωματικοί χώροι



HLS: συνδυασμός προσθετικών (R, G, B) και των κλασσικών μεταβλητών για την προσθετική ανάμειξη (H, L, S)

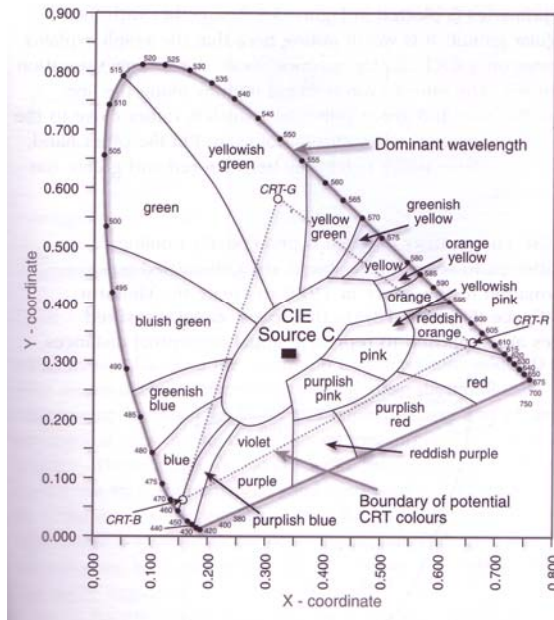
Ο χρωματικός χώρος HSV



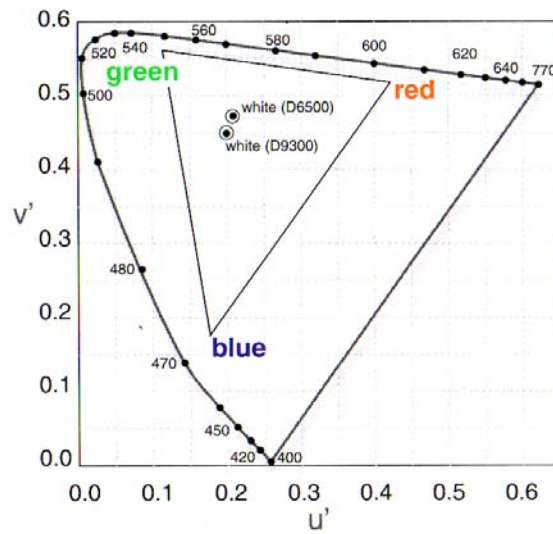
Το HSV ως κώνινδρος αντί του κώνου

Οι χρωματικοί χώροι του CIE

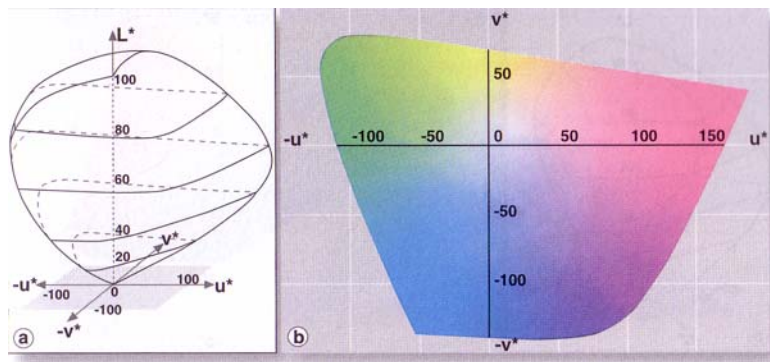
- XYZ χρωματικό σύστημα:** ανεξάρτητος συσκευής χρωματικός χώρος
- αναφορά:** χαρακτηριστικά ανθρώπινου συστήματος όρασης (διαισθητικό)
- κύριο πλεονέκτημα:** τα χρώματα (στο χώρο) μπορούν να σχεδιασθούν από φυσικές μετρήσεις με φασματοφωτόμετρο, σε δι-διάστατο διάγραμμα
- βάση:** RGB πρωτεύουσες
- χρήση:** τριμερείς τιμές (τεχνητές πρωτεύουσες):
X (κόκκινο), Y (πράσινο), Z (μπλε)
- διάγραμμα χρωματικότητας:** συντεταγμένες χρωματικότητας $x = X/(X+Y+Z)$ $y = Y/(X+Y+Z)$
 $z = Z/(X+Y+Z)$ όπου $x+y+z=1$
- εξωτερική καμπύλη γραμμής:** γνήσια φασματικά χρώματα
- ένωση των άκρων (R,B):** τα μωβ (ανάμειξη κόκκινου - μπλε)
- χρωματικότητα ενός χρώματος:** οι σχετικές ποσότητες των τριών πρωτευουσών
- διεύθυνση:** προσδιορίζει την απόχρωση
- συμπληρωματικές αποχρώσεις:** διαμετρικά αντίθετες σε σχέση με το «λευκό σημείο» $x=y=z=0.33$
- απόσταση από λευκό σημείο:** η απόσταση από το λευκό σημείο έκφραση του βαθμού κόρου (απόσταση λευκού σημείου-απόχρωσης ανάλογη απόστασης λευκού σημείου-σημείου απόχρωσης-γραμμής γνήσιου φάσματος)
η προσθετική μίξη δυο χρωμάτων βρίσκεται στην ευθεία σύνδεσής τους και τριών χρωμάτων βρίσκεται στο τρίγωνο που σχηματίζουν



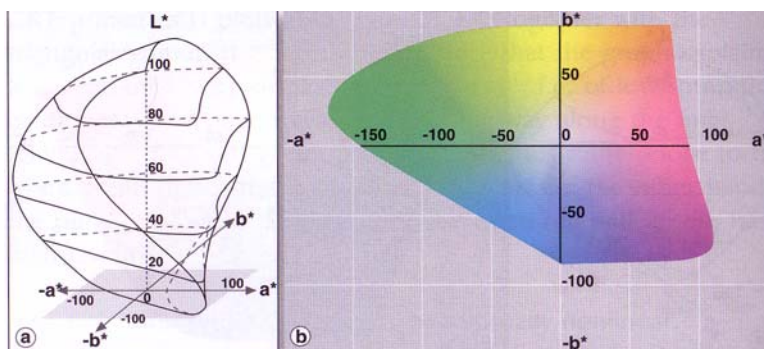
Η χρήση του διαγράμματος CIE και της γκάμας και των πρωτονοσών μιας τυπικής οθόνης CRT



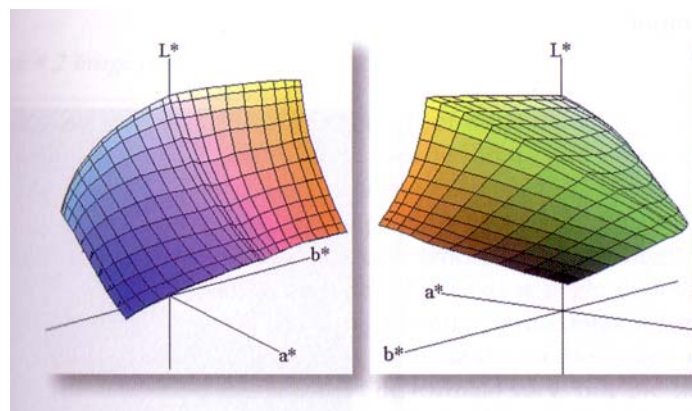
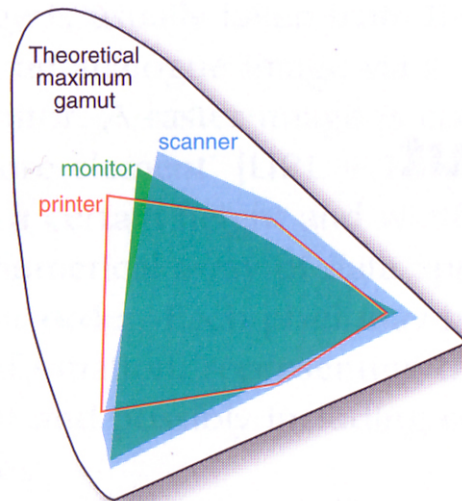
Ο χρωματικός χώρος του CIELUV

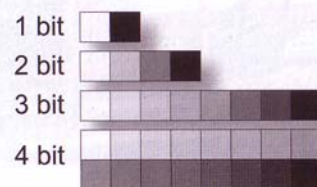
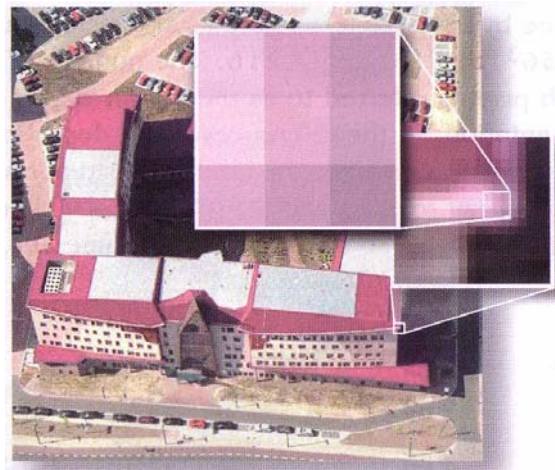


Ο χρωματικός χώρος του CIELAB



Οι διαφορές στη γκάμα των χρωμάτων μεταξύ των συσκευών εισόδου και εξόδου





Αντιληπτικοί και ψυχολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή χρώματος

- Με τη σμίκρυνση του μεγέθους των συμβόλων οι διαφορές απόχρωσης γίνονται πιο δύσκολα αντιληπτές
- Με τη μεγέθυνση της επιφάνειας, η φαινομενική πληρότητα και ο κορεσμός αυξάνουν
- Το μάτι είναι πιο ευαίσθητο σε μικρές αλλαγές έντασης απ' ό τι σε αλλαγές απόχρωσης
- Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς μάτι-εγκέφαλου είναι να εντείνει την αντίθεση μεταξύ γειτονικών αντικειμένων. Έτσι, δυο περίπου όμοιες αποχρώσεις γειτονικές μπορούν πιο εύκολα να διακριθούν παρά αν είναι σε απόσταση μεταξύ του. Επίσης, ένα συγκεκριμένο χρώμα θα φαίνεται πιο φωτεινό αν βρίσκεται σε σκούρο υπόβαθρο και θα φαίνεται πιο σκούρο σε φωτεινό υπόβαθρο
- Συγκεκριμένες αποχρώσεις έχουν συγκεκριμένες ανθρώπινες συσχετίσεις, π.χ. «ζεστά» χρώματα όπως το πορτοκαλί και το κόκκινο, «κρύα» χρώματα όπως το μπλε, κόκκινο για τον κίνδυνο, πράσινο για ασφάλεια, μπλε για νερό