

DOSSIER PRESTAMPA



La gestione digitale del colore



Mauro Boscarol

È laureato in matematica ed è stato per vent'anni docente universitario di informatica. Ora fa il consulente libero professionista nel settore grafico-editoriale tradizionale e online.

Pur trattandosi di una sensazione, il colore è misurabile, ma necessita di un'elaborata gestione per consentirne il trasferimento su supporti e piattaforme sempre diversi. Il tutto mantenendone inalterate le caratteristiche fisiche e percettive.

Lo scopo della gestione digitale del colore nel campo delle arti grafiche si enuncia molto semplicemente: si tratta di mantenere in stampa gli stessi colori della grafica originale, cioè gli stessi colori che il fotografo ha fotografato, il grafico ha previsto, il cliente ha chiesto. Infatti, se non si prendono opportuni provvedimenti, l'immagine di una rosa visualizzata su monitor come in figura 1, potrebbe apparire come in figura 2 in una prova colore e come in figura 3 quando stampata in offset.

L'obiettivo è dunque semplice da spiegare, tuttavia abbastanza complesso da realizzare, ma comunque realizzabile. Lo strumento principale della gestione digitale del colore è il profilo (di colore, appunto), una specie di carta di identità della macchina da stampa, della fotocamera digitale, del monitor e di ogni altra periferica coinvolta nella riproduzione. Per compilare questa carta di identità è necessario poter misurare il colore prodotto da una macchina da stampa, una stampante o un monitor e letto da uno scanner o da una fotocamera digitale.

Si può misurare il colore?

Il colore, com'è noto, è una sensazione mentale che deriva da uno stimolo fisico, la luce. Quest'ultima è facilmente e oggettivamente misurabile, ma la sensazione che ne deriva, come tutte le sensazioni, è soggettiva e non è in principio misurabile. Ciononostante ci hanno provato in molti: il primo è stato Isaac Newton, nel 1666, e dopo di lui decine di altri ricercatori e scienziati. All'inizio del Novecento era necessario collegare tra loro i singoli studi e tirare le fila e ciò è stato fatto dalla Cie (Commission Internationale de l'Eclairage) [www.cie.co.at/cie] che nel 1931 ha proposto una tecnica per misurare ogni singolo colore con tre numeri indicati

- 1** Una rosa visualizzata su monitor.
- 2** La stessa rosa stampata su una stampante a getto d'inchiostro.
- 3** Ancora la stessa rosa stampata in offset.

Correggere o gestire?

Correzione del colore e gestione del colore non sono sinonimi e spesso vengono confusi, mentre sono due cose profondamente diverse. Entrambe sono attività digitali, che si fanno con il computer, ma per il resto sono attività diverse, orientate a risolvere problemi diversi. La correzione del colore ha come scopo l'elaborazione dell'aspetto dell'immagine per renderla più attraente e gradevole. Per esempio aumentare il contrasto o eliminare una dominante di colore in un'immagine. I vecchi fotolitografi la chiamavano correzione secondaria, una nomenclatura non più utilizzata. La gestione del colore ha come scopo la riproduzione di un'immagine digitale proveniente da una periferica (fotocamera digitale, scanner) su un'altra periferica (monitor, stampante, macchina da stampa) in modo che i colori rimangano gli stessi. Per esempio, se si scatta una fotografia digitale, le tecniche di gestione del colore consentono di visualizzare precisamente i colori originali dell'immagine su qualunque monitor che sia in grado di farlo e su qualunque stampante (o macchina da stampa, o stampatrice) che sia in grado di stamparli. Il principale strumento della gestione digitale del colore è il profilo di colore, che è stato standardizzato da Icc (International Color Consortium). La correzione del colore è un'attività creativa, basata sulle capacità artistiche, sulla sensibilità estetica, sull'esperienza e sul talento dell'operatore. La gestione digitale del colore è una attività tecnologica che si avvale degli strumenti della scienza del colore (il principale dei quali è la colorimetria).



Coordinate	Green	Yellow	Red	Blue
X	6,3	36,3	16,4	2,9
Y	11,1	38,8	8,6	2,1
Z	5,3	6,2	0,9	10,3
x	0,3	0,4	0,6	0,2
y	0,5	0,5	0,3	0,1
L	39,7	68,6	35,2	15,9
a	-38,5	3,8	55,7	16,8
b	16,2	61,3	43,7	-44,6

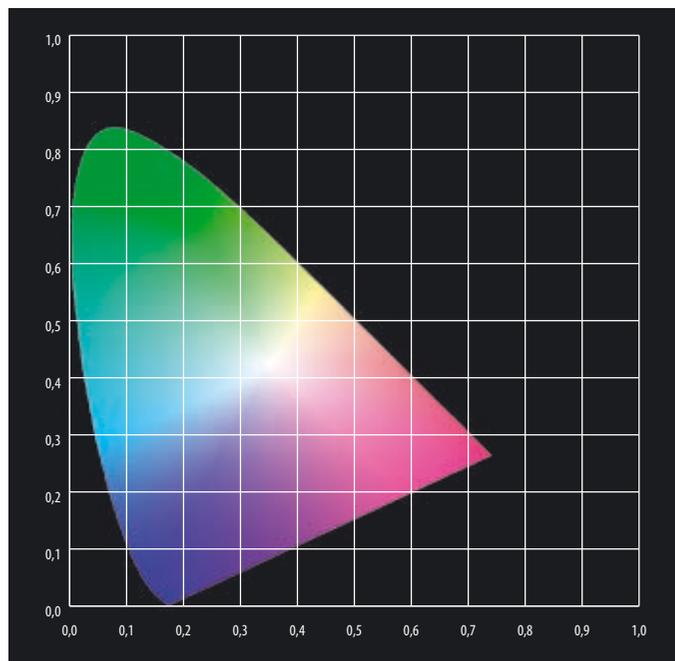
rispettivamente con le lettere X, Y e Z. Dunque è possibile misurare il colore, anche se si tratta di una sensazione? La risposta è affermativa se, come ha fatto la Cie, ci si riferisce a un singolo osservatore ipotetico, un osservatore standard di cui si fissano le caratteristiche dei fotorecettori della retina e inoltre se le modalità di osservazione sono anch'esse fissate: per la Cie l'osservazione deve essere fatta sotto un angolo di 2°.

Coordinate colorimetriche

Dunque dal 1931 ogni colore è individuato da tre coordinate colorimetriche X, Y e Z, così come ogni punto sulla terra è individuato dalla sua latitudine e longitudine. Usando queste coordinate è possibile individuare e comunicare con precisione il colore che si vuole stampare (vedi figura 4). E con uno strumento adeguato, un colorimetro, si possono misurare le coordinate colorimetriche di ogni colore. Una variante delle coordinate X, Y e Z (introdotta fin dal 1931) consiste nel mantenere Y (che corrisponde alla luminanza del colore) e, con apposite formule, trasformare le altre in x (minuscolo) e y (minuscolo) ottenendo le coordinate Yxy. Perché? Perché in questo modo si separa la luminanza dalla cromaticità, cioè la parte di «luminosità» dalla parte «cromatica» del colore. La parte xy, cioè il diagramma di cromaticità, è riportato in figura 5. Sorge subito l'esigenza di misurare differenze tra colori: se chiedo a un tipografo di stampare un giallo di coordinate 36, 39 e 6 e alla misura il colore si rivela essere 35, 39 e 8 di quanto differiscono i due colori? Ai miei studenti insegno che il calcolo si fa con il teorema di Pitagora, ma sono sicuro che ai miei lettori sia superfluo farlo notare.

4
Coordinate colorimetriche XYZ, xy e Lab di quattro colori.

5
Il diagramma di cromaticità CIE 1931.



Il risultato è comunque poco più di 2, e questo numero si potrebbe prendere come differenza tra i due colori. In realtà non si può fare, per un motivo abbastanza sottile. Infatti, per come sono definiti i numeri X, Y e Z, risulta che due colori che differiscono, diciamo, di 2 possono essere, per la nostra sensazione, quasi uguali (per esempio due verdi) o molto diversi (per esempio due gialli) secondo la «zona» dove i colori si trovano. In altre parole i numeri X, Y e Z non sono adatti per calcolare differenze di colore. La Cie ha affrontato questo problema e ne ha dato una soluzione nel 1976. Si tratta di prendere, invece di X, Y e Z, altre tre coordinate, che sono state chiamate L, a e b e che derivano dalle prime mediante formule matematiche (vedi figura 4). Nello spazio Lab è finalmente possibile applicare il teorema di Pitagora e trovare differenze di colore che corrispondono alla nostra sensazione. Le differenze si indicano con ΔE (E è l'iniziale della parola tedesca Empfindung, che significa «sensazione» appunto). Abbiamo dunque tre tipi di coordinate colorimetriche: che si incontrano nel campo delle arti grafiche:

- **XYZ**
le coordinate colorimetriche principali;
- **Yxy**
derivano da XYZ e mettono in evidenza separatamente la luminanza (Y) e la cromaticità (x e y);

➤ Lab

derivano da XYZ e servono a misurare differenze di colore; L è la chiarezza.

Gamut e caratterizzazione

Nessuna stampante, nessuna macchina da stampa, nessun monitor può riprodurre tutti i colori che l'essere umano vede. Ogni stampante, macchina da stampa, monitor può riprodurre solo una parte di questi colori. L'insieme dei colori riproducibili (da una periferica) è detto il gamut (di quella periferica). Gamut si traduce in italiano con gamma (nel senso di scala, estensione), ma la parola italiana gamma ha anche altri significati: in particolare è il nome della terza lettera dell'alfabeto greco γ . Fortunatamente la lingua inglese ha due parole diverse: gamma per indicare la lettera greca e gamut nel senso di scala, estensione. Dunque uso anch'io gamma e gamut per distinguere questi due significati. Prendiamo un monitor a colori. Sappiamo che è pilotato da tre segnali digitali (rispettivamente per il rosso, il verde e il blu) ognuno dei quali può valere da 0 a 255. Per descrivere il gamut di questo monitor possiamo procedere come segue. Si tratta di costruire una tabella (vedi figura 6) che riporta tutte le possibili combinazioni di valori R, G e B a partire da R = 0, G = 0, B = 0 fino a R = 255, G = 255, B = 255. Queste

R	G	B	X	Y	Z
...
88	105	50	0,15	0,18	0,05
88	105	51	0,15	0,18	0,06
...

9 La caratterizzazione di un monitor è una tabella di oltre 16 milioni di righe che rappresenta il suo gamut.

C	M	Y	K	X	Y	Z
...
60	0	50	0	0,28	0,39	0,26
60	0	50	1	0,27	0,39	0,25
...

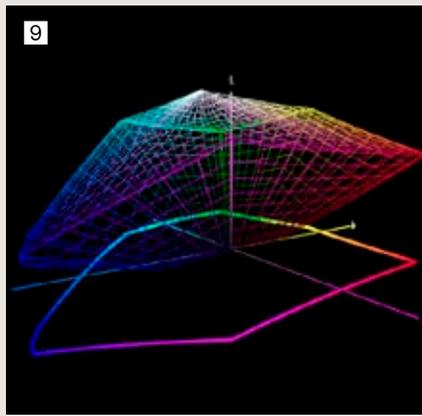
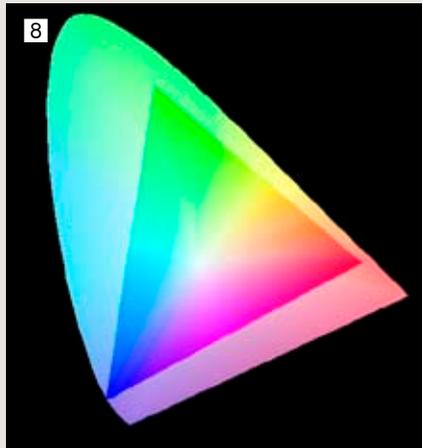
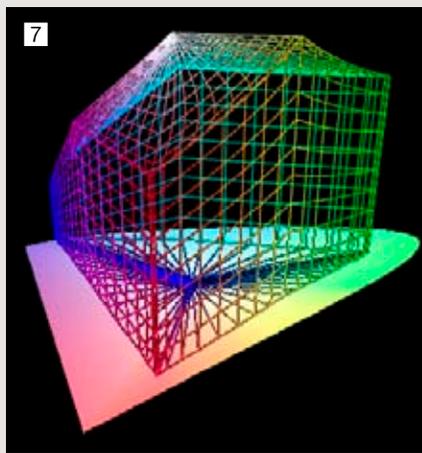
10 La caratterizzazione di una macchina da stampa offset è una tabella di 100 milioni di righe che rappresenta il gamut della combinazione macchina/carta/inchiostri.

combinazioni sono $256 \times 256 \times 256$ cioè oltre 16 milioni (precisamente 16.777.216). Per ognuna di queste terne RGB, il monitor in questione produce un diverso colore del quale si possono misurare (con un colorimetro) e annotare in tabella le coordinate colorimetriche (XYZ, Yxy oppure Lab). (In pratica si tratta di fare oltre 16 milioni di misurazioni, una impresa quasi impossibile. Se per fare e annotare una misurazione ci si mette 1 secondo, per farle tutte ci si metterebbe più di 6 mesi, e la tabella occupa quasi 100 Mbyte. Ma per ora siamo interessati solo alla costruzione concettuale di questa tabella e i problemi pratici non ci impediscono di proseguire).

Questa tabella è la caratterizzazione del monitor e l'insieme delle terne X, Y, Z elencate in tabella rappresenta l'insieme dei colori che il monitor è in grado di produrre, cioè il suo gamut (che si può dare anche in Yxy oppure in Lab, vedi figure 7-9; tutti i diagrammi di gamut riprodotti in questo articolo sono stati creati con l'applicazione ColorThink di Chromix (www.chromix.com)).

Nel piano xy la proiezione del gamut sul diagramma delle cromaticità xy fornisce una rappresentazione bidimensionale, che per un monitor è sempre un triangolo i cui spigoli sono i colori primari del display stesso (vedi figura 8).

La tabella di caratterizzazione può essere costruita anche per una macchina da stampa offset. È importante la carta sulla



quale si stampa e gli inchiostri utilizzati, per cui la caratterizzazione di una macchina offset è in realtà la caratterizzazione della combinazione macchina/carta/inchiostri. Ogni colore che la combinazione macchina/carta/inchiostri può produrre viene indicato con le percentuali degli inchiostri CMYK, stampato e poi misurato, vedi figura 10. (La costruzione della tabella di caratterizzazione di qualunque altro tipo di stampante, a getto d'inchiostro, laser, su carta fotografica ecc. è analoga a quella della macchina offset.) Come nel caso del monitor, l'insieme di tutti i colori presenti nella tabella di caratterizzazione costituisce il gamut della

7 Il gamut di un monitor nello spazio Yxy.

8 La proiezione del gamut di fig. 7 sul diagramma delle cromaticità.

9 Il gamut di fig. 7 nello spazio Lab: la proiezione sul piano ab non è un triangolo.

macchina offset. Il gamut bidimensionale di una macchina offset (e di qualunque altra stampante) non ha, nel diagramma delle cromaticità, una forma geometrica ben definita come il gamut del monitor: è una specie di triangolo con i lati curvi e con gli «spigoli» che corrispondono ai colori degli inchiostri (figure 11-13). Osservando il grafico bidimensionale del loro gamut (figure 8 e 12) è evidente che sia un monitor sia una macchina da stampa non sono in grado di riprodurre l'insieme completo dei colori.

Una conseguenza di ciò riguarda direttamente queste pagine: la corretta riproduzione a stampa di un diagramma di cromaticità è impossibile e quelli riportati qui sono soltanto approssimazioni indicative.

Una matrice al posto di una tabella

Nel caso di un monitor è possibile evitare di creare l'intera tabella di caratterizzazione a priori implementando un algoritmo che, quando riceve in ingresso una terna di valori RGB, fornisce le coordinate colorimetriche XYZ (o Yxy o Lab). In informatica questo è un tipico esempio di conoscenza procedurale, l'algoritmo, rispetto alla conoscenza enciclopedica, la tabella. L'algoritmo consente di rappresentare il gamut di una periferica con un numero ridotto d'informazioni (coordinate dei primari, del bianco, e pochi altri): pochi numeri invece di oltre cento milioni. L'esistenza di questo algoritmo, il cui principio è stato individuato per la prima volta dallo scienziato inglese Isaac Newton nel 1666, ha l'importante conseguenza pratica che il gamut di un monitor può

essere rappresentato in un file di pochi byte (molto meno di 1 Kbyte) mentre il gamut di una stampante (per il quale non esiste un algoritmo) va specificato con una tabella che richiede circa 600 Mbyte di memoria (100 valori di C, altrettanti per M, Y e K fanno 100 milioni di righe, per ognuna delle quali vanno indicati 6 numeri).

Conversione di colore

Con le tabelle di caratterizzazione sottomano ci si può fare un'idea di come può essere risolto il problema della gestione del colore. Prendiamo per esempio una immagine visualizzata su un monitor RGB e che deve essere stampata su una macchina CMYK. Come mantenere, in stampa, gli stessi colori che si vedono su monitor? La risposta è in principio molto semplice. Partiamo dal primo pixel in alto a sinistra dell'immagine e supponiamo che valga $RGB = (88, 105, 50)$.

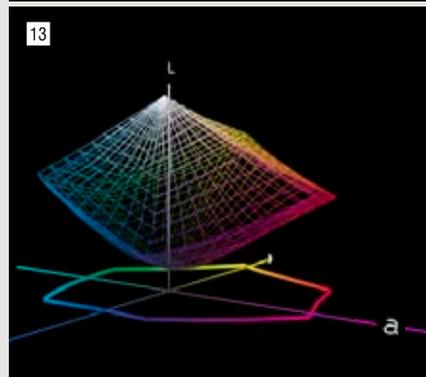
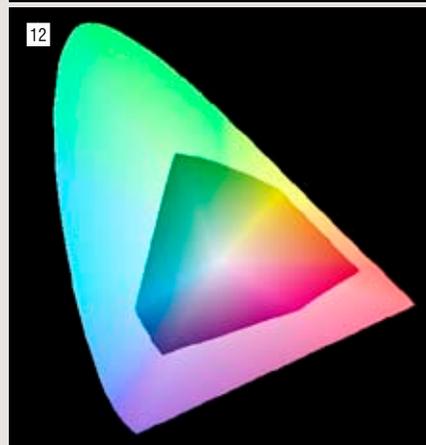
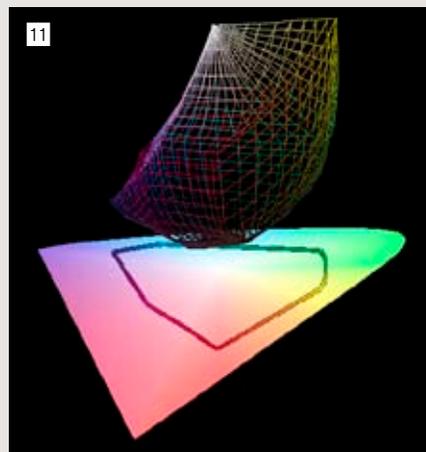
Cerchiamo questi valori nella tabella di caratterizzazione del monitor e troviamo

R	G	B	X	Y	Z
88	105	50	0,15	0,18	0,05

Cerchiamo nella tabella di caratterizzazione della macchina offset una riga con gli stessi valori XYZ e troviamo

C	M	Y	K	X	Y	Z
66	43	88	22	0,15	0,18	0,05

Possiamo concludere che il colore del primo pixel, che sul quel monitor si visualizza con i numeri $RGB = (88, 105, 50)$, viene prodotto da quella macchina offset con le percentuali $CMYK = (66, 43, 88, 22)$. E si procede così per ogni pixel dell'immagine. La conversione di colore che c'interessa di più è naturalmente quella che abbiamo appena visto, dove l'origine è un monitor e la destinazione è una macchina da stampa. Tuttavia una conversione di colore si può fare con tutte le combinazioni di periferiche. Le periferiche usate in computer grafica sono di quattro tipi generali: il monitor (Crt, Lcd, plasma), le varie macchine da stampa (macchine offset, stampanti desktop, stampatrici fotografiche), i vari tipi di scanner e di fotocamere digitali. Ogni periferica si può caratterizzare e le possibili conversioni di colore hanno queste origini e destinazioni:



11 Il gamut di una macchina offset nello spazio Yxy.

12 La proiezione del gamut di fig. 11 sul diagramma delle cromaticità.

13 Il gamut di fig. 11 nello spazio Lab.

Motore di colore

Il software che realizza in pratica la conversione di colore si chiama motore di colore (in inglese color engine, ma anche color management module, Cmm). Per fare una buona conversione il motore di colore deve avere alcune «capacità». Per esempio le tabelle di caratterizzazione di monitor e macchina offset, come detto, non si possono costruire completamente: ci si metterebbe troppo tempo e diventerebbero enormi. L'alternativa è costruire solo alcune righe della tabella, qualche migliaio invece di diversi milioni. Al momento della consultazione, dunque, il motore di colore dovrà «interpolare» tra le righe di questa tabella ridotta. Ancora: se invece della tabella viene usata la matrice, il motore di colore dovrà essere in grado di eseguire l'algoritmo a partire dai dati contenuti nella matrice. Insomma, il motore di colore deve vedersela con una serie di problemi pratici per rispondere a domande del tipo «quali valori CMYK corrispondono a questi valori RGB?» cioè per poter eseguire una conversione di colore.

Intenti di rendering

Nell'esempio di conversione colore precedente non è stato considerato un dettaglio importante. Abbiamo cercato nella tabella di caratterizzazione della macchina offset una riga con certi valori XYZ, e una volta trovata abbiamo concluso che quel certo colore RGB si può stampare con quelle percentuali CMYK. Ma quella riga, con quei valori XYZ, potrebbe non esserci nella tabella di caratterizzazione della macchina da stampa. Ciò significherebbe che quel colore, su quella macchina offset, non può essere prodotto, cioè è fuori gamut. Insomma, un colore che si vede sul monitor non necessariamente può essere prodotto in stampa, una situazione che abbiamo già visto. Sovrapponendo il gamut di un monitor

Origine	Destinazione
Monitor	Monitor
Monitor	Stampa
Stampa	Monitor
Stampa	Stampa
Scanner	Monitor
Scanner	Stampa
Fotocamera	Monitor
Fotocamera	Stampa

Da notare che monitor e stampa possono essere sia l'origine, sia la destinazione della conversione. Scanner e fotocamera, invece, possono essere soltanto l'origine.



Breve storia di ColorSync e di Icc

Nel 1988 Robin Myers riceve da Apple l'incarico di progettare un sistema di gestione del colore per il sistema operativo Macintosh. Myers programma ColorSync, un sistema aperto, con profili solo Rgb e a matrice, e un unico Cmm trasparente per l'utente.

ColorSync si basa sullo spazio XYZ e ha due intenti di rendering (che non si chiamano ancora così): colorimetrico relativo e colorimetrico assoluto. La prima versione fa parte di Mac OS 7.5 distribuito nel 1993. Già nel 1992, in un meeting di Fogra a Monaco di Baviera, in Germania, i produttori di hardware e software mostrano di essere interessati a questo sistema unificato di gestione del colore. L'anno successivo viene fondato Apple ColorSync Consortium, la cui prima riunione si tiene nella sede di Sun Microsystem a Palo Alto, California. Presto i membri del consorzio si convincono che lo standard da sviluppare deve essere multiplatforma e nel 1993 l'organizzazione diventa totalmente indipendente con il nome di **International Color Consortium (Icc)** [www.color.org].

Gli otto membri fondatori sono Adobe, Agfa, Apple, Kodak, Taligent, Microsoft, Sun e Silicon Graphics. Oggi i membri di Icc sono più di 60 e l'iscrizione è aperta a tutte le società interessate alla gestione digitale del colore. Icc ha lo scopo di sviluppare e

mantenere uno standard aperto, a livello di sistema operativo e multiplatforma per la gestione digitale del colore e a questo scopo pubblica proprie specifiche di modalità di costruzione e uso dei profili di colore. I profili di colore conformi a tali specifiche sono chiamati profili Icc. Il lavoro di Icc è organizzato in gruppi dedicati a specifici argomenti. Attualmente i gruppi sono Architecture, Chromatic Adaptation Transform, Communications, Graphic Arts, Workflow e Profile Assessment. I risultati dei lavori del Consortium sono pubblicati nelle specifiche ufficiali dei profili Icc.

La versione più recente di tali specifiche è dell'aprile 2004, e i profili conformi a questa specifica hanno il numero di versione 4.2. Le precedenti specifiche definiscono i profili versione 2 (2.0, 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4) e sono state pubblicate a partire dal 1993. La versione 1 si riferisce ai primi profili ColorSync, non ancora Icc, e la versione 3 non è mai esistita. Nel frattempo Apple ha continuato a sviluppare ColorSync, come parte di Mac OS responsabile della gestione del colore secondo le specifiche Icc. Nel 1995 Apple ha acquisito i diritti del motore di colore Linotype e lo ha incorporato nella versione 2 di ColorSync. Nel 2001 ColorSync è arrivato alla versione 4 ed è stato integrato in Mac OS X.

e quello di una macchina offset (figure 14 e 15) ci si rende conto meglio del problema, cioè che ci sono colori che:

- ▶ si possono visualizzare su monitor ma non si possono stampare;
- ▶ si possono stampare ma non visualizzare;
- ▶ non si possono né visualizzare né stampare;
- ▶ si possono visualizzare e anche stampare.

Questo significa che, per esempio con i gamut indicati in figura 14, che si riferiscono a un dato monitor e a una data macchina offset (con certa carta e certi inchiostri) non c'è nessuno modo di stampare un rosso saturo RGB = (255, 0, 0), che su monitor si vede, sulla macchina offset. Così come non è possibile vedere, su quel monitor, un ciano al 100% che ovviamente si può invece stampare.

Come si procede in questo caso?

Se un colore è fuori dal gamut di stampa, non ci sono magie che consentano di riprodurlo. Quella stampante quel colore non lo stampa e il discorso è chiuso. Rimane però la possibilità di riprodurre un colore «approssimato», non precisamente quello che volevamo, ma uno simile. Naturalmente l'approssimazione deve essere plausibile, ragionevole.

Se devo riprodurre un certo rosso che è fuori del gamut di stampa, non è ragionevole riprodurre un verde, ma può essere ragionevole riprodurre un rosso diverso: per esempio meno saturo, oppure più chiaro, oppure più scuro. I metodi di riproduzione approssimata di un colore che non c'è si chiamano intenti di rendering, e i principali intenti di rendering sono due:

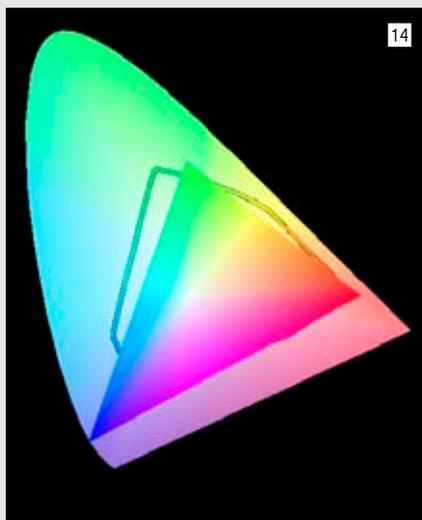
▶ **intento di rendering colorimetrico;**

▶ **intento di rendering percettivo.**

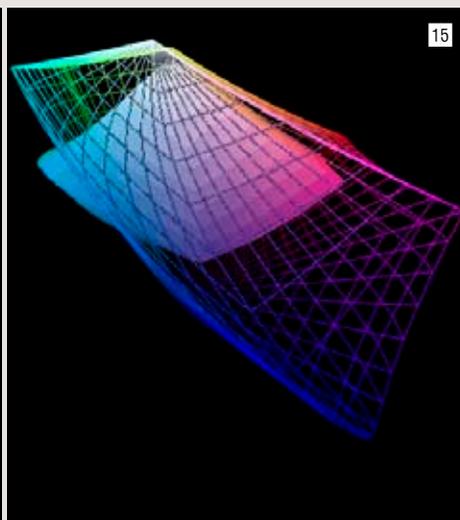
L'intento di rendering colorimetrico funziona così: se il colore da riprodurre appartiene al gamut di destinazione viene riprodotto com'è, se non appartiene al gamut di destinazione viene modificato in modo che entri nel gamut.

L'intento di rendering percettivo funziona così: tutti i colori del gamut di origine vengono modificati in modo che entrino nel gamut di destinazione. La scelta dell'intento di rendering spetta all'utente che fa la conversione.

Se l'utente sceglie l'intento colorimetrico, alcuni colori (quelli presenti nel gamut di destinazione) saranno riprodotti esattamente come sono, altri colori (quelli fuori gamut di destinazione) saranno modificati. Invece, se viene scelto l'intento percettivo tutti i colori saranno modificati.



14 Il gamut di un monitor (triangolare) sovrapposto al gamut di una macchina offset.



15 I due gamut di fig. 14 in rappresentazione 3D; si noti che il ciano di questa macchina offset non è visualizzabile su questo monitor.

Cms e profili di colore

Un sistema che si basi sui principi indicati nelle righe precedenti si chiama sistema di gestione del colore (Color Management System, Cms). Esistono diversi sistemi di gestione colore «proprietary», e due sistemi «aperti»: quello standardizzato dall'International Color Consortium (Icc, vedi riquadro) e quello sviluppato da Adobe nel linguaggio PostScript, chiamato PostScript Color Management (Pcm). Tutti questi sistemi, quelli proprietari e quelli aperti, in realtà non usano le tabelle di caratterizzazione per la conversione di colore, ma loro estensioni

che si chiamano profili di colore.

I profili sono implementati diversamente dalle diverse tecnologie di gestione del colore, anche se l'idea generale è sempre quella descritta.

La tecnologia Icc

A partire dalla tabella di caratterizzazione, Icc costruisce la propria idea di profilo e di motore di colore, precisandola come segue.

Quattro intenti di rendering

Lo standard Icc prevede quattro intenti di rendering:

- ▶ **colorimetrico relativo;**
- ▶ **colorimetrico assoluto;**
- ▶ **percettivo;**
- ▶ **saturazione.**

Del percettivo ho già detto. Del saturazione posso dire che è un intento il cui scopo non è mantenere la tinta del colore, ma la sua saturazione: è adatto per la riproduzione di grafici statistici, carte geografiche, schemi. Non è adatto per le arti grafiche.

supporta. L'unico intento che non ha mai una tabella è il colorimetrico assoluto, perché questa tabella viene calcolata dal motore di colore Icc a partire da quella del colorimetrico relativo.

Profilo intelligente, motore stupido

Il motore di colore Icc si limita a compiti di calcolo, interpolazione e altri che vedremo in dettaglio più avanti. Tutta l'«intelligenza» è contenuta staticamente nei profili, e questo fatto viene espresso dicendo che, lo standard Icc è basato sul paradigma «profilo intelligente, motore stupido».

Il profilo è bidirezionale

Lo standard Icc prevede che lo stesso profilo possa essere utilizzato sia quando è l'origine che quando è la destinazione della conversione di colore.

Questo significa che il profilo di un monitor e il profilo di una stampante (le uniche periferiche che possono essere sia di origine che di destinazione) deve contenere, per

ogni intento di rendering, sia la tabella che va da coordinate di periferica a coordinate colorimetriche (usata quando il profilo è l'origine della conversione), sia la tabella che va da coordinate colorimetriche a coordinate di periferica (usata quando il profilo è la destinazione della conversione).

I profili di scanner e fotocamera sono unidirezionali, perché queste periferiche possono essere usate solo come origine,

non come destinazione.

Lo spazio deve essere XYZ o Lab

Come spazio colorimetrico di un profilo (che Icc chiama Profile Connection Space, Pcs), deve essere utilizzato uno di questi due spazi

- ▶ **Cie 1931 con coordinate XYZ;**
- ▶ **Cie 1976 con coordinate**

Lab e bianco D50.

Nessun altro Pcs è supportato da Icc. Ogni profilo Icc deve essere basato su uno di questi Pcs e ogni motore di colore Icc deve supportarli entrambi.

Matrice o tabella

Per i profili di monitor, scanner e fotocamera (cioè per tutti meno le stampanti) le specifiche Icc prevedono che le tabelle possano essere effettivamente presenti nel profilo oppure che possano essere costruite sul momento dal motore di colore. In quest'ultimo caso il motore di colore, sulla base di pochi dati (la «matrice») implementa un algoritmo di conversione da coordinate di periferica a coordinate colorimetriche XYZ (le uniche consentite in questi casi) e viceversa, con un unico intento di rendering.

Motore di colore

È un software, che può essere a livello di sistema operativo, di applicazione o di driver di stampa e che viene chiamato in molti modi: motore di colore (color engine), ma anche color matching module o color matching method, abbreviato in Cmm.

Profili di periferica e profili speciali

Le specifiche Icc prevedono le seguenti classi di profili di periferica:

- ▶ **input** (scanner, fotocamera);
- ▶ **display** (monitor);
- ▶ **output** (macchine da stampa, stampanti, stampatrici).

e le seguenti classi di profili speciali, non di periferica:

- ▶ **abstract**, per descrivere una singola conversione da Pcs a Pcs;
- ▶ **colorspace**, per descrivere la conversione diretta e inversa tra un Pcs e un altro spazio, per esempio Lab D65, Luv, Yxy;
- ▶ **devicelink**, per collegare direttamente tra loro due periferiche, senza utilizzare un Pcs intermedio;
- ▶ **namedcolor**, per la gestione dei colori di libreria, per esempio Pantone, Focaltone, Trumatch.

Un profilo di classe abstract può essere utilizzato per consentire alle applicazioni (che supportano questa classe di profili) di realizzare variazioni soggettive di colore, come per esempio aumentare il giallo su una periferica, senza modificare il profilo della periferica. Il profilo di classe abstract consente dunque di realizzare una sorta di editing non distruttivo del profilo di una periferica. Un profilo di classe colorspace contiene due tabelle (o metodi) che

Adobe PostScript

Adobe PostScript è un linguaggio di programmazione orientato alla stampa, sia su stampanti da scrivania (laser, getto d'inchiostro) sia su macchine per stampa (offset, digitali).

Un programma PostScript viene eseguito nel Rip di una stampante e il risultato di tale esecuzione è un elenco (in memoria) degli oggetti grafici e delle immagini (tutti descritti in vettoriale) che vengono successivamente rasterizzati e resi su carta mediante inchiostri. Il linguaggio PostScript è arrivato alla terza generazione o, come dice Adobe, al terzo livello (tra parentesi la data di pubblicazione):

- PostScript Level 1 (1985);
- PostScript Level 2 (1991);
- PostScript Level 3 (1997).

PostScript Level 1 può descrivere solo scale di grigi e colori RGB, senza profilo (device dependent). Da Level 2 (antecedente a ColorSync e alle specifiche Icc) PostScript può descrivere anche colori CMYK senza profilo. I colori senza profilo, in PostScript, vengono indicati con il prefisso *Device*, rispettivamente: DeviceRgb; Device CMYK; DeviceGray.

Veniamo alle due varianti del colorimetrico, relativo e assoluto: hanno a che fare con la conversione del bianco. L'intento colorimetrico assoluto porta il bianco d'origine nel colore di destinazione che ha le stesse coordinate colorimetriche (e che può non essere bianco); invece l'intento colorimetrico relativo porta il bianco d'origine nel bianco di destinazione anche se ha coordinate colorimetriche diverse.

Una tabella per ogni intento

Le specifiche Icc prevedono che il profilo contenga tante tabelle quanti sono gli intenti di rendering che il profilo

convertono da uno spazio qualunque (per esempio Lab, XYZ, RGB, Ycc) a Lab o XYZ (cioè un Pcs) e viceversa. Un profilo devicelink è la concatenazione di due profili di periferica. Si tratta quindi di un profilo che collega due specifiche periferiche (e quindi dipende da queste periferiche) tra di loro. Non può essere incorporato in un file. Un profilo di classe devicelink può essere utilizzato per esempio nel proofing, perché la conversione dalla stampante CMYK finale alla stampante CMYK di prova è fissa. Un profilo di classe namedcolor contiene una lista di nomi di colori (per esempio dei campionari Pantone, Focaltone, Trumatch) e i valori di periferica necessari per riprodurli su una periferica specifica (per esempio Epson Stylus Photo 1200) con una certa carta e certi inchiostri. Il metodo è device-dependent e il Cmm è essenzialmente irrilevante. Questo tipo di profilo può essere incorporato in un file. Un profilo namedcolor viene usato assieme al profilo della periferica di output: questo meccanismo deve essere realizzato a livello di applicazione. Funziona così: si sceglie il profilo Icc della periferica di output come al solito. Questo profilo viene usato quando si lavora con immagini bitmap e colori senza nome (non spot). Quando si usano colori con nome (Pantone) viene agganciato in maniera trasparente il profilo namedcolor. Per il monitor si userà un profilo namedcolor costruito per il monitor; per la stampa un profilo namedcolor costruito per la stampa (stampante finale o stampante di prova).

Livello di implementazione

La tecnologia Icc può essere implementata a livello di applicazione o di sistema operativo. Un esempio di implementazione a livello di applicazione è quello che Adobe ha incorporato in Photoshop, Illustrator, InDesign e Acrobat. Il motore di colore utilizzato si chiama Adobe Ace (Adobe Color Engine). Invece esempi di implementazione a livello di sistema si trovano in Mac OS e Mac OS X, dove la parte che si occupa della gestione del colore secondo le specifiche Icc si chiama ColorSync (ora alla versione 4) e in Windows 98, 2000 e Xp dove si chiama Icm (Image Color Management, ora alla versione 2). In Windows 95 e Nt non esiste alcun Cms

implementato a livello di sistema operativo. Avere una parte del sistema operativo che si occupa di gestione del colore semplifica la vita all'utente, perché offre alle applicazioni, alle periferiche e agli altri componenti del sistema operativo un metodo comune per il controllo e la conversione dei colori tra periferiche. In dettaglio, può offrire un database di profili, una interfaccia comune, un controllo comune dei profili delle periferiche e dei profili di default (per i file nuovi o senza profilo), un comune formato dei profili (Icc nel nostro caso), un motore di colore di default (e la possibilità di usarne altri) e la possibilità di accedere alla Api (Application Programming Interface), cioè la possibilità per le applicazioni di poter utilizzare le funzioni e le routine più comuni che il Cms ha già implementate. Le applicazioni, a loro volta, possono basarsi completamente sulla architettura di gestione colore del sistema oppure avere una propria architettura che utilizza solo in parte gli strumenti messi a disposizione dal sistema operativo.

La tecnologia Pcm

Da Level 2, PostScript contiene un proprio sistema di descrizione del colore e da Level 3 (più precisamente dalla versione 2016 del Level 2) ha un proprio sistema di gestione del colore completo di profili, intenti di rendering e motore di colore. Questo sistema, detto PostScript Color Management (Pcm), agisce, come è intuibile, solo in fase di stampa, precisamente all'interno di un Rip PostScript. Come in Icc, la conversione di colore in PostScript può essere effettuata solo se sono presenti un profilo di origine e uno di destinazione. Il profilo di origine (che converte da coordinate di periferica a coordinate colorimetriche) è specificato nel programma PostScript che viene caricato nel Rip; il profilo di destinazione (che converte da coordinate colorimetriche a coordinate di periferica) è il profilo della stampante, che risiede nel Rip della stampante.

Profili PostScript: Csa e Crd

In PostScript dunque, tra profilo di origine e profilo di destinazione vi è

una naturale separazione: il primo sta nel programma PostScript, il secondo sta nel Rip stesso. Per questo motivo il profilo PostScript è unidirezionale: il profilo di origine, che sta nel programma PostScript e converte da coordinate di periferica a coordinate colorimetriche, è detto color space array, Csa; il profilo di destinazione, che sta nel Rip e converte da coordinate colorimetriche a coordinate di periferica, è detto color rendering dictionary, Crd e può contenere un unico intento di rendering. Csa e Crd esistono solo come istruzioni del linguaggio PostScript, non come file, e sono espressi in termini dello spazio colorimetrico XYZ. In PostScript, i colori che fanno riferimento a un profilo PostScript sono detti CieBased (perché sono basati sullo spazio Cie XYZ).

Funzionamento di Pcm

PostScript Color Management funziona così:

- ▶ Le istruzioni PostScript vengono trasmesse al rip per l'interpretazione e la stampa successiva, e nel flusso dei dati (printing stream) viene inserito anche il Csa che contiene (o i Csa che contengono) le informazioni per convertire i dati di colore (per esempio RGB) dallo spazio di origine allo spazio XYZ.
- ▶ Nel Rip risiede il Crd, il profilo che contiene le informazioni per trasformare da coordinate XYZ a percentuali di inchiostro di quella stampante.
- ▶ Quando le istruzioni PostScript con il relativo Csa arrivano al Rip, l'interprete PostScript (che funziona come motore di colore) converte i dati di colore (per esempio RGB) in XYZ e, sulla base del Crd, esegue la procedura di rendering programmata, che converte i colori da XYZ in percentuali di inchiostri della stampante.

Il modo in cui tale conversione viene effettuata è definito dal programmatore del Rip usando quelle che in PostScript sono dette color rendering procedures.

Confronto tra Icc e Pcm

Ognuna delle due tecnologie aperte di gestione del colore, Icc e Pcm, usa la propria idea di profilo, di intento di rendering, di motore di colore. Le due tecnologie

tuttavia non sono in conflitto tra loro ma si complementano e integrano a vicenda.

Gestione del colore on-host e in-Rip

Infatti la gestione del colore basata sulle specifiche Icc è fatta on-host (cioè su un computer). La conversione di colore da un profilo di origine a un profilo di destinazione avviene (in maniera trasparente o sotto il controllo dell'utente) nelle applicazioni (application-level) o nel driver di stampa (driver-level).



Invece la gestione del colore PostScript viene fatta in-Rip, cioè esclusivamente in fase di stampa, all'interno di un Rip PostScript Level 3. La conversione di colore da un Csa a un Crd avviene sotto il controllo del Rip (i cui parametri possono essere impostati dall'utente). L'ambito di applicazione di Pcm è quindi dal driver di stampa in poi. Le due tecnologie possono essere contemporaneamente presenti solo nel driver di stampa PostScript, cioè nel momento in cui finisce la gestione dell'immagine on-host e comincia quella in-Rip.

Diversi ma compatibili

Pcm e Icc non sono mondi separati e non comunicanti. Un Csa e la parte di origine (da periferica a Pcs) di un profilo Icc contengono essenzialmente gli stessi dati, e così un Crd e la parte destinazione (da

Pcs a periferica) di un profilo Icc. Dunque, trasformare un profilo Icc di periferica in Csa o Crd e viceversa è semplice, si fa con formule matematiche, senza perdita d'informazione.

ColorSync include funzioni per convertire un profilo di periferica in Csa o Crd, anche durante la stampa PostScript. Manca invece il supporto della gran parte delle applicazioni.

Vantaggi e svantaggi

Dal punto di vista della filosofia del flusso di lavoro, l'idea del PostScript Color Management è affascinante perché lascia il compito della conversione al Rip, nel momento della stampa. In questo modo il carico di lavoro è distribuito e il computer è meno sovraccaricato.

A favore dei profili PostScript può essere detto che un Csa è normalmente più compatto di un profilo Icc, e può essere più accurato, perché è basato su un algoritmo e non su una tabella. Anche un Crd può essere più compatto di un profilo Icc perché contiene normalmente una sola tabella, mentre il profilo Icc di una stampante ne può contenere anche otto (per i diversi intenti di rendering).

D'altra parte bisogna notare che PostScript Color Management può essere supportato solo da un Rip Level 3 (oppure Level 2 con versione superiore a 2016) e l'aggiornamento dei Rip presso gli stampatori non è molto frequente. In più, i Rip Level 3 possono supportare Pcm, ma non necessariamente lo supportano. Il costruttore del Rip può aver incorporato il supporto di Pcm, oppure no, può aver incorporato un Crd oppure no; può aver previsto il controllo di questo Crd oppure no. Di conseguenza Rip Level 3 diversi possono supportare PostScript Color Management in modo diverso. Alcuni Rip per esempio accettano un Csa CMYK, altri non lo accettano (come i Rip level 2). Quindi per questi ultimi una conversione da CMYK a CMYK (repurposing) non è possibile: bisogna controllare la versione del Rip per evitare sorprese.

I Crd e Csa PostScript sono più potenti e flessibili dei profili Icc, ma sono più complessi da interpretare. Per questo motivo i profili Icc (che sono basati su tabelle) sono stati meglio accolti.

A favore dei profili Icc si può invece dire che sono bidirezionali, mentre Csa e Crd sono «a senso unico». Inoltre PostScript, sebbene più accurato, è anche più lento e ha bisogno di un interprete. Al contrario, un profilo Icc richiede un motore di colore, che è un software più semplice, meno complesso. Forse per questi motivi PostScript Color Management ha meno successo di Icc. Anche Adobe per il formato Pdf, dalla versione 1.3, ha scelto i profili Icc, perché più semplici e diffusi.

Lo svantaggio più citato di Pcm è che se il Crd è residente nella stampante, la bontà e l'efficacia della gestione del colore dipende dal costruttore della stampante stessa. Raramente il Crd è documentato (per esempio quello inserito nelle stampanti Kodak a sublimazione), e quando lo è, lo è spesso in modo approssimato.

Alcuni Crd sono permanentemente «scolpiti» nella Rom del Rip e non è possibile rimpiazzarli con un altro Crd «custom». Dovrebbe invece essere disponibile (in modo automatico o manuale) più di un Crd, perché la scelta dipende dalla combinazione inchiostro/carta della stampante.

Spesso l'unico modo di usare un altro Crd (per l'intero documento) consiste nell'inserirlo nel flusso di stampa sperando che il Rip, vedendolo, possa pensare, «devo usare questo Crd invece di quello incorporato» come dicono le specifiche. Se si tratta di un Crd per una singola immagine, quello incorporato torna a essere usato dopo aver stampato l'immagine. Idealmente dovrebbe essere possibile inserire il Crd nel Ppd della stampante. L'applicazione potrebbe allora usare quello incorporato o inserire nel flusso di stampa PostScript quello del Ppd. Ma non credo sia ancora possibile farlo.

Dovrebbe anche essere possibile l'interrogazione e l'estrazione del Crd residente nel Rip. In caso contrario non è possibile per esempio fare un soft proof. Nessun programma è in grado di interrogare la stampante, prelevare il Crd e utilizzarlo per il soft proof. Solo alcune utilità software permettono di costruire un Crd (Logo ProfileMaker, Heidelberg PrintOpen). E non tutte supportano tutti e quattro gli intenti di rendering. **g**