



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ & ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Τμήμα Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας

Κατεύθυνση Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών

Διαχείριση χρώματος – Color Management

Σημειώσεις

A. Καραμάνη

Αθήνα 2020

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	3
1. Η έννοια του χρώματος.....	4
1.1. Φωτεινές πηγές.....	5
1.2. Δείκτης χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index, CRI).....	7
1.3. Ταξινόμηση φωτεινών πηγών.....	7
1.4. Τυποποίηση φωτεινών πηγών κατά CIE.....	8
2. Συστήματα διαχείρισης χρώματος (Color Management Systems).....	9
2.1. Τα βασικά στοιχεία της χρωματικής διαχείρισης.....	11
3. Χρωματικά προφίλ - ICC profiles.....	15
3.1. Είδη χρωματικών προφίλ.....	17
4. Βαθμονόμηση και Χαρακτηρισμός συσκευών.....	18
4.1. Βαθμονόμηση οθόνης.....	20
4.2. Βαθμονόμηση και χαρακτηρισμός της εκτυπωτικής διαδικασίας.....	21
5. Χρωματικοί Χώροι – Color spaces.....	22
5.1. Χρωματικοί χώροι εξαρτώμενοι από συσκευές.....	23
5.2. Χρωματικοί χώροι ανεξάρτητοι από συσκευές.....	25
5.3. Χρωματικός χώρος εργασίας.....	28
6. Μέθοδοι απεικόνισης/συμπίεσης (Rendering Intents).....	31
7. Μέτρηση του χρώματος.....	23
7.1. Πυκνόμετρα.....	36
7.2. Χρωματόμετρα.....	37
7.3. Φασματοφωτόμετρα.....	37
Βιβλιογραφία.....	39

Εισαγωγή

Ο κόσμος του χρώματος δεν είναι απλά μια συλλογή αναρίθμητων χρωιών, είναι μέσο αναγνώρισης και σύνδεσης, μεταδίδει μηνύματα, εκφράζει συναισθήματα, δημιουργεί εμπειρίες, ενεργοποιεί σκέψεις και μνήμες.

Το ζητούμενο είναι να επιτευχθεί ένας αξιόπιστος τρόπος μεταφοράς της χρωματικής πληροφορίας από τον φυσικό στον ψηφιακό κόσμο.

Στον χώρο των Γραφικών Τεχνών, κατά τη διάρκεια της ροής εργασίας της παραγωγής, χρησιμοποιούνται πλήθος συσκευών, κάθε μια από τις οποίες αναπαράγει το χρώμα με τον δικό της τρόπο. Συνεπώς η ίδια χρωματική πληροφορία θα έχει διαφορετική εμφάνιση σε διαφορετικές οθόνες, σε διαφορετικούς εκτυπωτές ή σε παρατήρηση υπό συνθήκες διαφορετικού φωτισμού.

Οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες στην παραγωγή κάθε μορφής εντύπου, εισάγουν όλο και περισσότερες δυνατότητες για τη βελτίωση της πιστότητας της έγχρωμης αναπαραγωγής με αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του οπτικού μηνύματος. Τα συστήματα διαχείρισης χρώματος διαχειρίζονται όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες και διεργασίες, εξασφαλίζοντας την σταθερή επεξεργασία των χρωματικών δεδομένων σε ολόκληρη τη ροή παραγωγής.

Αναπαράγουν πιο φωτεινές εικόνες συνεχούς τόνου, αποδίδουν μεγαλύτερο δυναμικό εύρος εκτυπώσιμων χρωμάτων εξαιρετικά υψηλής ποιότητας και προσομοιώνουν πιο φωτεινά και ζωντανά χρώματα από τα, ως πρότινος standards, με τη μέγιστη χρωματική πιστότητα.

Ο ρόλος ενός συστήματος διαχείρισης χρωμάτων (Color Management System) στη διαδικασία παραγωγής είναι η βαθμονόμηση όλων των επιμέρους διατάξεων, ώστε να ελέγχεται το χρωματικό αποτέλεσμα που θα παράγει το σύστημά μας στο τελικό προϊόν. Απώτερος σκοπός να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που δημιουργούνται στις γραφικές τέχνες, ώστε η χρωματική πληροφορία που ταξιδεύει μέσω διαφορετικών συσκευών, προγραμμάτων, χρωματικών μοντέλων για να αποτυπωθεί σε μια επιφάνεια ή ένα μέσο, να διατηρεί την πιστότητά της, βάσει των νόμων της ανθρώπινης οπτικής (χρωματικής) αντίληψης.

Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης του χρώματος δύνανται να επεξεργαστούν αποτελεσματικά τη χρωματική διαχείριση, στα πλαίσια των νέων ποικιλόμορφων χώρων παραγωγής με τις αμέτρητες συσκευές, τα ψηφιακά αυτοματοποιημένα μηχανήματα και τις On-line συνδέσεις, παρέχοντας αντοχή και προσαρμοστικότητα στις νέες συνθήκες οπτικής επικοινωνίας.

1. Η έννοια του χρώματος

Το χρώμα αποτελεί ένα πολύπλοκο φυσικό φαινόμενο, η ερμηνεία του οποίου επιχειρήθηκε πολλούς αιώνες πριν από διανοητές και επιστήμονες.

Η σύγχρονη επιστημονική προσέγγιση του χρώματος αναφέρεται στο φαινόμενο της φυσικής μετατροπής του φωτός που ανακλάται από τα αντικείμενα και γίνεται ορατό, λόγω της χρωματικής ευαισθησίας του ανθρώπινου οφθαλμού, μέσω μιας ιδιαίτερα πολύπλοκης διαδικασίας. Αυτή η αισθητήρια αντίληψη προϋποθέτει την ύπαρξη τριών παραγόντων:

- την πηγή της ορατής ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, απαραίτητης για την εκκίνηση της διαδικασίας της όρασης.
- το αντικείμενο, του οποίου οι ιδιότητες καθορίζουν την ανάκλαση και τη διάδοση του προσπίπτοντος φωτός και
- το οπτικό σύστημα, που για τον άνθρωπο είναι ο συνδυασμός οφθαλμού-εγκεφάλου.

Στην πραγματικότητα η χρωματική παρουσία του περιβάλλοντος δεν είναι τίποτα άλλο παρά μήκη κύματος που το ανθρώπινο οπτικό σύστημα τα αντιλαμβάνεται και με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τα ορίζει σε διάφορα χρώματα. Η χρωματική αίσθηση είναι εφικτή λόγω της δυνατότητας του οπτικού συστήματος και του εγκεφάλου του παρατηρητή, να μετατρέψει την ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που ανακλάται από ένα αντικείμενο, σε νευρική διέγερση.

Το ανθρώπινο μάτι απαρτίζεται από ένα οπτικό τμήμα, το οποίο εστιάζει την οπτική εικόνα στους φωτοαισθητήρες (φωτοϋποδοχείς) και ένα νευρικό τμήμα το οποίο μετατρέπει την οπτική εικόνα σε μια δεδομένη αλληλουχία νευρικών εκφορτίσεων.

Οι φωτοαισθητήρες είναι ευαίσθητοι μόνο σε εκείνο το μικρό τμήμα του ευρύτατου φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το **ορατό φως**. Φωτεινή ακτινοβολία διαφορετικής φασματικής κατανομής ισχύος, πάντα μέσα στα όρια του ορατού φάσματος, γίνεται αντιληπτή ως διαφορετικά χρώματα.

Το φως εισέρχεται στον οφθαλμό από τον κερατοειδή χιτώνα και διαμέσου του φακού εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εκεί υπάρχουν οι απολήξεις του οπτικού νεύρου και μετατρέπεται η προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ορατού οπτικού φάσματος σε νευρικά σήματα.

Τα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, τα **κωνία** και τα **ραβδία**, καταλήγουν σε νεύρα με τα οποία συνδέονται με τον εγκέφαλο. Κατά την πρόσπτωση του φωτός στον αμφιβληστροειδή, επέρχεται μια φωτοχημική αντίδραση, κατά την οποία αποχρωματίζεται μια χρωστική ουσία που βρίσκεται σε αυτόν και ονομάζεται **ροδοψίνη**. Μετά τη διακοπή του φωτισμού, αυτή η μεταβολή αναιρείται ταχύτατα. Η μεταβολή του μορίου της ροδοψίνης συνοδεύεται κατά άγνωστο τρόπο, από παραγωγή ηλεκτρικών ωθήσεων, οι οποίες με τα νευρικά κύτταρα μεταδίδονται στον εγκέφαλο και δημιουργούν το αίσθημα του φωτός.

Τα ραβδία, περίπου 100 εκατομμύρια, είναι υπεύθυνα για την όραση σε χαμηλά επίπεδα φωτισμού και βρίσκονται περιμετρικά του χιτώνα. Τα κωνία είναι πολύ

λιγότερο ευαίσθητα στον χαμηλό φωτισμό, αλλά μπορούν να ανταποκριθούν σε υψηλά επίπεδα φωτισμού και είναι υπεύθυνα για το χρώμα και την οξύτητα της αντίληψης. Υπάρχουν τρία είδη κωνίων, που διαφέρουν ως προς την φωτοευαίσθητη χρωστική που περιέχουν και ως εκ τούτου στο εύρος των μηκών κύματος του φωτός στο οποίο είναι ευαίσθητα. Αυτά τα είδη κωνίων είναι γνωστά σαν L, M και S κωνία (μνημονικές συντομογραφίες των Long-μεγάλο, Medium-μεσαίο και Short-μικρό μήκος κύματος). **S-κωνία:** είναι ευαίσθητα σε φωτόνια μικρού μήκους κύματος και παρουσιάζουν μέγιστη ευαισθησία σε μήκος κύματος περίπου 4.200 Å (420 nm). Είναι ευαίσθητα στο μπλε φως.

M-κωνία: είναι ευαίσθητα σε φωτόνια μεσαίου μήκους κύματος και παρουσιάζουν μέγιστη ευαισθησία σε μήκος κύματος περίπου 5.300 Å (530 nm). Είναι ευαίσθητα στο πράσινο φως.

L-κωνία: είναι ευαίσθητα σε φωτόνια μεγάλου μήκους κύματος και παρουσιάζουν μέγιστη ευαισθησία σε μήκος κύματος περίπου 5.600 Å (560 nm). Είναι ευαίσθητα στο κόκκινο φως.

Η διάταξη των κωνίων είναι ανομοιομορφη. Αριθμητικά εκείνα που είναι ευαίσθητα στην κόκκινη ακτινοβολία είναι πολύ περισσότερα από εκείνα που επηρεάζονται από την πράσινη και εκείνα με τη σειρά τους περισσότερα από εκείνα που επηρεάζονται από την μπλε ακτινοβολία.

1.1. Φωτεινές πηγές

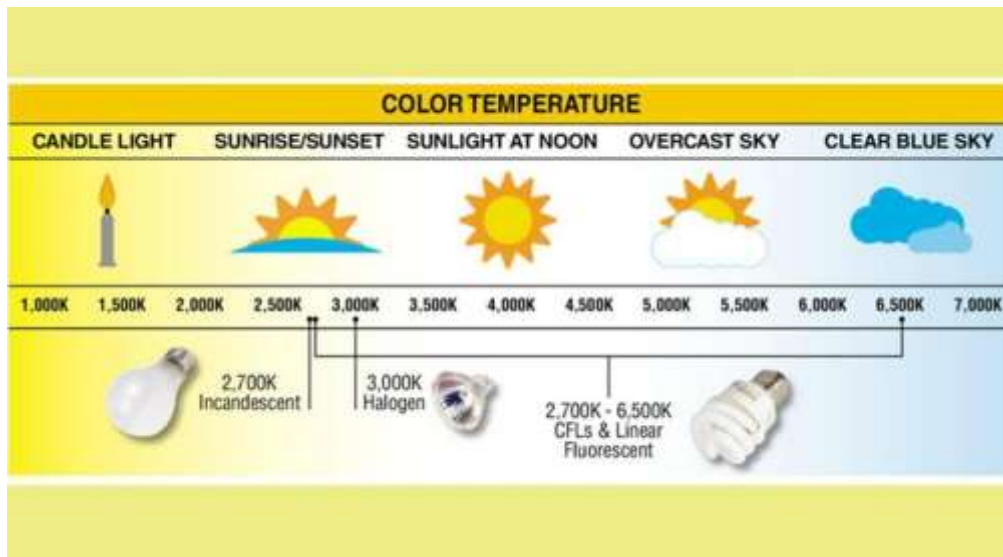
Φωτεινές πηγές μπορούν να χαρακτηριστούν τα σώματα τα οποία εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες με μήκη κύματος που βρίσκονται στην περιοχή του ορατού φάσματος. Η ενέργεια της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας κατανέμεται, σε διάφορα μήκη κύματος, τα οποία καθορίζουν την καμπύλη φάσματος της φωτεινής πηγής. Όταν η εκπεμπόμενη ενέργεια συγκεντρώνεται σε μια πολύ στενή φασματική περιοχή γύρω από ένα μήκος κύματος έχουμε μονοχρωματική ακτινοβολία, ενώ όταν κατανέμεται ισόποσα σε όλη την ορατή περιοχή, έχουμε το λευκό φως.

Κύριο χαρακτηριστικό φωτεινής πηγής λευκού φωτός είναι η **θερμοκρασία χρώματος (color Temperature)** που περιγράφει το χρώμα του φωτός της πηγής με βάση τη θεωρία της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος. **Μέλαν σώμα** είναι ένα θεωρητικό σώμα που απορροφά όλες τις ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που πέφτουν πάνω του (για το λόγο αυτό είναι μαύρο) και, θερμαινόμενο, ακτινοβολεί, σύμφωνα με το νόμο του Planck, φως χρωματικότητας που αντιστοιχεί στην αναφερόμενη θερμοκρασία T, μετρημένη σε βαθμούς Kelvin¹. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία χρώματος τόσο ψυχρότερη είναι η απόχρωση της φωτεινής πηγής (χαμηλότερο επικρατούν μήκος κύματος). Θερμοκρασία χρώματος πάνω από 4000 K

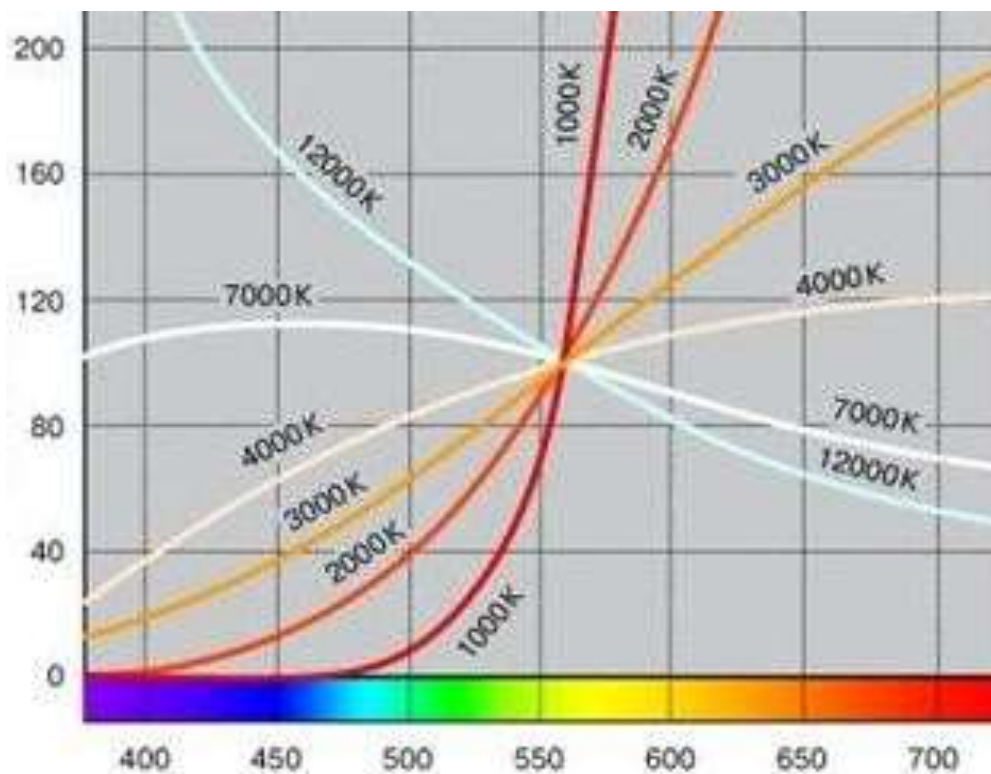
¹ K=C + 273

αντιστοιχεί σε λευκή και ψυχρή απόχρωση, ενώ θερμοκρασία χρώματος μικρότερη των 3000 K αντιστοιχεί σε θερμή απόχρωση.

Η ακριβής περιγραφή του χρώματος εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη πρότυπη φωτεινή πηγή. Ο ορισμός της θερμοκρασίας χρώματος μιας φωτεινής πηγής βοηθά την τυποποίηση του χρησιμοποιούμενου φωτισμού.



Εικόνα 1.1. Θερμοκρασία χρώματος φωτεινής πηγής



Εικόνα 1.2. Φασματική κατανομή της ακτινοβολίας μέλανος σώματος ανάλογα με την θερμοκρασία

1.2. Δείκτης χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index, CRI)

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ικανότητας πιστής απόδοσης των χρωμάτων επιφανειών και αντικειμένων από το φως που εκπέμπει μια πηγή φωτός, σε σύγκριση με μια φωτεινή πηγή αναφοράς. Οι πηγές αναφοράς έχουν καθορισθεί από την CIE. Ο δείκτης απόδοσης υπολογίζεται από την διαφορά των χαρακτηριστικών στοιχείων ενός χρώματος όπως αυτά προκύπτουν όταν καθορισμένα έγχρωμα δείγματα (με το πρότυπο CIE 1995), φωτίζονται διαδοχικά από μια πηγή φωτός και από μια φωτεινή πηγή αναφοράς. Η διαφορά αυτή είναι το μέτρο της χρωματικής αποδόσεως της υπό εξέταση πηγής. Η μέση απόκλιση της υπό εξέταση πηγής ως προς την πηγή αναφοράς εκφράζεται στον πίνακα χρωματικής αποδόσεως κατά CIE (Color Rendering Index, R).

Μικρή διαφορά σημαίνει μεγάλη προσέγγιση προς την πηγή αναφοράς, ενώ μεγάλη διαφορά σημαίνει σημαντική απόκλιση και συνεπώς κακή απόδοση των χρωμάτων. Ο CRI μετράται σε τιμές από 0-100, ενώ η τιμή 100 αντιστοιχεί σε λευκό φως ιδίων χαρακτηριστικών με το φως ημέρας. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν CRI μεγαλύτερο του 95. Οι λαμπτήρες αλογόνου εκπέμπουν περισσότερο στο κόκκινο / κίτρινο τμήμα του ορατού φάσματος και έχουν συνεχόμενο φάσμα όπως και το φως της ημέρας, το οποίο είναι σημαντικός παράγοντας σε ότι αφορά την ανταπόκριση του ανθρώπινου ματιού στο φως. Οι μόνες άλλες φωτεινές πηγές που ο δείκτης χρωματικής τους απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 90 και 100 είναι ορισμένοι από τους λαμπτήρες φθορισμού.

1.3. Ταξινόμηση φωτεινών πηγών

Ανάλογα με τη φυσική τους προέλευση οι πηγές φωτός χωρίζονται σε:

- Μέλαν σώμα: Είναι μια θεωρητική πηγή φωτός της οποίας τα φωτόνια είναι αποτέλεσμα της θερμικής ενέργειας που εκπέμπεται από άτομα. Οι λάμπες πυρακτώσεως και τα άστρα, όπως ο ήλιος, είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα μελανών σωμάτων. Ο συνδυασμός των μηκών κύματος, δηλαδή το «χρώμα» της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα μελανό σώμα εξαρτάται αποκλειστικά από την θερμοκρασία του και όχι από τα στοιχεία που αποτελείται. Γι' αυτό και χρησιμοποιούμε τη θερμοκρασία για την ονομασία και τον προσδιορισμό του «χρώματος» μιας φωτεινής πηγής.
- Ημερήσιο φως: Είναι ο συνδυασμός του πλέον γνωστού μελανού σώματος, του ήλιου και ενός τεράστιου φίλτρου που ονομάζουμε ατμόσφαιρα της γης. Η σύνθεση της φασματικής του ενέργειας εξαρτάται από την ώρα της ημέρας, τις καιρικές συνθήκες και τη γεωγραφική θέση.
- Φωτεινές πηγές τεχνητού φωτισμού
 - Λάμπες πυράκτωσης
 - Λυχνίες εκκενώσεως αερίων: Αποτελούνται από ένα σωλήνα που περιέχει αέριο (ατμούς υδρογόνου ή αέριο xenon) και διεγείρονται με

ηλεκτρισμό. Οι λάμπες φθορισμού είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος τέτοιων λυχνιών. Οι φώσφοροι που καλύπτουν το εσωτερικό του σωλήνα απορροφούν τα φωτόνια που εκπέμπονται από το αέριο και τα εκπέμπουν ξανά σε διαφορετικά μήκη κύματος.

- LEDs
- Οθόνες υπολογιστών CRT (Cathode Ray Tube): Το εσωτερικό αυτών των οθονών είναι καλυμμένο με φώσφορους, οι οποίοι διεγείρονται και εκπέμπουν φωτόνια σε συγκεκριμένα μήκη κύματος (κόκκινο, πράσινο, μπλε), όταν προσπίπτουν πάνω τους ηλεκτρόνια με μεγάλη ταχύτητα.

1.4. Τυποποίηση φωτεινών πηγών κατά CIE

Το είδος και τα χαρακτηριστικά της φωτεινής πηγής επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αντίληψη και τη μέτρηση του χρώματος των αντικειμένων. Για τον λόγο αυτό η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (Commission International de L'Éclairage - CIE), καθόρισε πρότυπες φωτεινές πηγές οι οποίες εκπέμπουν ακτινοβολίες με συγκεκριμένες φασματικές κατανομές:

- Η φωτεινή πηγή A προσομοιάζει με το φως των λαμπτήρων πυράκτωσης με θερμοκρασία χρώματος 2.855,5.
- Η φωτεινή πηγή B που αντιστοιχεί στην ακτινοβολία που εκπέμπει το ηλιακό φως με θερμοκρασία χρώματος 4874K.
- Η φωτεινή πηγή C είναι προσομοίωση του πρωινού ηλιακού φωτός με θερμοκρασία χρώματος 6774 K .
- Η φωτεινή πηγή D είναι μια σειρά φωτιστικών με ποικιλία μοντέλων που αντιστοιχούν στο φως ημέρας. Τα πιο συνηθισμένα στη χρήση είναι τα D50 με θερμοκρασία χρώματος $T= 5.000$ K (χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις Γραφικές Τέχνες)
D55 με θερμοκρασία χρώματος $T= 5.500$ K (χρησιμοποιούνται στην Φωτογραφία)
D65 και D75 με αντίστοιχες θερμοκρασίες χρώματος τις 6.504 K και 7.500 K.
- Η φωτεινή πηγή E είναι μια ιδανική (μη υπαρκτή) φωτεινή πηγή, που εκπέμπει ίση ενέργεια σε όλα τα μήκη κύματος του ορατού φάσματος.
- Η φωτεινή πηγή F αντιπροσωπεύει χαρακτηριστικά μήκη κύματος από μεγάλη ποικιλία λαμπτήρων φθορισμού, όπως οι F2, F3, έως F12.

This is how the light indicator appears under standard light of 5000 K. All patches show the same color.



If the light indicator is viewed under a non-standard light source. The patches show different colors.



Εικόνα 1.3. Ugra Light Indicator

Ο δείκτης φωτός Ugra χρησιμοποιείται για τον οπτικό έλεγχο της θερμοκρασίας χρώματος των φωτεινών πηγών για την αξιολόγηση του χρώματος.

2. Συστήματα διαχείρισης χρώματος (Color Management Systems)

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην ψηφιοποίηση έγχρωμων αντικειμένων, είναι η αντιστοίχιση των χρωμάτων του πρωτοτύπου σε όλα τα στάδια της ροής εργασίας. Η ακριβής αναπαραγωγή των χρωμάτων είναι δύσκολο να επιτευχθεί, καθώς οι συσκευές εισόδου και εξόδου, τα λειτουργικά συστήματα και τα προγράμματα, ερμηνεύουν και αναπαράγουν τα χρώματα διαφορετικά. Οι λόγοι είναι οι εξής:

1. Υπάρχουν διαφορές στα χρώματα που προκαλούνται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά του χρώματος των διαφορετικών συσκευών όπως κάμερες, σαρωτές, οθόνες ή εκτυπωτές: Δεδομένου ότι κάθε συσκευή αναπαραγωγής έχει διαφορετικά πρωταρχικά (βασικά) χρώματα (R,G και B), οι ίδιες συντεταγμένες χρώματος $R=x$, $G=y$ και $B=z$, θα αποδίδουν διαφορετικά χρώματα.
2. Υπάρχουν διαφορές στα χρώματα που προκαλούνται από τους περιορισμούς του χρωματικού χώρου που μια συγκεκριμένη συσκευή μπορεί να χειριστεί.
3. Ο τρόπος που εμφανίζεται το περιεχόμενο του χρώματος εξαρτάται από τις συνθήκες προβολής, όπως ο φωτισμός περιβάλλοντος, καθώς το ανθρώπινο μάτι προσαρμόζεται σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, ακόμα κι όταν προβάλλεται η ίδια εικόνα.

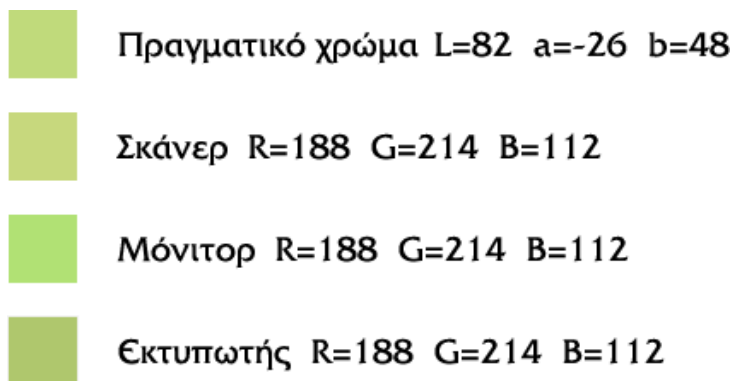
Τα συστήματα διαχείρισης χρωμάτων είναι ένα σύνολο από εργαλεία λογισμικού και όργανα μέτρησης τα οποία συνεργάζονται, ώστε να αντιστοιχίσουν την ευρεία γκάμα

χρωμάτων του πρωτότυπου με τη μικρότερη γκάμα του αναπαραγόμενου, διατηρώντας την μέγιστη δυνατή ακρίβεια.

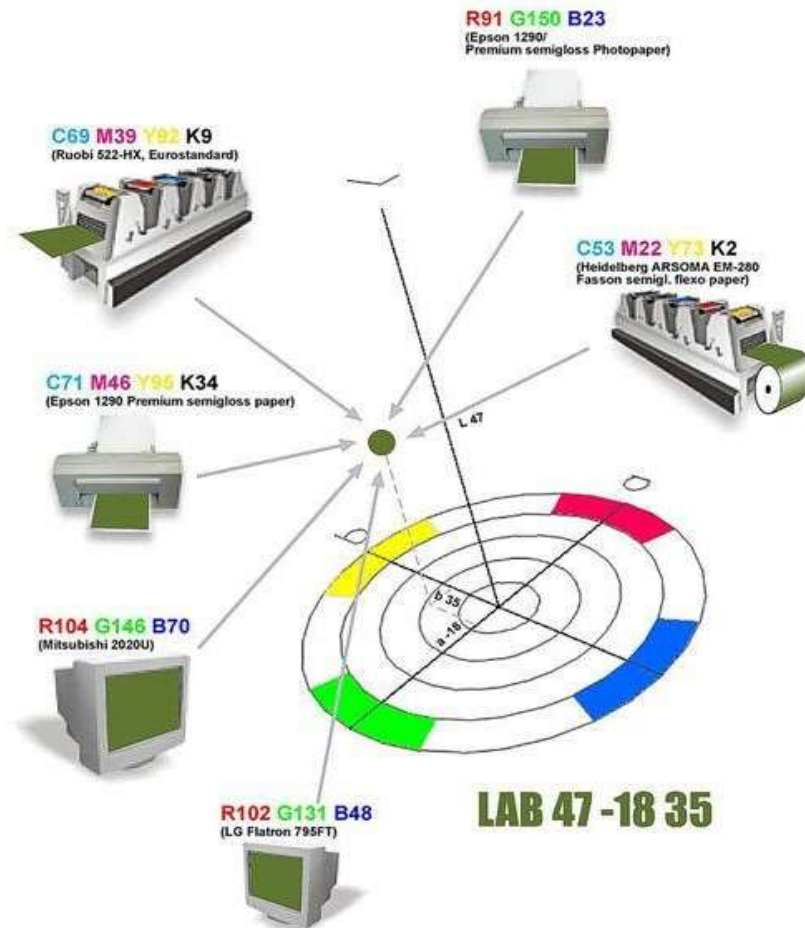
Οι υπολογιστές όταν χειρίζονται χρώματα, δημιουργούν ψηφιακά ισοδύναμα των αναλογικών συνισταμένων των βασικών χρωμάτων RGB (red, green, blue) ή CMYK (cyan, magenta, yellow, black), για να χειριστούν τις πληροφορίες σε ένα σκάνερ, εκτυπωτή ή οθόνη. Αυτή είναι μία αποτελεσματική μέθοδος όταν ένα περιφερειακό χρειάζεται να αναπαραγάγει χρώματα. Δυστυχώς όμως, όταν στείλουμε τις ίδιες τιμές σε διαφορετικά περιφερειακά, συνήθως αναπαράγουν διαφορετικά χρώματα. Τα συστήματα RGB και CMYK δεν καθορίζουν ακριβές χρώμα, αλλά τιμές στις οποίες κάθε περιφερειακό ανταποκρίνεται διαφορετικά.

Γνωρίζουμε για παράδειγμα ότι ο συνδυασμός $R=188$, $G=214$, $B=112$ αντιστοιχεί σε ένα ανοιχτόχρωμο πράσινο, αλλά η απόχρωσή του διαφέρει από περιφερειακό σε περιφερειακό.

Τα μοντέλα RGB και CMYK ονομάζονται **device specific** ή **device dependent** χρωματικά μοντέλα (εξαρτώμενα από το περιφερειακό). Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πώς μπορεί να εμφανίζονται τα χρώματα που αντιστοιχούν στις ίδιες τιμές στα διάφορα περιφερειακά.



Εικόνα 2.1. Το σκάνερ "βλέπει" το χρώμα σαν $R=188$, $G=214$, $B=112$. Αλλά αν το μόνιτορ δείξει τις ίδιες τιμές (χωρίς χρωματική διόρθωση) το χρώμα εμφανίζεται πιο έντονο και με λιγότερο κίτρινο (αλλαγή και στο χρώμα εκτός από τη φωτεινότητα και την περιεκτικότητα χρώματος). Αν οι ίδιες τιμές σταλούν στον εκτυπωτή, ο εκτυπωτής το τυπώνει πιο σκούρο.



Εικόνα 2.2: Το αρχικό χρώμα LAB 47 – 18 35 εμφανίζεται με διαφορετικές τιμές RGB και CMYK στις διαφορετικές συσκευές

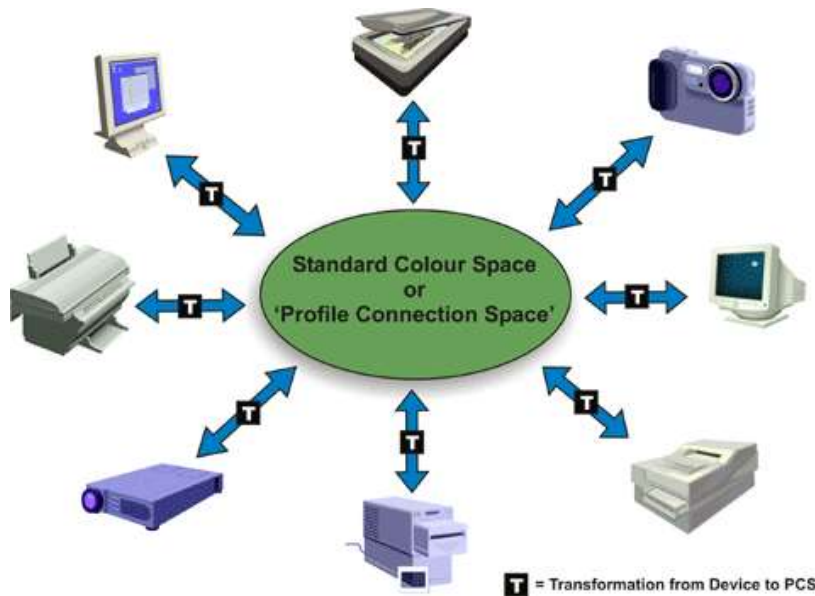
2.1. Τα βασικά στοιχεία της χρωματικής διαχείρισης

Το CMS (Color Management System) είναι μια συλλογή εργαλείων που χρησιμοποιείται ώστε να κάνει τη συσκευή αναπαραγωγής του χρώματος ανεξάρτητη από την συσκευή απεικόνισης. Είναι σχεδιασμένο ώστε να εκτελεί δύο βασικές εργασίες. Υπολογίζει το χρώμα που αντιπροσωπεύουν οι τιμές των RGB και CMYK και διατηρεί τα χρώματα σταθερά κατά τη μεταφορά από συσκευή σε συσκευή. Τα χρώματα της οθόνης θα πρέπει να είναι ίδια με τα χρώματα του αρχείου και με αυτά της εκτύπωσης. Ένα CMS χαρτογραφεί την χρωματική κλίμακα μιας συσκευής και παράγει ένα ανεξάρτητο χρωματικό σχεδιάγραμμα, ικανό να λειτουργήσει, αποδίδοντας όμοια τα χρώματα, σε κάποια άλλη συσκευή.

Κάθε πρόγραμμα χρωματικής διόρθωσης (CMS) αποτελείται από τρία μέρη:

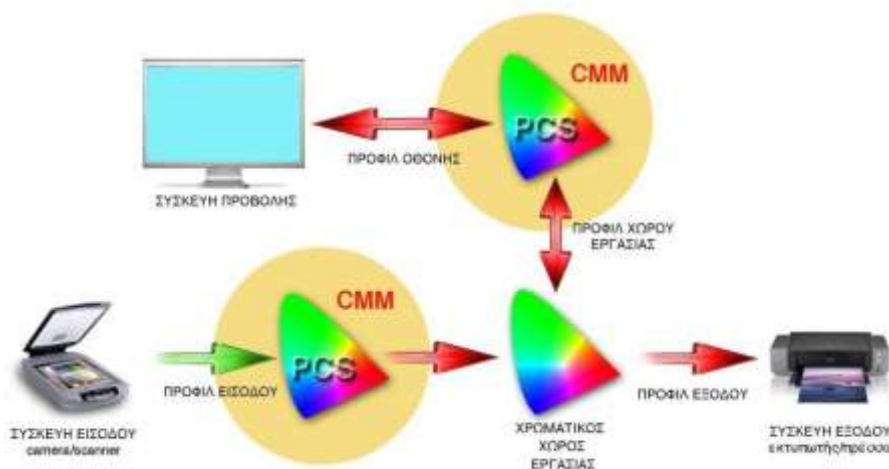
α) PCS: Είναι ο χρωματικός χώρος αναφοράς (reference color space), ή αλλιώς «συνδετικός χώρος προφίλ» (PCS- Profile Connection Space), ανεξάρτητος συσκευών, που χρησιμοποιείται σαν ενδιάμεσος σταθμός κατά τους χρωματικούς

μετασχηματισμούς από χρωματικά μοντέλα πηγής σε χρωματικά μοντέλα προορισμού. Έτσι, αντί να απαιτείται πλήθος μετατροπών, χρειάζεται μια σύνδεση για κάθε συσκευή η οποία καλείται ICC profile. Με αυτό το σύστημα διαχείρισης χρώματος οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφ' όσον έχει βαθμονομηθεί και έχει χαρακτηριστεί για να δημιουργήσει ένα σχεδιάγραμμα που την συγκρίνει με έναν πρότυπο χρωματικό χώρο.

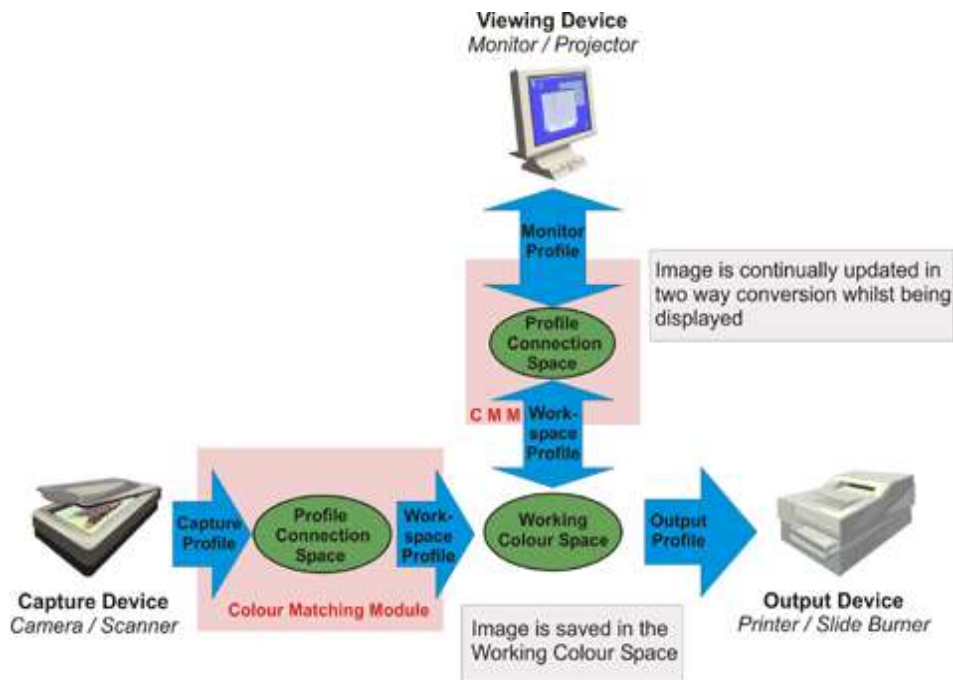


Εικόνα 2.3: Profile Connection Space.

β) Προφίλ των διαφόρων περιφερειακών (Device ICC profiles): Καθορίζουν πώς συμπεριφέρεται κάθε περιφερειακό στην απόδοση των χρωμάτων. Μπορούμε απλά να πούμε, ότι μετατρέπουν το κάθε χρώμα από το χρωματικό μοντέλο αναφοράς (π.χ.CIE Lab) στις αντίστοιχες τιμές RGB ή CMYK που χρειάζεται το περιφερειακό, και αντίστροφα. Κάθε περιφερειακό χρειάζεται το δικό του profile, ενώ για να λειτουργήσει ομαλά το σύστημα χρειάζονται τουλάχιστον δύο χρωματικά προφίλ.



Εικόνα 2.4. PCS και χρωματικά προφίλ συσκευών



Εικόνα 2.5. Απεικόνιση συστήματος PCS

Το σύστημα θα παράγει υψηλής ποιότητας χρώμα κατά το μετασχηματισμό του ειδώλου από την είσοδο στην έξοδο, αλλά ταυτόχρονα θα παράγει ένα ακόμα χρωματικό προφίλ παρουσίασης για την προβολή του στην οθόνη. Ενώ η εικόνα κινείται μέσα στη ροή της εργασίας, περιορίζεται σ' ένα *χρωματικό χώρο εργασίας* που είναι εικονικός, αφού δεν αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε συσκευή. Αυτός ο *χρωματικός χώρος εργασίας* θα μπορούσε να ταιριάζει με τα PCS και να χρησιμοποιήσει το χρωματικό χώρο CIELAB, αλλά στην πραγματικότητα, το εύρος χρωμάτων που χρειάζεται για την επεξεργασία της εικόνας στην έξοδο είτε είναι RGB είτε CMYK, είναι ένα πολύ μικρότερο από το CIELAB το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των αντιληπτών χρωμάτων.

Όταν μια εικόνα προβάλλεται στην οθόνη απαιτούνται πάλι δύο χρωματικά προφίλ. Τα χρώματα στο χώρο εργασίας πρέπει να μετασχηματιστούν στο χρωματικό χώρο της οθόνης. Έτσι και τα δύο χρωματικά προφίλ, ένα για την οθόνη και ένα για το χρωματικό χώρο εργασίας, πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν το μετασχηματισμό. Το χρωματικό προφίλ για την οθόνη θα γίνει από την βαθμονόμηση και το χαρακτηρισμό, ενώ το χρωματικό προφίλ για το *χρωματικό χώρο εργασίας* είναι μια γνωστή ποσότητα που καθορίζεται ως τμήμα του *χρωματικού χώρου εργασίας*.

γ) CMM: Είναι το κύριο πρόγραμμα Color Matching Method ή Color Management Module που αποκαλείται και color engine. Πρόκειται για συγκεκριμένο τμήμα λογισμικού σε ένα CMS που υπολογίζει τις μετατροπές της χρωματικής κλίμακας, από μια συσκευή σε μία άλλη, χρησιμοποιώντας τα ICC profiles. Συγκεκριμένα εκτελεί δύο βασικές εργασίες: τη **χρωματική μετατροπή (Color Conversion)** και τη **χρωματική αντιστοίχιση (Color Matching)**.

Η **χρωματική μετατροπή** μετατρέπει τα δεδομένα από ένα χρωματικό χώρο πηγής προς το PCS και από το PCS προς οποιοδήποτε χρωματικό χώρο προορισμού. Η **χρωματική αντιστοίχιση** χαρτογραφεί τα χρώματα μιας γκάμας σε μια άλλη διαφορετικού μεγέθους και περιεχομένου, χρησιμοποιώντας τα προφίλ των συσκευών.





Στο προηγούμενο παράδειγμα το αρχικό χρώμα, που το σκάνερ το “βλέπει” σαν $R=188, G=214, B=112$ είναι το πραγματικό χρώμα (στο CIE Lab) $L=82, a=-26, b=48$. Για να εμφανιστεί το ίδιο χρώμα στην οθόνη σωστό, θα πρέπει η οθόνη να τροφοδοτηθεί με τις τιμές $R=180, G=201, B=109$ (και όχι με τις τιμές που διαβάζει το σκάνερ $R=188, G=214, B=112$). Με τον ίδιο τρόπο, για να τυπώσει το ίδιο χρώμα ο εκτυπωτής, πρέπει να τροφοδοτηθεί με τις τιμές $R=199, G=225, B=144$ (Ενώ ένας άλλος εκτυπωτής ίσως με τις τιμές $R=192, G=218, B=123$).

Για να μετατρέψει το πρόγραμμα τα χρώματα RGB από το σκάνερ στα χρώματα RGB της οθόνης γίνονται τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1. Το πρόγραμμα εξετάζει το profile του σκάνερ και ψάχνει να βρει ποιο πραγματικό χρώμα καθορίζεται από τις τιμές του σκάνερ $R=188, G=214, B=112$. Βρίσκει ότι αυτό το πραγματικό χρώμα είναι το $L=82, a=-26, b=48$.

Βήμα 2. Το πρόγραμμα στη συνέχεια εξετάζει το profile του monitor. Ψάχνει να βρει ποιες τιμές RGB χρειάζονται για να αποδοθεί το χρώμα $L=82, a=-26, b=48$ σωστά στο monitor. Βρίσκει ότι απαιτούνται οι τιμές: $R=180, G=201, B=109$.

Βήμα 3. Κάνει την απαραίτητη μετατροπή από $R=188, G=214, B=112$ σε $R=180, G=201, B=109$.

	Πραγματικό χρώμα $L=82 a=-26 b=48$
	Σκάνερ $R=188 G=214 B=112$
	Μόνιτορ $R=180 G=201 B=109$
	Εκτυπωτής $R=199 G=225 B=144$

Εικόνα 2.6. Το πρόγραμμα χρωματικής διόρθωσης (CMS) μετατρέπει -προσωρινά- τις τιμές RGB, ώστε το κάθε περιφερειακό να αποδίδει το ίδιο ακριβώς χρώμα

Είναι προφανές ότι το πρόγραμμα κάνει τις μετατροπές αυτόματα και για όλα τα χρώματα του αρχείου (φωτογραφία ή οτιδήποτε άλλο). Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η μετατροπή για τον εκτυπωτή ή την ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, κλπ. Όταν έχει καθοριστεί η διαδικασία εξόδου (π.χ. εκτύπωση όφσετ) για μια εικόνα οι τιμές των χρωμάτων της μετατρέπονται στις συγκεκριμένες τιμές παραγωγής (CMYK για εκτύπωση) με την βοήθεια του χρωματικού profile και το ίδιο CMM.

Το πρόβλημα της διαχείρισης του χρώματος κρίθηκε απαραίτητο να αντιμετωπιστεί από όλες τις εταιρείες που έχουν αναπτύξει τέτοια συστήματα, σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος.

Οι εταιρείες Adobe, Apple, Electronics for Imaging, Hewlett-Packard, Kodak, Linotype-Hell, Pantone, Tektronix, Xerox Microsoft κατέληξαν στη συμφωνία να δημιουργήσουν μια κοινή πλατφόρμα και να είναι σε θέση να παρέχει στάνταρ γύρω από το ψηφιακό χώρο και τη διαχείριση του.

Η Apple διαμόρφωσε σε επίπεδο λειτουργικού το μηχανισμό **Color Sync**, για τη διαχείριση χρώματος σε συσκευές εισόδου, οθόνες και εκτυπωτές. Το Color Sync είναι ενσωματωμένο στο Mac OS και λειτουργεί με scanners, ψηφιακές βιντεοκάμερες, οθόνες, εκτυπωτές, φωτοτυπικά, δοκιμογράφους και τυπογραφικές μηχανές. Υποστηρίζει όλες τις κορυφαίες εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας και σελιδοποίησης, όπως το Adobe PageMaker, Photoshop, Illustrator, Quark X Press, InDesign. Παρέχει τον έλεγχο στη διαχείριση χρώματος σε όλη τη διάρκεια της ροής εργασίας με τη χρήση μοναδικών προφίλ. Στηρίζεται στην υπολογιστική δύναμη των CMM (Color Matching Modules), τα οποία μετατρέπουν το εύρος χρώματος μιας εικόνας σε άλλο, για παράδειγμα από RGB σε CMYK, ενώ ταυτόχρονα εφαρμόζουν τις πληροφορίες του προφίλ, για σωστή απόδοση των χρωμάτων της εικόνας. Αποκαθιστά τις όποιες παρεκκλίσεις προκύπτουν από το σύστημα λήψης των σκάνερ, τα σφάλματα απεικόνισης των οθονών και το σύστημα εκτύπωσης χρωμάτων σε εκτυπωτές και τυπογραφικές μηχανές.

Ξεκινώντας με τα Windows Vista, η Microsoft εισήγαγε μια νέα αρχιτεκτονική του χρώματος γνωστή ως WCS (Windows Color System) η οποία συμπληρώνει τον μηχανισμό ICM (Image Color Management) των Windows 2000 και Windows XP. Ο μηχανισμός WCS στοχεύει στην επίτευξη συνέπειας χρωμάτων σε διάφορα προϊόντα λογισμικού και υλικού, όπως κάμερες, οθόνες, εκτυπωτές και σαρωτές με τη διαδικασία αυτόματης βαθμονόμησης χρώματος, ως εξέλιξη των προφίλ ICC.

3. Χρωματικά προφίλ - ICC profiles

Η διεθνής κοινοπραξία για το χρώμα **ICC (International Color Consortium)** ιδρύθηκε το 1993 από οκτώ εταιρείες της βιομηχανίας των γραφικών τεχνών, συμπεριλαμβανομένης της Apple, της Microsoft, Adobe και Kodak, με σκοπό την τυποποίηση μιας ανοικτής αρχιτεκτονικής διαχείρισης χρώματος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές πλατφόρμες. Οι εταιρείες δημιούργησαν μια τυποποιημένη μορφή προφίλ συσκευής για να χαρακτηρίσει συσκευές που χρησιμοποιούν το χώρο χρώματος CIE Lab. Η τυποποιημένη μορφή προφίλ συσκευής ονομάζεται ICC profile. Στην ουσία ένα ICC profile είναι ένα αρχείο το οποίο συσχετίζει τις χρωματικές τιμές της συσκευής με τις τιμές ανεξαρτήτως συσκευής που ορίζουν το αντιληπτό χρώμα. Ένα σωστά ενσωματωμένο ICC profile, όπως αναφέρθηκε, μεταφράζει με ακρίβεια κάθε σύνολο αξιών RGB ή CMYK σε CIE LAB ή CIE XYZ αξίες.

Το προφίλ δουλεύει στο λεξικό διπλής κατεύθυνσης π.χ CIELab ↔ RGB ή CIELab ↔ CMYK όπου η μια γλώσσα είναι η γλώσσα αναφοράς (CIELab) και η άλλη η γλώσσα του συγκεκριμένου περιφερειακού (RGB, CMYK)

Τα **ICC profiles** βασίζονται στο σχήμα **ColorSync** που ανέπτυξε η Apple. Στην πράξη ένα profile βοηθά την μετατροπή του χρώματος ανάμεσα στις χρωματικές σκάλες και στην σωστή ρύθμιση και απεικόνιση του χρώματος στις υπάρχουσες συσκευές. Βασικές προϋποθέσεις για αυτό είναι:

- η αντίστοιχη υποστήριξη της διαχείρισης ICC profiles από το λειτουργικό σύστημα
- η ύπαρξη σχετικού λογισμικού με δυνατότητα διαχείρισης και απεικόνισης των profiles και η υποστήριξη γλώσσας postscript από τον εκτυπωτή.

Το χρωματικό προφίλ μιας συσκευής περιγράφεται από έναν πίνακα **LUT** (Look Up Table), ο οποίος αντιστοιχεί για κάθε RGB ή CMYK χρώμα της συσκευής, δοσμένο σε μια ακολουθία τιμών για παράδειγμα RGB 100, 000, 235, το πραγματικό χρώμα το οποίο αντιλαμβάνεται ένας φυσιολογικός παρατηρητής, βασισμένο στο χρωματικό μοντέλο CIE Lab. Δηλαδή είναι ένας πίνακας ο οποίος αντιστοιχεί σε κάθε RGB ή CMYK τιμή, μια τιμή Lab. Με τη χρήση των πινάκων αυτών στα ICC profile, είναι δυνατόν να μετατρέψουμε οποιαδήποτε χρωματική πληροφορία με το μαθηματικό μοντέλο Lab του οποίου οι αξίες είναι ανεξάρτητες από τον τρόπο λειτουργίας των συσκευών και αντιστοιχούν στη φυσιολογία της ανθρώπινης όρασης (πίνακας 1).

ICC profile lookup table					
Device color space τιμές			CIE Lab τιμές		
R	G	B	L	a	b
189	84	2	49	41	58
82	139	2	52	-34	54
209	120	217	63	46	-35

Πίνακας 1: Πίνακας LUT

Για την οποιαδήποτε μετατροπή χρώματος από συσκευή σε συσκευή, από πρόγραμμα σε πρόγραμμα, από χρωματικό μοντέλο σε χρωματικό μοντέλο, χρειάζεται το προφίλ προέλευσης (**Source Profile**) και το προφίλ προορισμού (**Destination Profile**), δηλαδή πως αντιλαμβανόταν το χρώμα η συσκευή από την οποία πήραμε τη χρωματική πληροφορία και πως αντιλαμβάνεται τις τιμές αυτές η συσκευή στην οποία θα καταλήξει η χρωματική πληροφορία. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται το αρχείο να μεταφέρει μαζί του ενσωματωμένο ένα χρωματικό προφίλ με τις απαιτούμενες πληροφορίες «μετάφρασης» του χρώματος (**Embed profile**).

3.1. Είδη χρωματικών προφίλ

Σε ένα σύστημα διαχείρισης χρωμάτων χρησιμοποιούνται τα εξής είδη προφίλ:

α) Προφίλ συσκευών: Περιγράφει με ακρίβεια τα μοναδικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του χρώματος που μπορεί να αναπαράγει η κάθε συσκευή κάτω από συγκεκριμένες, βέλτιστες και τυποποιημένες συνθήκες. Για παράδειγμα η ίδια πληροφορία σε δύο διαφορετικές οθόνες υπολογιστών ή σε δύο εκτυπωτές ή σε μια οθόνη και έναν εκτυπωτή μπορεί να εμφανίσει διαφορετικά χρώματα, ανάλογα με τη χρωματική γκάμα ή τη ρύθμιση του λευκού που επιλέγει ο χρήστης για την οθόνη ή τον συνδυασμό χαρτιού και μελανιού που χρησιμοποιούνται στον εκτυπωτή. Μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τα χρωματικά προφίλ των συσκευών σε τρεις κατηγορίες:

- **Προφίλ εισόδου (input)**, που αναφέρονται σε προφίλ ψηφιακών μηχανών ή σαρωτών.

Οι περισσότερες ψηφιακές κάμερες ενσωματώνουν ένα χρωματικό προφίλ σε φωτογραφικά αρχεία χωρίς αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Οι ψηφιακοί σαρωτές επίσης περιλαμβάνουν έναν LUT πίνακα αναφοράς που επίσης επισυνάπτεται στις σαρωμένες εικόνες.

- **Προφίλ προβολής (display)**, που αναφέρονται σε προφίλ οθονών CRT ή LCD.

Περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο αναπαράγει τα χρώματα μια οθόνη. Αυτό είναι και το πρώτο προφίλ που πρέπει να δημιουργηθεί για να βλέπει κανείς σωστά τα χρώματα και να παίρνει τις σωστές αποφάσεις στο σχεδιασμό.

Οι σωστές ρυθμίσεις θα πρέπει να γίνουν με ένα hardware calibrator καθώς υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες όπως η φωτιστική πηγή της οθόνης, η θερμοκρασία χρώματος του φωτισμού περιβάλλοντος, το χρώμα του περιβάλλοντος κ.λπ.

- **Προφίλ εξόδου (output)**, που αναφέρονται σε προφίλ εκτυπωτών.

Περιγράφει το χρωματικό χώρο συσκευών εξόδου όπως οι επιτραπέζιοι εκτυπωτές ή ένα τυπογραφικό πιεστήριο. Το σύστημα διαχείρισης χρωμάτων χρησιμοποιεί το προφίλ των συσκευών εξόδου για να κάνει σωστά την αντιστοίχιση των χρωμάτων που περιλαμβάνει ένα έγγραφο με τα χρώματα που περιλαμβάνονται στη χρωματική κλίμακα του χρωματικού χώρου μιας συσκευής εξόδου. Στο προφίλ εξόδου πρέπει, επίσης, να λαμβάνονται υπόψη οι συγκεκριμένες συνθήκες εκτύπωσης, όπως ο τύπος του χαρτιού και το μελάνι. Για παράδειγμα, το γυαλιστερό χαρτί έχει τη δυνατότητα απεικόνισης διαφορετικής γκάμας χρωμάτων από ότι το ματ χαρτί.

β) Προφίλ Χρωματικών χώρων - Προφίλ εγγράφων

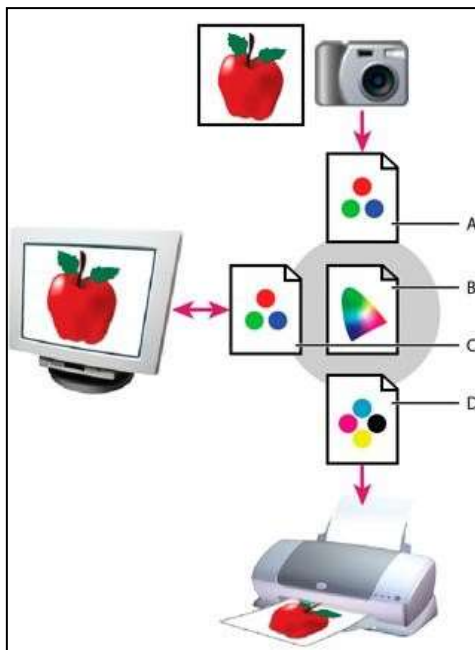
Τα πιο γνωστά προφίλ χρωματικών χώρων, όπως αναφέρθηκε, είναι τα CIE XYZ και LAB καθώς και οι ανεξάρτητοι συσκευών χρωματικοί χώροι RGB όπως το προφίλ του χρωματικού χώρου Adobe RGB.

Τα προφίλ εγγράφων ορίζουν το συγκεκριμένο χρωματικό χώρο ενός εγγράφου.

Εκχωρώντας ένα προφίλ σε ένα έγγραφο (σήμανση του εγγράφου με tag), η εφαρμογή παρέχει έναν ορισμό του τρόπου με τον οποίο εμφανίζονται τα πραγματικά

χρώματα στο έγγραφο. Για παράδειγμα, τα R=127, G=12, B=107 αποτελούν απλώς ένα σύνολο αριθμών οι οποίοι θα εμφανιστούν διαφορετικά σε διαφορετικές συσκευές. Ωστόσο, με την προσθήκη των tag του χρωματικού χώρου Adobe RGB, οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζουν ένα πραγματικό χρώμα ή μήκος κύματος φωτός – σε αυτήν την περίπτωση, μια συγκεκριμένη απόχρωση του μωβ.

Στην εικόνα που παρατίθεται αναπαριστάται η διαχείριση χρωμάτων με τα προφίλ των συσκευών και του εγγράφου που χρησιμοποιούνται σ' αυτή τη ροή εργασίας.



Εικόνα 3.1

A. Τα προφίλ περιγράφουν τους χρωματικούς χώρους της συσκευής εισόδου και του εγγράφου.

B. Χρησιμοποιώντας τις περιγραφές των προφίλ, το σύστημα διαχείρισης χρωμάτων αναγνωρίζει τα πραγματικά χρώματα του εγγράφου.

Γ. Το προφίλ της οθόνης δηλώνει στο σύστημα διαχείρισης χρωμάτων τον τρόπο μετατροπής των αριθμητικών τιμών του εγγράφου στο χρωματικό χώρο της οθόνης.

Δ. Χρησιμοποιώντας το προφίλ της συσκευής εξόδου, το σύστημα διαχείρισης χρωμάτων μετατρέπει τις αριθμητικές τιμές του εγγράφου σε τιμές χρωμάτων της συσκευής εξόδου, ώστε στην εκτύπωση να εμφανιστούν τα σωστά χρώματα.

4. Βαθμονόμηση και Χαρακτηρισμός συσκευών

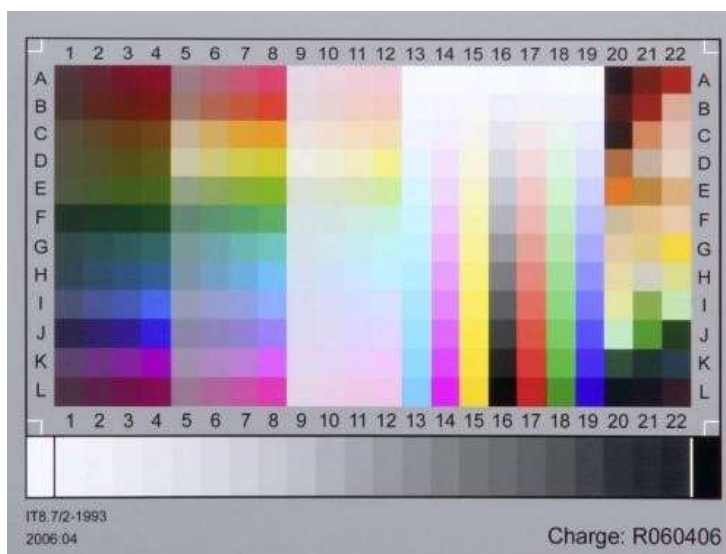
Ο όρος **βαθμονόμηση (calibration)** αναφέρεται σε όλες εκείνες τις ρυθμίσεις που κάνουμε σε μια συσκευή με σκοπό την αλλαγή των χαρακτηριστικών της (εντός ορίων λειτουργίας της), ώστε η συσκευή αυτή να φτάσει σε ένα επιθυμητό επίπεδο βέλτιστης κατάστασης ή λειτουργίας κάτω από συγκεκριμένες και τυποποιημένες συνθήκες. Στην διαχείριση χρώματος οι συνθήκες αυτές περιγράφονται από το χρωματικό προφίλ της συσκευής. Οι μετρήσεις στις οποίες υπάγεται μια συσκευή, ώστε να προκύψει το χρωματικό της προφίλ, ονομάζεται χαρακτηρισμός της συσκευής .

Ο **χαρακτηρισμός (profiling)** μιας συσκευής, αντίθετα από το καλιμπράρισμα, δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της, απλά τα καταγράφει έτσι ώστε να υπάρχει μια σαφής εικόνα του τρόπου χρωματικής συμπεριφοράς της.

Scanner profiling

Τα profiling και calibration προγράμματα είναι διάφορα και καλύπτουν διάφορες ανάγκες και απαιτήσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποιες εταιρείες οι οποίες παράγουν τέτοια προγράμματα, όπως η GretagMacbeth, η Monaco, η Creo & η Heidelberg. Παρότι μπορούμε με το profiling πρόγραμμα για ένα scanner να δημιουργήσουμε και το profile μιας φωτογραφικής μηχανής κάποιες εταιρείες, όπως η GretagMacbeth και η Monaco, προτείνουν ξεχωριστή εφαρμογή. Αυτά τα προγράμματα επεξεργάζονται τα χρώματα κατά τη σάρωση με layers και ελέγχουν αν υπάρχουν χρώματα εκτός του color gamut του profile. Έτσι τα υπερπλήρη και φωτισμένα χρώματα διορθώνονται σύμφωνα με τα χρώματα που αντιστοιχούν στο profile.

Τα scanning targets, περιλαμβανομένου και του βιομηχανικού standard IT8.7, αναπτύχθηκαν αρχικά από την Kodak με το όνομα Q60 targets και στη συνέχεια τα ανέλαβε το American National Standards Institute (ANSI) και η Committee for Graphic Arts Technical Standards (CGATS). Το scanning target IT8.7 περιλαμβάνει μια εκτύπωση 5X7 ίντσες, μια διαφάνεια 4X5 ίντσες και μια 35mm διαφάνεια.



Εικόνα 4.1: Το βιομηχανικό standard IT8.7

Το IT8.7 target περιλαμβάνει χρωματική κλίμακα 288 χρωμάτων (patches), την οποία μπορούν να επιτύχουν όλοι οι έγχρωμοι εκτυπωτές και τα φιλμ. Κατά συνέπεια, μπορεί τα χρώματα που αποδίδει το φιλμ ή ο εκτυπωτής να είναι φωτεινότερα, όμως η τελική απεικόνιση θα είναι σχετική με τα χρώματα του IT8.7. Με βάση αυτό, κάποιες εταιρείες ανέπτυξαν μια σειρά από 500 περίπου διαφορετικά patches τα οποία θέλουν να αντιπροσωπεύουν το πλήρες χρωματικό gamut των υλικών εκτύπωσης.

4.1. Βαθμονόμηση οθόνης

Όταν μιλάμε για βαθμονόμηση οθόνης, στην πραγματικότητα αναφερόμαστε όχι μόνο στην οθόνη του υπολογιστή αλλά και στην κάρτα γραφικών και τον οδηγό της (driver). Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας οθόνης που εξετάζει η διαχείριση χρώματος ώστε να είναι εφικτός ο χαρακτηρισμός του συστήματος οθόνης – κάρτας- driver, είναι:

- Η **ένταση** της διασποράς φασματικής ενέργειας (**Luminance**) του **λευκού σημείου** της οθόνης (μετριέται σε cd/cm^2)
Είναι η ποσότητα του φωτός που εκπέμπει μια επιφάνεια. Μετριέται σε κεριά ανά τετραγωνικό μέτρο cd/m^2 . Η ρύθμιση της φωτεινότητας του λευκού σημείου είναι πολύ βασικό στοιχείο στις Γραφικές Τέχνες, γιατί αυτό προσομοιώνει τη φωτεινότητα του υποστρώματος εκτύπωσης.
- Η **θερμοκρασία χρώματος / White point**, μετριέται σε Kelvin σε κλίμακα 5.000K- 9.500K. Οι χαμηλότερες τιμές αναφέρονται σε πιο κόκκινες περιοχές, ενώ οι υψηλότερες σε πιο μπλε. Για την εκτύπωση offset, η ρύθμιση στους 5.000 K, θεωρείται η καταλληλότερη, γιατί προσεγγίζει τα ISO standards των γραφικών τεχνών.

Για την εκτύπωση offset η ρύθμιση στους 5000K θεωρείται η καταλληλότερη γιατί προσεγγίζει τα ISO standards των Γραφικών Τεχνών.

ISO 3664:2009 (συνθήκες θέασης),

ISO 12646:2008 (Οθόνες για έγχρωμα δοκίμια – Χαρακτηριστικά και συνθήκες θέασης)

Η τελευταία τάση είναι το να ρυθμίζεται ώστε να προσομοιάζει το χρώμα του υλικού εκτύπωσης.

Στην πράξη έχει αποδειχτεί ότι

- λόγω της διαφορετικής αντιληπτικής ικανότητας του ματιού στο χρώμα μεταξύ ακτινοβολούμενου χρώματος (οθόνη) και τυπωμένου (δοκίμιο), καθώς και της
- ανομοιογενούς φασματικής κατανομής της εσωτερικής φωτιστικής πηγής της οθόνης

ένα λευκό σημείο μιας εκτύπωσης που φωτίζεται με 5000^0 K φαίνεται παρόμοια λευκό με ρύθμιση λευκού σημείου οθόνης $5500 - 5800^0$ K.

- **Το gamma του συστήματος προβολής.**

Η ρύθμιση **gamma** καθορίζει τη φωτεινότητα των ενδιάμεσων τόνων στην οθόνη, ώστε να είναι ακριβώς στη μέση μεταξύ του καθαρού μαύρου και του καθαρού λευκού. Η ρύθμιση αυτή, με τη σειρά της, καθορίζει την κατανομή των υπολοίπων διαβαθμίσεων των ενδιάμεσων τόνων - δεν επηρεάζει τις πιο φωτεινές ή τις πιο σκοτεινές διαβαθμίσεις.

Το gamma μιας οθόνης είναι στην ουσία τα χαρακτηριστικά που αφορούν τη σχέση μεταξύ των σημάτων εισόδου και την αντίστοιχη παραγωγή φωτεινότητας ανά χρώμα με τιμές 0 έως 255.

Το gamma μετριέται σε μία κλίμακα μεταξύ 1.00 και 2.40, όπου η πιο μεγάλη τιμή αναφέρεται σε σκοτεινότερο σημείο. Η Apple καθιέρωσε μία σταθερή τιμή gamma σε 1.80, ενώ η Microsoft για τα Windows 2.20.

- Η **ένταση** της διασποράς φασματικής ενέργειας (**Luminance**) του **μαύρου σημείου** της οθόνης (μετριέται σε cd/cm^2)

Τα δεδομένα του μαύρου σημείου καθορίζουν την μέγιστη τιμή του μαύρου που μπορεί να απεικονίσει μια οθόνη. Όλες οι άλλες διαβαθμίσεις του μαύρου είναι φωτεινότερες, εξασφαλίζοντας έτσι τη σωστή απεικόνιση των λεπτομερειών στη σκιά.

Όσο σημαντική θεωρείται η ρύθμιση του λευκού σημείου για τη σωστή προβολή ενός ειδώλου, εξίσου σημαντική θεωρείται και η ρύθμιση του μαύρου σημείου αφού, αν οριστεί χαμηλά, θα χαθούν πληροφορίες στα σκούρα σημεία, ενώ αν οριστεί ψηλά, θα οδηγήσει σε χαμηλή ένταση με ανάλογη μείωση του κοντράστ.

Λευκό και μαύρο σημείο

Το λευκό και μαύρο σημείο μιας συσκευής καθορίζουν την gamma της συσκευής. Ο ορισμός αυτών των δύο σημείων κατά τη σάρωση μιας φωτογραφίας είναι που καθορίζει το χρώμα και τη τονική αντίθεση (κοντράστ), δηλαδή την αντίθεση των χρωμάτων του παραγόμενου ειδώλου. Έτσι και στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ο ορισμός του λευκού ισορροπεί τα ισορροπεί τα χρώματα και το σωστό μαύρο ορίζει την ένταση.

Στις συσκευές απεικόνισης, όπως είναι οι οθόνες, το λευκό και το μαύρο ορίζουν το καλιμπράρισμά της που γίνεται με ειδικά εργαλεία (φασματοφωτόμετρο, χρωματόμετρο) και πάντα σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο.

Το χρώμα και η ένταση του πιο φωτεινού λευκού που μπορεί να αναπαράγει η οθόνη. Στην εκτύπωση καθοριστικό ρόλο παίζει η ποιότητα του χαρτιού, αφού η λευκότητά του ορίζει το λευκό σημείο και η απορροφητικότητα του ορίζει το μαύρο σημείο.

4.2. Βαθμονόμηση και χαρακτηρισμός της εκτυπωτικής διαδικασίας

Σε αντίθεση με τους σαρωτές και τις οθόνες, το προφίλ της εκτυπωτικής διαδικασίας είναι περισσότερο σύνθετο. Αυτό οφείλεται στις διαφορές που παρουσιάζει το χρώμα κατά την αναπαραγωγή του στο χαρτί. Ουσιαστικά οι διεργασίες του profile printing μπορούν να περιγραφούν από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- την διαδικασία της εκτύπωσης,
- τον τύπο του χαρτιού που χρησιμοποιείται,
- τα μελάνια εκτύπωσης που χρησιμοποιούνται,
- τη δυνατότητα της εφαρμογής της μελάνης.

Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να γίνει χαρακτηρισμός του εκτυπωτή ή μηχανής εκτύπωσης ως ανεξάρτητης συσκευής, αλλά ως διαδικασία εκτύπωσης με όλες τις παραμέτρους της. Οι τιμές οι οποίες αποθηκεύονται ως χαρακτηρισμός συνόλου δεδομένων, αναφέρονται στο προφίλ της εκτυπωτικής διαδικασίας στις διαφορετικές εφαρμογές μελάνης, στο προφίλ που απαιτείται για τα διαφορετικά χαρτιά των δοκιμίων ή στο προφίλ ενός ψηφιακού φύλλου ελέγχου, το οποίο εκτυπώνεται με τυποποιημένες συνθήκες.

5. Χρωματικοί Χώροι – Color spaces

Η ανάγκη για μια οργανωμένη και μαθηματική περιγραφή του χρώματος με στόχο την επίλυση προβλημάτων κωδικοποίησης και αναπαραγωγής του, οδήγησε στη δημιουργία συστημάτων χρωματικής ταξινόμησης και χρωματικών χώρων. Τα συστήματα αυτά μας επιτρέπουν την ακριβή περιγραφή χρωμάτων με χρήση φυσικών απεικονίσεων και αριθμητικών αξιών.

Ένα χρωματικό μοντέλο καθορίζει τη σχέση μεταξύ των αριθμητικών τιμών του χρώματος. Ένας χρωματικός χώρος ορίζει την απόλυτη ερμηνεία αυτών των τιμών ως χρώματα.

Ο συσχετισμός ενός χρωματικού μοντέλου με μια συγκεκριμένη δυνατότητα χρωματικής απεικόνισης των αριθμών, για παράδειγμα τη χρωματική γκάμα μιας οθόνης υπολογιστή, καθορίζει έναν νέο χρωματικό χώρο.

Οι χρωματικοί χώροι είναι:

Εξαρτώμενοι από συσκευές (device dependent): Αφορούν σε χρώματα που ενδέχεται να εμφανίζονται διαφορετικά σε διαφορετικές συσκευές (όπως π.χ. οθόνη, εκτυπωτής). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι χρωματικοί χώροι RGB και CMYK.

Ανεξάρτητοι συσκευών (device independent): Σε αυτή την κατηγορία χρωματικών χώρων γίνεται βαθμονόμηση των χρωμάτων και έτσι εμφανίζονται ίδια σε κάθε συσκευή εξόδου. Εδώ ανήκουν οι χρωματικοί χώροι CIE LAB και CIE XYZ η χρήση των οποίων γίνεται κυρίως για συγκρίσεις ή μετατροπές χρώματος.

Οι ανεξάρτητοι χρωματικοί χώροι CIE LAB και CIE XYZ χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσοι χώροι αναφοράς στις περιπτώσεις μετατροπών από χώρο σε χώρο.

Χώροι εργασίας: Είναι ενδιάμεσοι χρωματικοί χώροι που χρησιμοποιούνται από προγράμματα επεξεργασίας εικόνας για τον καθορισμό και την επεξεργασία του χρώματος.

5.1. Χρωματικοί χώροι εξαρτώμενοι από συσκευές

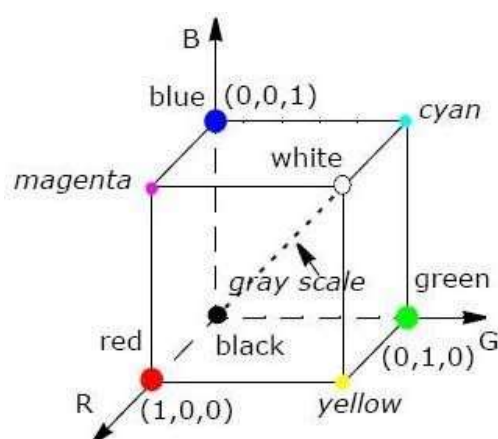
Το χρωματικό μοντέλο RGB

Προσθετική ανάμειξη των χρωμάτων

Ένα μεγάλο ποσοστό του ορατού φάσματος χρωμάτων μπορεί να αποδοθεί με την ανάμειξη των τριών βασικών συστατικών R, G, B του έγχρωμου φωτός, σε διάφορες αναλογίες.

Το μοντέλο αυτό μπορεί να παρασταθεί ως ένας κύβος χρωμάτων σε ένα καρτεσιανό σύστημα αξόνων.

Στην αρχή των αξόνων (0,0,0) είναι η κορυφή του κύβου που αντιστοιχεί στο μαύρο χρώμα, ενώ στις κορυφές του κύβου που βρίσκονται πάνω στους άξονες βρίσκονται τα βασικά χρώματα (Κόκκινο, Πράσινο, Μπλε). Τα συμπληρωματικά χρώματα βρίσκονται στις τρεις κορυφές του κύβου απέναντι από τα αντίστοιχα βασικά χρώματα και στην κορυφή απέναντι από το μαύρο βρίσκεται το λευκό. Κάθε χρώμα στο σύστημα αυτό προσδιορίζεται από ένα σημείο στον κύβο με τρεις συντεταγμένες. Στη διαγώνιο μεταξύ μαύρου και λευκού βρίσκονται όλες οι αποχρώσεις του γκρι.



Εικόνα 5.1 Το καρτεσιανό σύστημα του χρωματικού μοντέλου RGB

Η απόχρωση, η φωτεινότητα και ο κορεσμός ενός χρώματος στο χρωματικό μοντέλο RGB εξαρτώνται και τα τρία από τις τρεις συντεταγμένες. Αλλάζοντας οποιαδήποτε από αυτές αλλάζουν και τα τρία χαρακτηριστικά του χρώματος. **Αυτό αποτελεί ένα σχετικό μειονέκτημα του μοντέλου ως προς την επεξεργασία απέναντι σε άλλα συστήματα.** Το RGB είναι όμως πιο κοντά από κάθε άλλο μοντέλο στο επίπεδο της φυσικής λειτουργίας των μέσων απεικόνισης όπως οι τηλεοράσεις και οι οθόνες των υπολογιστών. Ένα άλλο μειονέκτημα του μοντέλου είναι ότι εξαρτάται από τη συσκευή απεικόνισης (από το ακριβές χρώμα -μήκος κύματος και σχετική ένταση- των πρωταρχικών χρωμάτων της συσκευής), είναι δηλαδή "**device dependent**", με αποτέλεσμα ίδιες συντεταγμένες να δίνουν διαφορετικά χρώματα σε διαφορετικές συσκευές, ή με διαφορετικές ρυθμίσεις της ίδιας συσκευής.

Ο χρωματικός χώρος RGB χρησιμοποιείται ευρέως γιατί υποστηρίζεται από οθόνες και σαρωτές. **Τα χρώματα RGB ποικίλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά οθόνης και σαρωτή.**

Το χρωματικό μοντέλο CMYK

Αφαιρετική ανάμειξη των χρωμάτων

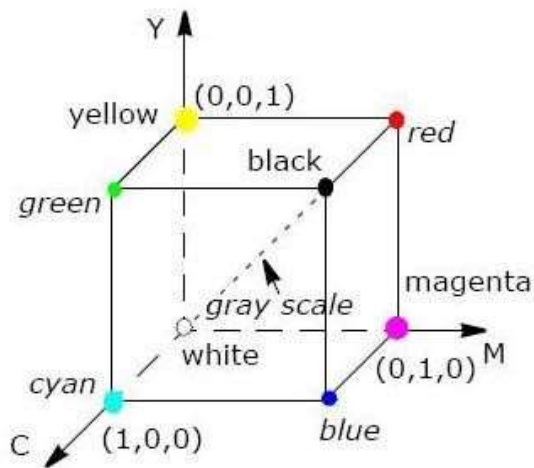
Η **αφαιρετική** μέθοδος ανάμειξης χρωμάτων (*subtractive color*) είναι η ακριβώς αντίθετη μέθοδος από την προσθετική. Με τη μέθοδο αυτή παράγεται το χρωματικό αίσθημα, αφού αφαιρεθεί από κάποια υπάρχουσα ακτινοβολία (συνήθως λευκή) ένα τμήμα της ενέργειας της. Η αφαίρεση επιτυγχάνεται με την βοήθεια φίλτρων ή άλλων στοιχείων (λεπτά έγχρωμα υλικά), που λειτουργούν ως φίλτρα.

Βασικά χρώματα αυτής της μεθόδου είναι το **Cyan (κυανό)**, το **Magenta (ματζέντα)** και το **Yellow (κίτρινο)** (*δευτερεύοντα χρώματα κατά το σύστημα του RGB*), με την μορφή μελανιών, τα οποία όταν προστίθενται μεταξύ τους δίνουν το μαύρο χρώμα, λαμβάνοντας υπόψη ως λευκό χρώμα, την λευκή επιφάνεια του χαρτιού.

Τα μελάνια όμως από τη φύση τους δεν μπορούν να αποδώσουν συγκεκριμένα μήκη κύματος – χρώματα (όπως τα pixels μιας οθόνης) αλλά μία ευρεία περιοχή μηκών κύματος γύρω από το βασικό. Το αποτέλεσμα είναι συνδυασμός των τριών βασικών χρωμάτων να δίνει ένα σκούρο καφέ χρώμα αντί για το μαύρο.

Για να λειτουργήσει λοιπόν επαρκώς το χρωματικό αυτό σύστημα χρειάστηκε να προστεθεί το μαύρο (**K – Key color**) ως τέταρτο χρώμα.

Πρακτικά στην εκτύπωση δεν χρησιμοποιείται σήμερα το CMY μοντέλο αλλά το CMYK. Το μοντέλο CMY μπορεί να παρασταθεί όπως και το RGB με ένα κύβο σε ένα καρτεσιανό σύστημα αξόνων με το λευκό χρώμα στην αρχή των αξόνων και τα βασικά χρώματα πάνω στους άξονες.



Εικόνα 5.2. Το καρτεσιανό σύστημά του χρωματικού μοντέλου CMYK

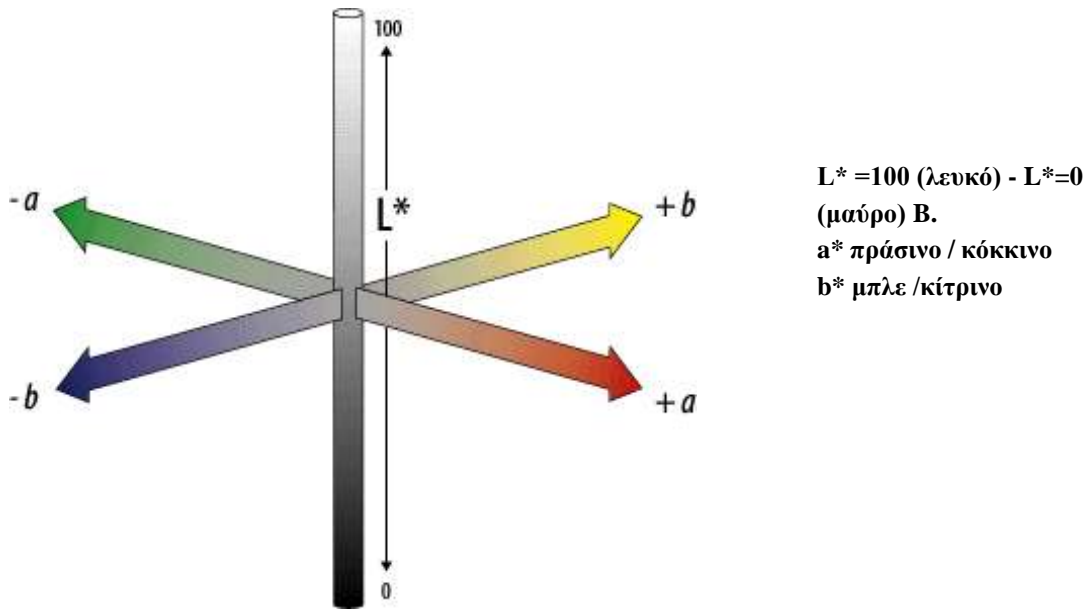
Τα χρώματα CMYK διαφοροποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εκτυπωτή, του μελανιού και του χαρτιού.

5.2. Χρωματικοί χώροι ανεξάρτητοι από συσκευές

Ο χρωματικός χώρος CIELAB

Το CIE Lab έχει τυποποιηθεί, από το 1976, ως το χρωματικό μοντέλο με τη μεγαλύτερη ομοιομορφία και σταθερότητα στην κατανομή του χρώματος. Χρησιμοποιεί τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* για να προσδιορίσει ποσοτικά ένα χρώμα και βασίζεται στην θεωρία των ανταγωνιστικών χρωμάτων, ότι δηλαδή ένα χρώμα δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονα και κόκκινο και πράσινο ή κίτρινο και μπλε. Το κάθε χρώμα περιγράφεται με τρεις συντεταγμένες και απεικονίζεται σε καρτεσιανό σύστημα όπου υπάρχει ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρωματικότητας.

Το σύστημα αυτό μπορεί να υπολογιστεί μετασχηματίζοντας μη γραμμικά το χώρο XYZ συναρτήσει ενός λευκού αναφοράς. Η χρήση του λευκού αναφοράς, προσδίδει στους χώρους αυτούς το πλεονέκτημα της ανεξαρτησίας από τη συσκευή στην οποία χρησιμοποιούνται (**device independent**). Η συνιστώσα L (Lightness) αντιστοιχεί στη φωτεινότητα και είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο που δημιουργούν οι παράμετροι a^* και b^* μέσω ενός συστήματος δύο αξόνων: τον κόκκινο/πράσινο και τον κίτρινο/μπλε.



Εικόνα 5.3. Το χρωματικό μοντέλο CIE Lab ή L^* , a^* , b^*

Υπολογίζεται παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), ενώ οι συνιστώσες a , b φέρουν αποκλειστικά χρωματική πληροφορία χωρίς να υπάρχουν για αυτές κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου. Αρνητικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε.

Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές που ορίζονται πρακτικά για τους άξονες a^* και b^* κυμαίνονται από το -128 έως το +127 παρέχοντας μία κλίμακα 256 επιπέδων. Θεωρητικά δεν μπορούν να οριστούν μέγιστες και ελάχιστες τιμές.

Ο χρωματικός χώρος Lab παρέχει τη δυνατότητα της περιγραφής του χρώματος σε επίπεδο λογισμικού, σε επίπεδο μαθηματικών υπολογισμών και μεταφοράς χρώματος από συσκευή σε συσκευή, από λογισμικό σε λογισμικό, μεταφράζοντας το χρώμα σε κάθε χρωματικό χώρο και χρωματική συσκευή, ώστε η χρωματική αντίληψη να παραμένει σταθερή.

Ο χρωματικός χώρος CIE XYZ

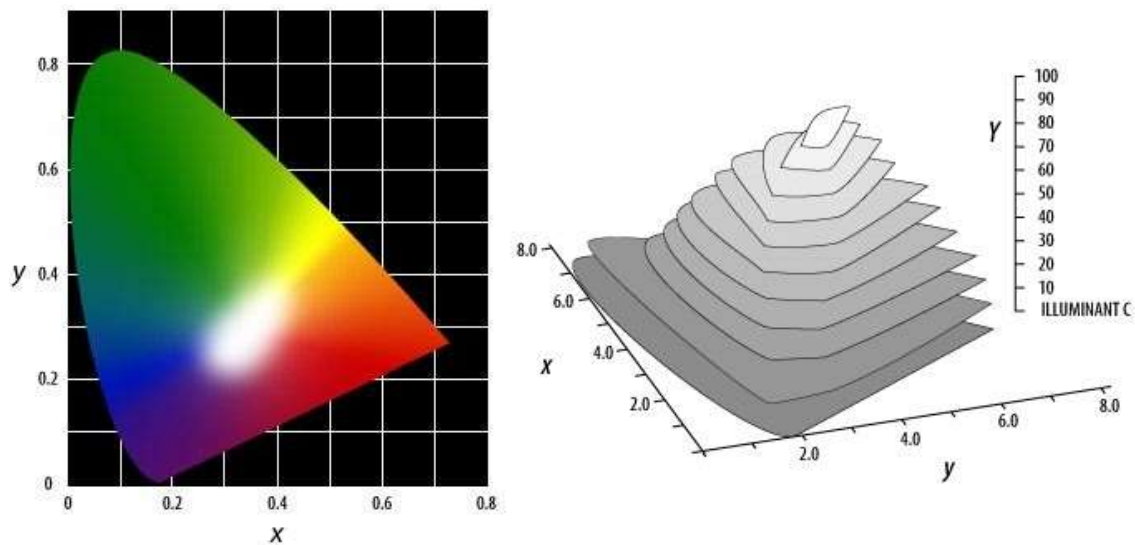
Το σύστημα ταξινόμησης κατά CIE βασίζεται στον προσδιορισμό του χρώματος ενός αντικειμένου με βάση τη χρωματομετρική του σύγκριση με ένα άλλο τυποποιημένο δείγμα κάτω από προκαθορισμένες συνθήκες φωτισμού και όρασης. Το 1931 η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (Commission International de l' Eclairage - CIE) ανέπτυξε ένα σύστημα ταξινόμησης που στηρίχθηκε στην **τριχρωματική** θεωρία, σύμφωνα με την οποία όλα τα χρώματα μπορούν να θεωρηθούν ως ένα μίγμα

καθορισμένων και σχετικών ποσοτήτων των τριών πρωτογενών φωτισμών: του κόκκινου (Red) ή (X), του πράσινου (Green) ή (Y) και του μπλε (Blue) ή (Z). Αυτές οι ποσότητες ονομάζονται **τριχρωματικές τιμές**, συμβολίζονται με τα γράμματα X,Y,Z και για τον αριθμητικό προσδιορισμό τους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της καμπύλης ανακλαστικότητας του μετρούμενου αντικειμένου. Για να είναι εφικτή η χρήση των μετρούμενων τιμών, η CIE καθιέρωσε τη χρήση των **τυπικών φωτισμών** (D50, D55 και D65), που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες κατανομές ισχύος και τη χρήση του **τυπικού παρατηρητή**, που αντιστοιχεί στη μέση χρωματική ευαισθησία του οφθαλμού κάτω από συγκεκριμένη γωνία παρατήρησης που ποικίλλει μεταξύ 2° και 10°. Η γωνία των 10° αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη περιοχή παρατήρησης και ανταποκρίνεται καλύτερα στις συνθήκες εκτίμησης μιας απόχρωσης από έναν τυπικό παρατηρητή, σε σχέση με αυτή των 2°.

Συχνά είναι επιθυμητό να γίνεται απεικόνιση των χρωμάτων σε ένα δισδιάστατο χρωματικό χώρο (2D colour space). Αυτό γίνεται εφικτό προβάλλοντας το τρισδιάστατο (3D) χρωματικό χώρο του μοντέλου CIE-XYZ στο επίπεδο $x+y+z=1$. Η τομή του κώνου CIE-XYZ με το επίπεδο $x+y+z=1$ ονομάζεται χρωματικό διάγραμμα (chromaticity diagram). Στο χρωματικό αυτό διάγραμμα αντιστοιχίζονται στο ίδιο σημείο, όλα τα χρώματα ίδιας χρωματικότητας αλλά διαφορετικής φωτεινότητας. Στο περίγραμμα του χρωματικού διαγράμματος έχουμε τα καθαρά χρώματα ενώ στο εσωτερικό του έχουμε τα χρώματα που προκύπτουν από την μίξη των καθαρών χρωμάτων. Επίσης ένα οποιοδήποτε ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει δύο σημεία του διαγράμματος ορίζει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς που προκύπτουν από τη μίξη των δύο χρωμάτων που βρίσκονται στα άκρα του. Στο διάγραμμα χρωματικότητας xy CIE 1931², το λευκό σημείο αντιπροσωπεύει χρωματικότητα της πρότυπης φωτεινής πηγής. Η τρίτη διάσταση υποδεικνύεται από την αξία (λαμπρότητα) Y. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η τιμή αυτή υποδεικνύει τη φωτεινότητα ή φωτεινότητα του χρώματος.

Η κλίμακα για το Y εκτείνεται από 0 έως 100, όπου το 100 αντιστοιχεί στο λευκό σημείο και το 0 στο σημείο προβολής του λευκού σημείου στο επίπεδο xy .

² Οι τρισδιάστατες τιμές XYZ σημειώνονται πάντα με κεφαλαία γράμματα, ενώ οι συντεταγμένες χρωματικότητας xy σημειώνονται με πεζά.



Εικόνα 5.4. Προβολή του CIE XYZ στο επίπεδο xy

Ο τελικός στόχος της CIE ήταν να αναπτύξει ένα συνεπές/σταθερό σύστημα προτύπων επικοινωνίας για τους κατασκευαστές των χρωμάτων, των μελανιών και άλλων χρωστικών ουσιών. Η σημαντικότερη λειτουργία αυτών των προτύπων ήταν να παραχθεί ένα καθολικό πλαίσιο για την ταύτιση και ταυτοποίηση του χρώματος. Ωστόσο, με το XYZ διάστημα, επιτυγχάνεται η αριθμητική μέτρηση του χρώματος χωρίς να δίνονται καθόλου πληροφορίες για την πραγματική οπτική του εμφάνιση, δηλαδή στο κατά πόσο η μέτρηση αυτή ανταποκρίνεται με ακρίβεια στην οπτική αντίληψη.

Το γεγονός αυτό οδήγησε τον οργανισμό CIE στη σύσταση των ομοιόμορφων χρωματικών χώρων CIE 1976 $L^*a^*b^*$ (CIELAB) και CIE 1976 $L^*u^*v^*$ (CIELUV) στους οποίους οι διαφορές μεταξύ των χρωμάτων αντιστοιχούν στις χρωματικές διαφορές όπως τις αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος,

5.3. Χρωματικός χώρος εργασίας

Σημαντικό ρόλο στη χρωματική διαχείριση παίζει και η επιλογή χρωματικού χώρου προβολής που παράγει χρώματα εφικτά σύμφωνα με τη ροή της εργασίας. Εξάλλου δεν υπάρχει λόγος ύπαρξης χρωματικής πληροφορίας, η οποία δεν μπορεί να παραχθεί. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων χρωματικών χώρων προβολής εκ των οποίων οι πιο συνήθεις είναι:

sRGB IEC-61966-2,1

Ο sRGB είναι ένας πρότυπος χρωματικός χώρος που αρχικά προωθήθηκε από τη Microsoft, τη Hewlett Packard και κάποιες άλλες εταιρείες υπολογιστών. Βασίζεται στην αναμενόμενη ποιότητα του "μέσου" καταναλωτή (2,2 gamma και D65 λευκό σημείο) οθόνης υπολογιστή και χρησιμοποιείται από καταναλωτές ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών και σαρωτών. Αποτελεί την καλύτερη επιλογή για όλες τις

εικόνες που πρόκειται να προβληθούν στο διαδίκτυο ή σε οποιαδήποτε κατάσταση όπου η ποιότητα της προβολής σε οθόνη είναι χαμηλή. Αντίθετα δεν ενδείκνυται για εικόνες που προορίζονται για εκτύπωση υψηλών απαιτήσεων.

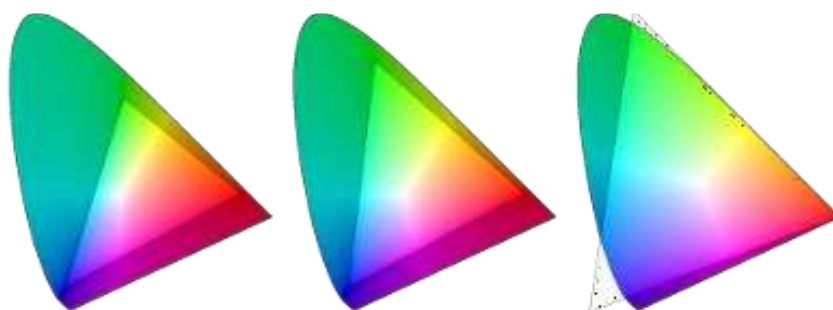
Adobe RGB (1998)

Η Adobe καθιέρωσε αυτόν τον χρωματικό χώρο (αρχικά με βάση το SMPTE-240M - ένα πρότυπο για τις HDTV) ως πρότυπο για εικόνες που πρόκειται να μετατραπούν σε κάποιο στάδιο σε CMYK για εκτύπωση με προδιαγραφές SWOP (*Specifications for Web Offset Publications*).

Αποτελεί περίπου ISO πρότυπο και είναι αποδεκτό από τους χρήστες, αφού παράγει τον καλύτερο συμβιβασμό μεταξύ ποιότητας και χρωματικής απόδοσης (gamut).

ProPhoto RGB και Wide Gamut RGB

Και οι δύο αυτοί χώροι έχουν μεγάλο εύρος χρωματικής απόδοσης (gamut), με χρώματα τα οποία ούτε μπορούν να τυπωθούν σε εκτυπωτή ούτε μπορούν να προβληθούν στις περισσότερες οθόνες. Ωστόσο, περιέχουν τη μεγαλύτερη gamut για φωτογραφικά υλικά και υψηλής ποιότητας επιτραπέζιους εκτυπωτές. Έτσι, αν και αυτή η ποσότητα των πληροφοριών θα μπορούσε να θεωρηθεί υπερβολή για τις περισσότερες χρήσεις, μπορεί να βελτιώσει πραγματικά μια υψηλής ποιότητας εικόνα που πρέπει να τυπώνεται σε φωτογραφικό υλικό. Δεδομένου ότι αυτοί οι χώροι χρώματος είναι πολύ μεγάλοι, συνιστάται να χρησιμοποιούνται για εικόνες που έχουν 16bits ανά κανάλι, έτσι ώστε να γίνει πλήρης χρήση του χρωματικού χώρου.



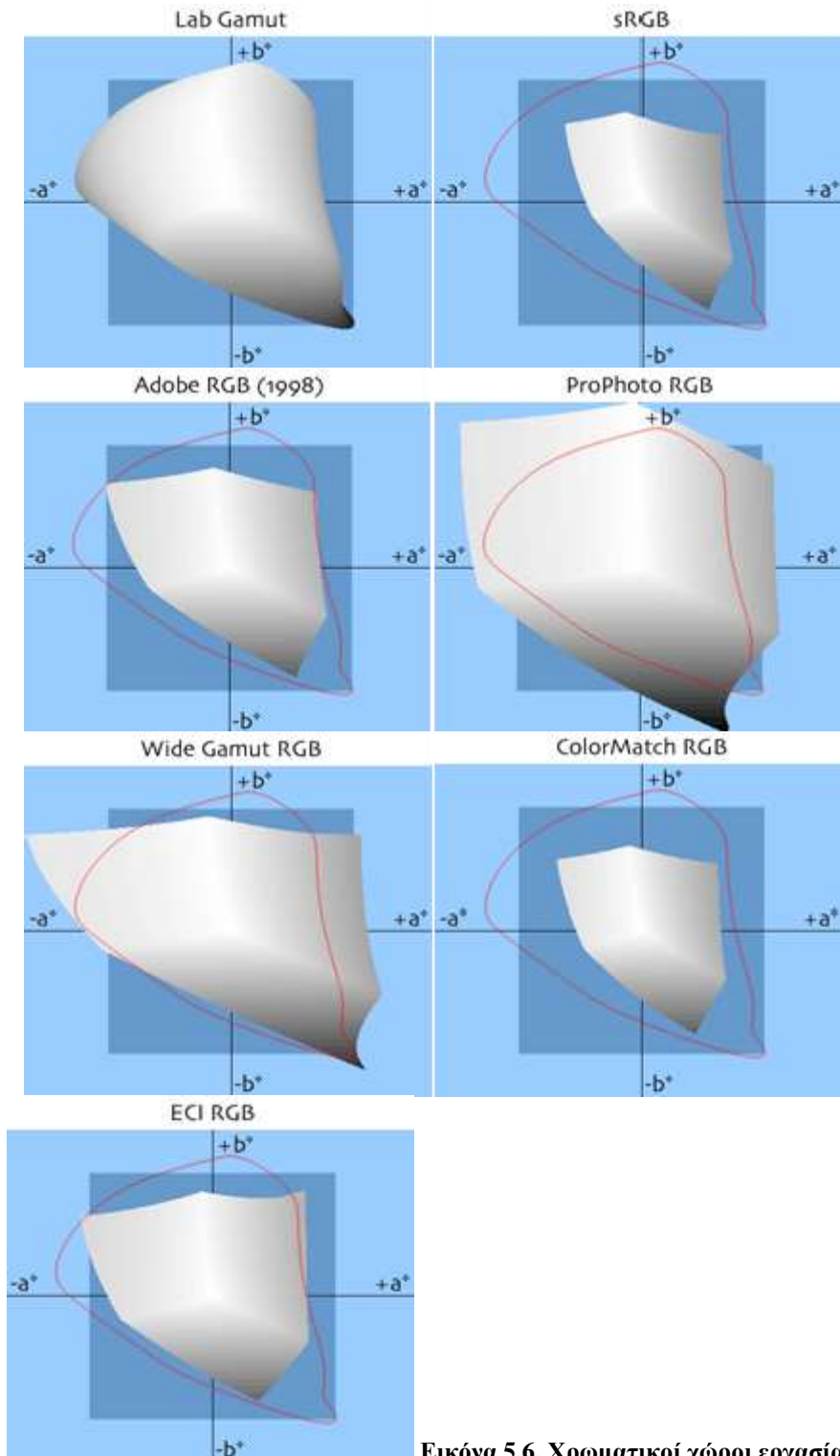
Εικόνα 5.5. Τα sRGB, Adobe RGB, ProPhoto RGB απεικονίζονται από λευκά τρίγωνα

ColorMatch RGB

Αυτό είναι ένα ανοιχτό πρότυπο χώρο εργασίας με βάση το φάσμα των υψηλής ποιότητας οθόνες Ακτίνα Τύπου Προβολή. Έχει gamma από 1,8 και είναι ένας καθιερωμένος χώρος εργασίας για τους χρήστες Mac σε προεκτυπωτικές εργασίες. Είναι ένα γνωστό πρότυπο και, εάν εργάζεστε με μια καθιερωμένη εκτύπωσης προσανατολισμένη ροή εργασίας, ενδέχεται να χρειαστεί να συνεργαστεί με ColorMatch RGB, αλλά είναι μάλλον απίθανο ότι κάποιος που αρχίζει εκ νέου να επιλέξουν να το χρησιμοποιήσουν.

ECI RGB

Προτείνεται από την European Color Initiative (ECI) ως πρότυπος χώρος εργασίας RGB και καλύπτει σχεδόν όλες τις διαδικασίες εκτύπωσης καθώς και όλες τις τεχνικές αναπαραγωγής.



Εικόνα 5.6. Χρωματικοί χώροι εργασίας

6. Μέθοδοι απεικόνισης/συμπίεσης (Rendering Intents)

Η απόδοση των συσκευών εξαρτάται από φυσικά αίτια περιορίζοντας και διαμορφώνοντας διαφορετικές χρωματικές αποδόσεις. Έτσι, το πόσο κόκκινο ή πράσινο θα παρουσιαστεί ένα χρωματικό δείγμα οφείλεται στον κορεσμό της μελάνης, στο φάσφορο της οθόνης κ.ά. Το εύρος των χρωματικών τόνων που μπορεί να αναπαράγει μια συσκευή ονομάζεται **γκάμα (Color gamut)** και τα χρώματα που είναι έξω από αυτήν την περιοχή είναι **χρώματα εκτός γκάμας**. Σε μια οθόνη το μέγιστο της απόδοσης ενός από τα βασικά χρώματα οριοθετείται από τη μέγιστη απόδοση του φωσφόρου για το συγκεκριμένο χρώμα. Σε περιπτώσεις που κινούμαστε από μια μεγαλύτερη σε μια μικρότερη γκάμα είναι επόμενο να υπάρξουν χρώματα, τα οποία δεν μπορούν να αντικατασταθούν.

Από τη στιγμή που τα εκτός γκάμας (**out of gamut**) χρωματικά φάσματα, δηλαδή τα χρώματα που βρίσκονται μέσα στον χρωματικό χώρο της πηγής αλλά η συσκευή εξόδου είναι ανίκανη να αποδώσει, είναι εντοπίσιμα, προκύπτει η ανάγκη αντικατάστασης αυτών με κάποια άλλα τα οποία είναι δυνατόν να αναπαραχθούν με στόχο πάντα την βέλτιστη πιστότητα της χρωματικής πληροφορίας.

Το ICC profile επιλύει το πρόβλημα το οποίο παρουσιάζουν οι συσκευές απεικόνισης με διαφορετικές χρωματικές κλίμακες (Color Gamut), ορίζοντας τέσσερις διερμηνείες απόδοσης/χαρτογράφησης της χρωματικής κλίμακας (gamut mapping) ανάλογα με την πρόθεση του χρήστη, οι οποίες καλούνται **προθέσεις απόδοσης (rendering intent)** και είναι οι εξής:

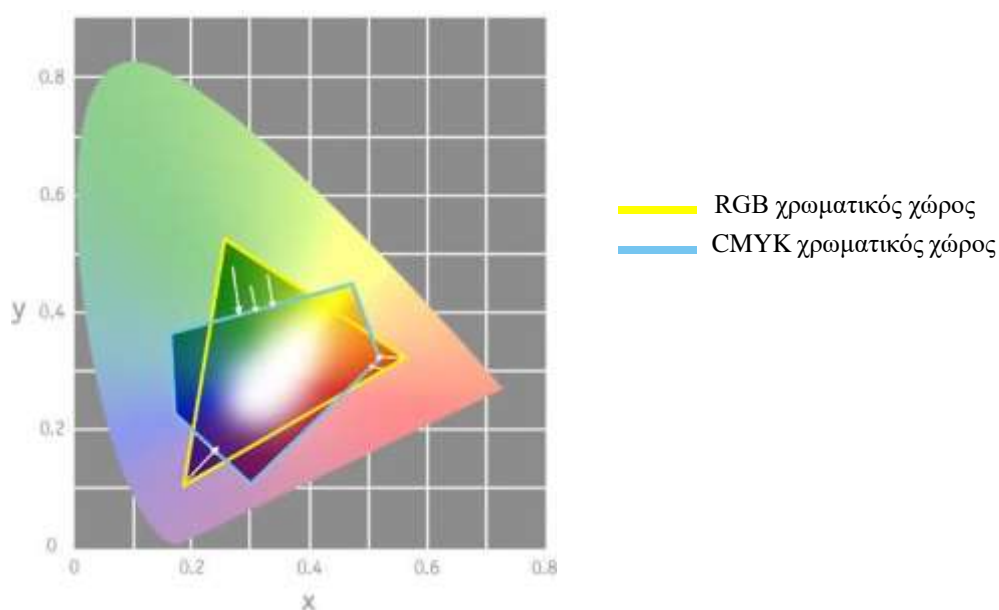
- Αντιληπτική (**Perceptual**)
- Κορεσμός (**Saturation**)
- Σχετική χρωματομετρική (**Relative Colorimetric**)
- Απόλυτη χρωματομετρική (**Absolut Colorimetric**)

Οι αλγόριθμοι **Perceptual** και **Saturation** χρησιμοποιούν **μεθόδους συμπίεσης της χρωματικής γκάμας**.

Οι αλγόριθμοι **Relative Colorimetric** και **Absolute Colorimetric** χρησιμοποιούν **μεθόδους αποκοπής της χρωματικής γκάμας**.

Αντιληπτική (Perceptual)

Στην αντιληπτική πρόθεση απόδοσης, όλη η γκάμα της αρχικής εικόνας συμπιέζεται έως ότου προσαρμοστεί στη γκάμα του χρωματικού χώρου προορισμού. Έτσι διατηρούνται ομαλές οι διαβαθμίσεις των χρωμάτων καθ' όλη τη συμπίεση από ολόκληρη τη γκάμα χρωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι κανένα χρώμα δεν κόβεται, ενώ ελαχιστοποιείται η εκτός γκάμα θέση περιοχών της εικόνας (όπως μπορεί να συμβεί με πλήρως κορεσμένο μπλε ουρανό).

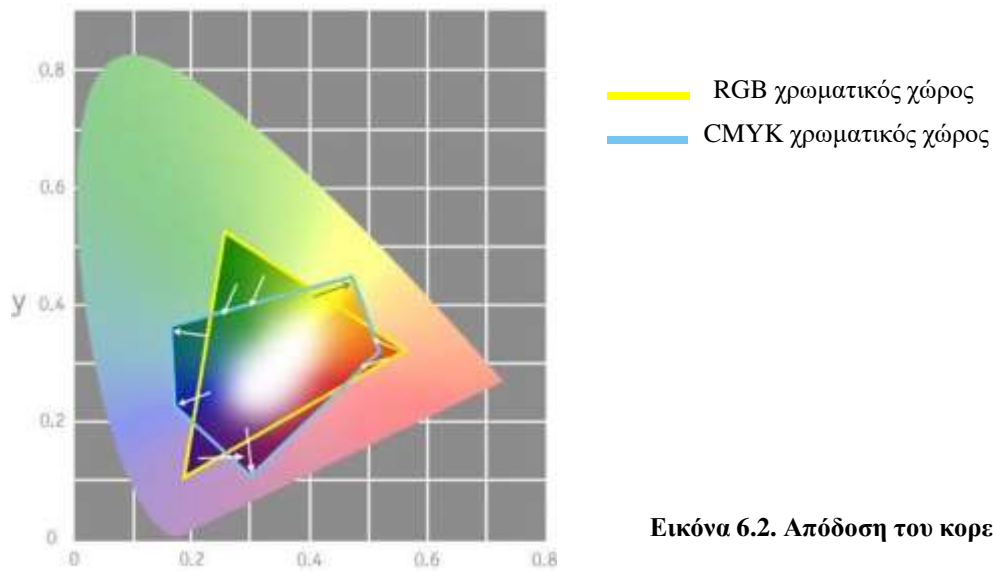


Εικόνα 6.1. Αντιληπτική πρόθεση απόδοσης

Η απόδοση αυτή επιλέγεται για φωτογραφίες παρ' όλο που το πρόβλημα είναι ότι τα χρώματα θα μεταβληθούν στην παραγωγή, αλλά το τελικό αποτέλεσμα θα είναι αρκετά καλό αν και όχι τόσο ακριβές. Αποτελεί ιδανική επιλογή για φωτογραφίες με μεγάλη ποσότητα εκτός γκάμας, η οποία πρέπει να αλλάξει στο χρωματικό χώρο της κατεύθυνσης. Ακόμα αποτελεί τη δημοφιλέστερη επιλογή για αυτόματη λειτουργία ή ως πρότυπη επιλογή για αριθμό εικόνων όπου μπορεί να στηριχθεί για να παρέχει μια λογική ποιότητα. *Στοχεύει να διατηρήσει την οπτική σχέση μεταξύ των χρωμάτων με γνώμονα την ευαισθησία των ματιών αν και οι τιμές των ίδιων των χρωμάτων μπορούν να αλλάξουν.*

Κορεσμός (Saturation)

Η πρόθεση απόδοσης κορεσμού διατηρεί το σχετικό κορεσμό των «εκτός γκάμας» χρωμάτων, όπως αυτά αντιστοιχίζονται από ένα το φάσμα χρωμάτων στο άλλο, ακόμη και σε βάρος της απόχρωσης και της λαμπρότητας. Αυτή η πρόθεση απόδοσης χρησιμοποιείται συνήθως για επαγγελματικά γραφικά όπου η λαμπρότητα και ο κορεσμός των χρωμάτων έχουν μεγαλύτερη σημασία από την απόλυτη ακρίβεια των χρωμάτων.

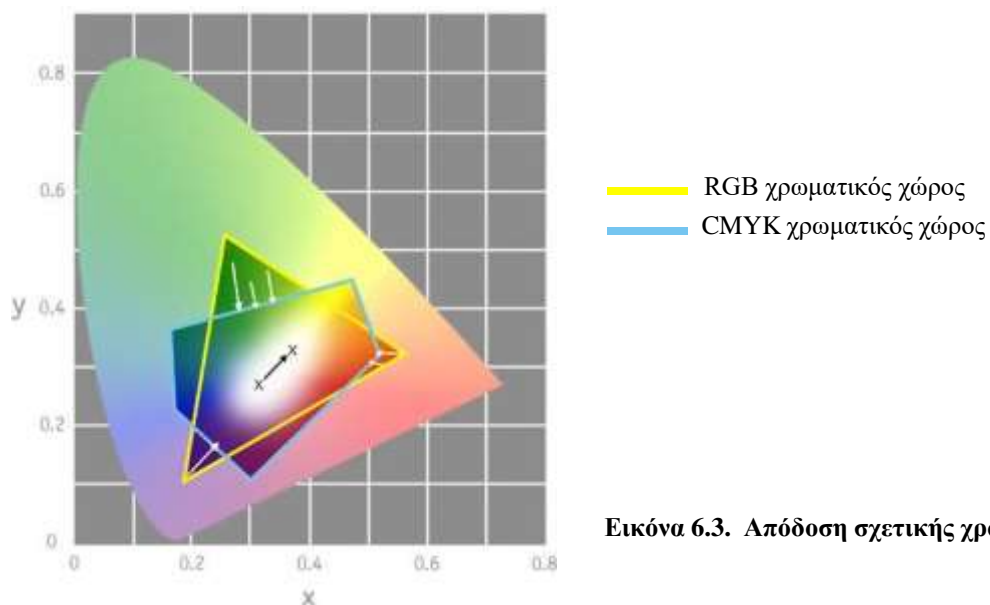


Εικόνα 6.2. Απόδοση του κορεσμού

Σχετική χρωματομετρική (Relative Colorimetric)

Στην περίπτωση της σχετικής χρωματομέτρησης (σχήμα), όλα τα εντός της γκάμας χρώματα παραμένουν τα ίδια ενώ τα εκτός γκάμας αποδίδονται χρωματικά στην πλησιέστερη ισοδύναμη θέση. Έτσι, αν και αυτό μπορεί να αφήσει το μεγαλύτερο μέρος των χρωμάτων στην αρχική εικόνα ανέγγιχτο και ως εκ τούτου πιθανόν ακριβή, δυστυχώς θα περιορίσει όλα τα εκτός γκάμας χρώματα. Αυτό μπορεί να είναι ορατό μέσα στο φωτεινό γαλάζιο του ουρανού.

Η χρήση μιας σχετικής χρωματομετρικής απόδοσης θα μετατρέψει όλα τα εκτός γκάμας μπλε σε μπλε εντός γκάμας δημιουργώντας έτσι ένα άσχημο αποτέλεσμα. Το λευκό και μαύρο σημείο αντιστοιχίζονται στον καινούργιο χώρο έτσι ώστε να παραμείνει ουδέτερη η αρχική γκρι περιοχή ακόμη και αν αυτό οδηγεί σε κάποια μικρή μετατόπιση των χρωμάτων στο υπόλοιπο της εικόνας.



Εικόνα 6.3. Απόδοση σχετικής χρωματομετρικής

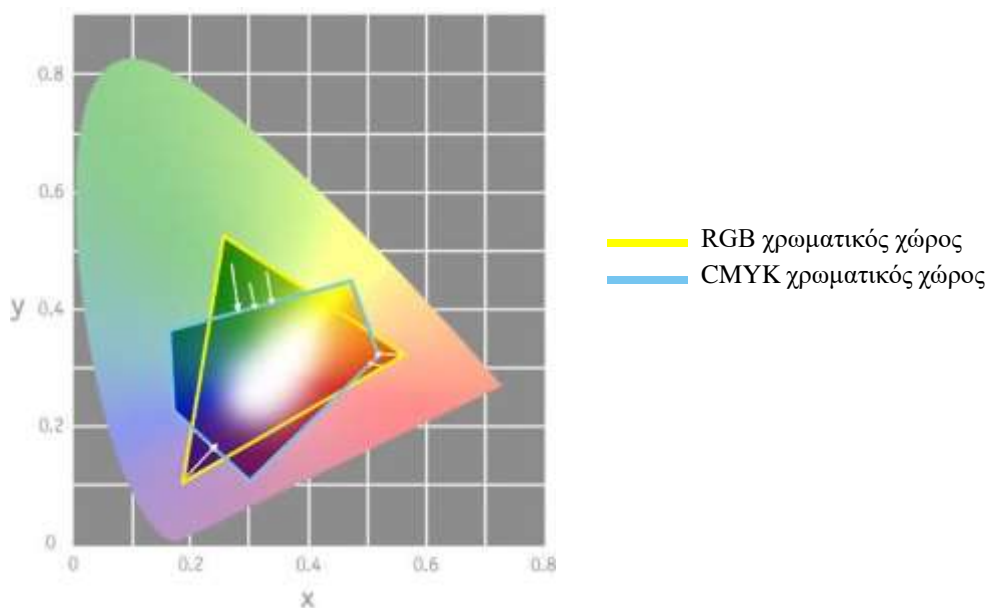
Παρά το γεγονός ότι στη σχετική χρωματομετρική υπάρχει κίνδυνος να αποκοπούν τα πολύ κορεσμένα χρώματα, εάν αυτά είναι λίγα ή μικρής χρωματικής σημασίας, μπορεί να προσφέρει μια καλύτερη μετατροπή με ένα μεγάλο ποσοστό χρωμάτων που παραμένουν αμετάβλητα, παρέχοντας έτσι χρώματα ακριβέστερα και φωτεινότερα. Έτσι, για να υπάρχει το καλύτερο αποτέλεσμα από αυτό της σχετικής χρωματομετρικής πρόθεσης απόδοσης απαιτείται ένα υψηλό επίπεδο γνώσης και ικανότητας από την πλευρά του χειριστή. Είναι κατάλληλη μέθοδος για τις φωτογραφίες όπου μόνο μερικά χρώματα είναι έξω από το φάσμα της παραγωγής.

Απόλυτη χρωματομετρική (Absolut Colorimetric)

Η απόλυτη χρωματομέτρηση λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και η σχετική αλλά διαφέρει στο μετασχηματισμό του λευκού και του μαύρου σημείου. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα εντός της αρχικής γκάμας χρώματα αντιστοιχίζονται απόλυτα στα ίδια χρώματα της κατεύθυνσης. Σχεδιάστηκε για δοκίμια όπου στόχος είναι να προσομοιώσουν την έξοδο των εκτυπωτών (μαζί με το λευκό σημείο).

Αν η συσκευή εξόδου έχει μια πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από το προφίλ προέλευσης, δηλαδή, όλα τα χρώματα στην πηγή μπορούν να εκπροσωπούνται στην έξοδο, η απόλυτη πρόθεση απόδοσης μπορεί να δώσει ακριβή αποτελέσματα των συγκεκριμένων αξιών CIELAB. Τα χρώματα εκτός της κλίμακας του συστήματος εκτύπωσης χαρτογραφούνται στο όριο της χρωματικής γκάμας.

Η απόλυτη χρωματομέτρηση είναι χρήσιμη για την μετατροπή εικόνων που περιέχουν χρώματα τα οποία πρέπει να μείνουν ακριβώς ίδια στη νέα εικόνα, για παράδειγμα τα χρώματα ταυτότητας όπως το μπλε της IBM, το πράσινο της Fuji, το κίτρινο της Kodak



Εικόνα 6.4. Απόδοση απόλυτης χρωματομετρικής

Πίνακας 2: Χρήση χρωματικής απόδοσης

Χρωματική απόδοση	Συνηθισμένη χρήση
Αντιληπτική (φωτογραφικές εικόνες)	Βέλτιστος για φωτογραφικές εικόνες. Όταν τα χρώματα μετατρέπονται από το χώρο χρωμάτων μιας συσκευής σε έναν άλλο, η σχέση μεταξύ των χρωμάτων διατηρείται. Αυτή είναι η αρχική ρύθμιση προεπιλεγμένου στόχου χρωματικής απόδοσης για τα Windows.
Σχετική χρωματομετρική (γραφικά)	Βέλτιστος όταν πρέπει να γίνει ακριβής αντιστοίχιση μερικών συγκεκριμένων χρωμάτων, όπως στην απόδοση γραφικών για λογότυπα. Αυτή είναι επίσης η βέλτιστη επιλογή για το τελευταίο στάδιο μετασχηματισμού στις προεπισκοπήσεις εκτύπωσης. Τα χρώματα που βρίσκονται εντός του επιτρεπόμενου χώρου χρωμάτων και για τις δύο συσκευές παραμένουν αμετάβλητα, αλλά τα υπόλοιπα χρώματα μπορεί να αλλάξουν, με αποτέλεσμα έναν συμπιεσμένο χρωματικό τόνο. Ο σχετικός χρωματομετρικός στόχος χρωματικής απόδοσης θα αντιστοιχίσει το άσπρο του χώρου χρωμάτων της συσκευής προέλευσης στο άσπρο του χώρου χρωμάτων της συσκευής προορισμού.
Απόλυτη χρωματομετρική (προσομοίωση χαρτιού)	Βέλτιστος για χρήση στο τελευταίο στάδιο μετασχηματισμού, όταν δημιουργούνται τα δείγματα σελίδας όπου θέλετε να αναπαραστήσετε το χρώμα χαρτιού στην έξοδο. Ο απόλυτος χρωματομετρικός στόχος διαφέρει από τον σχετικό χρωματομετρικό στόχο στο ότι το άσπρο του χώρου χρωμάτων προέλευσης δεν αντιστοιχίζεται στο άσπρο του χώρου χρωμάτων προορισμού.
Κορεσμός Επαγγελματικά γραφικά (διαγράμματα και γραφήματα)	Βέλτιστο για επαγγελματικά γραφικά στα οποία η ζωνρότητα του χρώματος είναι πιο σημαντική από τη ρεαλιστική απόδοση, όπως σε επαγγελματικά διαγράμματα και γραφήματα. Όταν τα χρώματα μετατρέπονται από το χώρο χρωμάτων μιας συσκευής σε έναν άλλο, η σχετική απόχρωση διατηρείται, αλλά τα χρώματα μπορεί να μετατοπιστούν.

7. Μέτρηση του χρώματος

Για τον αριθμητικό καθορισμό του χρωματικού ερεθίσματος, απαιτείται η μέτρηση με ειδικά όργανα ακριβείας τα οποία προσδιορίζουν την ποσότητα του χρώματος ενός δείγματος, μετρώντας την απορρόφηση, τη διαπερατότητα ή την ανάκλαση του φωτός, που προσπίπτει στο δείγμα από τη φωτεινή πηγή. Λειτουργούν όλα με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή, με τη μέτρηση φωτονίων μέσω ανιχνευτών που διαθέτουν. Τα τρία βασικά όργανα μέτρησης είναι το πυκνόμετρο, το χρωματόμετρο και το φασματοφωτόμετρο.

7.1. Πυκνόμετρα

Τα πυκνόμετρα είναι συσκευές μέτρησης της οπτικής πυκνότητας ενός φωτογραφικού ή ημιδιαφανούς υλικού ή μιας ανακλώσας επιφάνειας. Ουσιαστικά δεν μετρούν την οπτική πυκνότητα απευθείας αλλά τη διαφορά μεταξύ της έντασης του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια και του φωτός που λαμβάνει ο ανιχνευτής του οργάνου. Η αναλογία καλείται ανάκλαση (R) ή διαφάνεια (T) και εξαρτάται από το περιβάλλον και τα υλικά, όπως μελάνη στο χαρτί ή άργυρος στο φιλμ.

Υπάρχουν δύο τύποι πυκνομέτρων:

- Πυκνόμετρα ανάκλασης τα οποία χρησιμοποιούνται για την μέτρηση τυπωμένων εικόνων (αδιαφανή υποστρώματα)
- Πυκνόμετρα διέλευσης για την μέτρηση της πυκνότητας της μελάνης (διαφανή υποστρώματα)

Το πυκνόμετρο είναι ουσιαστικά μια πηγή φωτός με δέκτη/ανιχνευτή ένα φωτοηλεκτρικό κύτταρο. Το δείγμα τοποθετείται μεταξύ της φωτεινής πηγής και του φωτοηλεκτρικού κυττάρου. Η ποσότητα του φωτός που ανακλάται από την επιφάνεια του υποστρώματος και φτάνει στον δέκτη, μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένα ηλεκτρονικό όργανο συγκρίνει αυτό το ρεύμα με μια τιμή αναφοράς (ανάκλαση του «απόλυτου λευκού»). Η διαφορά αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό της συμπεριφοράς απορρόφησης του στρώματος του μελανιού που μετράται.

Χρωματικά φίλτρα στη διαδρομή των ακτίνων περιορίζουν το φως στις περιοχές μηκών κύματος που αντιστοιχούν στα χρώματα cyan, magenta, yellow και black. Σε ορισμένα πυκνόμετρα υπάρχουν φίλτρα πόλωσης με σκοπό να αποτρέψουν την εμφάνιση σημαντικών διαφορών μεταξύ στεγνού και νωπού μελανιού.

Τα πυκνόμετρα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του κορεσμού χρώματος κατά την εκτύπωση και την βαθμονόμηση των συσκευών που λαμβάνουν μέρος σε όλη τη ροή εργασίας.

7.2. Χρωματόμετρα

Τα χρωματόμετρα είναι όργανα απλής τεχνολογίας στα οποία η μέτρηση μιας απόχρωσης επιτυγχάνεται, με τη βοήθεια σειράς φίλτρων, ως εξής: εκπέμπουν ακτινοβολία από μια πηγή (xenon) και το ανακλώμενο φως από την επιφάνεια του δείγματος διέρχεται από τρία φίλτρα, κόκκινο, πράσινο και μπλε τα οποία προσομοιάζουν την τριχρωματική ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού. Το διερχόμενο φως αναλύεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, συγκρίνεται με ορισμένα standards και το χρώμα δίνεται σε τιμές X, Y και Z (σύστημα CIE 1931). Το χρώμα επίσης δίνεται σε τιμές L^* , a^* και b^* , οι οποίες προκύπτουν υπολογιστικά από τις τιμές X, Y, Z. Υπενθυμίζεται ότι η τιμή L^* χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα. Η τιμή a^* χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση χρώματος από πράσινο ($-a^*$) έως κόκκινο ($+a^*$). Η τιμή b^* χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση από κίτρινο ($+b^*$) σε μπλε ($-b^*$).

Οι μετρήσεις των χρωματομέτρων ανάγονται σε καθορισμένες συνθήκες παρατήρησης («φυσιολογικό παρατηρητή» και συγκεκριμένη γωνία παρατήρησης) καθώς και σε συγκεκριμένη πρότυπη φωτεινή πηγή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συνθήκες αξιολόγησης του χρώματος να είναι πάντα οι ίδιες ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες (νύχτα ή μέρα, εσωτερικός ή εξωτερικός χώρος).

7.3. Φασματοφωτόμετρα

Τα φασματοφωτόμετρα έχουν ως στόχο τη μέτρηση του χρώματος ενός αντικειμένου, μέσω της φασματικής ανακλαστικής ικανότητας της επιφάνειάς του. Τα όργανα αυτά δεν απομονώνουν τις απορροφήσεις σε συγκεκριμένα μόνο μήκη κύματος του φάσματος του ορατού φωτός, αλλά δίνουν πληροφορίες για την ανακλαστική ικανότητα σε όλα τα μήκη κύματος του ορατού φωτός. Επιτρέπουν δε παράλληλα, τη μετατροπή μιας μέτρησης σε διαφορετικά χρωματικά συστήματα και για διαφορετικές πρότυπες πηγές φωτισμού. Βασικά στοιχεία που αποτελούν τα φασματοφωτόμετρα είναι: ο **μονοχρωμάτορας** (αναλύει το φως στις διάφορες μονοχρωματικές περιοχές), ο **ανιχνευτής** και η **φωτεινή πηγή** (Σταθάκης Κ., 2002). Ως φωτεινή πηγή χρησιμοποιείται λάμπα αλογόνου και βολφραμίου για το ορατό φως και δευτερίου για το υπεριώδες (στην περίπτωση που η ευαισθησία του φασματοφωτομέτρου εκτείνεται στο υπεριώδες). Ο ανιχνευτής της δέσμης του φωτός μπορεί να είναι φωτοκύτταρο, φωτοδίοδος ή φωτοπολλαπλασιαστής. Τα πιο κοινά φασματοφωτόμετρα χρησιμοποιούνται στις ορατές και UV περιοχές του φάσματος, και μερικά από αυτά τα όργανα λειτουργούν και στην (κοντινή) υπέρυθη περιοχή. Τα φασματοφωτόμετρα ορατού-UV είναι κατάλληλα για την μέτρηση του χρώματος μόνο σε διαφανή στερεά έγχρωμα υλικά ή έγχρωμα διαλύματα.

Τα φασματοφωτόμετρα είναι όργανα υψηλής ακρίβειας, περισσότερο ακριβά και δαπανηρά από τα χρωματόμετρα. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών των

εργαστηριακών συσκευών, είναι ότι τα χρωματόμετρα μετρούν τις χρωματικές πληροφορίες που περιγράφουν το πώς γίνεται αντιληπτό το χρώμα ενός αντικειμένου, ενώ τα φασματοφωτόμετρα μετρούν τις φασματικές πληροφορίες του αντικειμένου με βάση τις ιδιότητες των υλικών που το συνθέτουν.

Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος Κ.Δ., Μαρίνος Δ.Ι., 1992, *Οπτική*, Αθήνα, Κοκοτσάκης
Αντωνιάδης Κ., Ελευθεριάδης Ι., Σταθάκης Κ., 2002, *Χρώμα*, ΕΑΠ, Πάτρα
Ορφανάκος Κ., 2004, *Χρωματομετρία Βασικές Αρχές*, Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη
Colour and Quality, Heidelberg, 1995/1999
Gernot Hoffmann, *CIE Color Space*
Kipphan, H. 2001, *Handbook of Print Media*, Springer Verlag, Berlin
Homann Jan-Peter, *Digital Color Management, Heidelberg*: Springer, Germany
Fraser, B., Murphy, C., and Bunting, F. (2005), *Real World Color Management*,
Second Edition, United States of America: Peachpit Press.
PSD Process Standard Digital, 2018, Fogra
Understanding Color Communication, X-Rite

www.prntbutton.gr

http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf

http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/ciexyz.html

http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html

<http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk>, <http://windows.microsoft.com/>

<http://www.inkline.gr/inkjet/newtech/color/cms.html#eisagogh>

James C. King, <http://color.org/index.xalter>

www.ugra.ch (UGRA, Center of Competence for Media and Printing Technology)

www.color.org (ICC, International Color Consortium)

www.bvdm.org (BVDM, Γερμανική Ομοσπονδία Εκτύπωσης και μέσων
ενημέρωσης)

www.eci.org (ECI, European Color Initiative)

www.fogra.org (FOGRA, Γερμανικό Τεχνολογικό Ίδρυμα για την προώθηση της
έρευνας στην βιομηχανία Γραφικών Τεχνών)

www.gracol.org (GRACol, General Requirements and Applications for Commercial
Offset Lithography)

www.swop.org (SWOP, specifications for Web Offset Publications)

https://www.eizo.com/library/basics/lcd_display_gamma/