



di Antonio Maccari e Fulvio Masini

KERALAB, l'importanza del pre-stampa e della gestione del colore nel processo della decorazione digitale per piastrelle

La crescente adozione di tecnologie di decoro digitale ha indotto ACI-MAC a realizzare questa pubblicazione che si affianca ad una giornata dedicata all'approfondimento del tema, per discutere, insieme ai diretti interessati, le problematiche e le soluzioni oggi disponibili.

KeraLab, che offre e presenta oggi **KeraCromia™**, il sistema di gestione colore specifico realizzato per la ceramica, ha ritenuto opportuno

chiedere al Dr. Mauro Boscarol, uno dei maggiori esperti in materia di gestione del colore in digitale, di preparare una breve introduzione all'argomento, soprattutto per fissare con rigore scientifico i termini della questione.

Il Dr. Boscarol, considerato il guru italiano delle questioni relative alla Gestione Colore e dintorni, si è laureato in Matematica con tesi in in-

formatica ed è stato docente all'università di Trento dove ha lavorato su temi come l'informatica teorica, programmazione logica e intelligenza artificiale. Il Dr. Boscarol, fondatore tra l'altro di vari siti web in lingua italiana sull'argomento, ha cortesemente permesso la pubblicazione di alcune pagine estratte da sue pubblicazioni, peraltro disponibili in forma più estesa nel sito <http://boscarol.com/>.

GESTIONE DIGITALE DEL COLORE

di Mauro Boscarol



Fig. 1 - Mosaico del Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna, V secolo d.C. Il mosaico a tessere è l'antenato dell'immagine digitale a pixel

COS'È LA GESTIONE DEL COLORE

La *gestione digitale del colore* si pone un obiettivo facile da enunciare, ma non semplice da raggiungere: riprodurre una immagine digitale con periferiche diverse, mantenendone l'aspetto, cioè facendo in modo che il colore riprodotto dalle varie periferiche rimanga *uguale* (o almeno molto simile) a quello dell'originale.

Consideriamo per esempio una immagine scattata con una fotocamera digitale. Quando l'immagine viene trasferita nel computer e visualizzata su monitor, deve apparire uguale all'originale, cioè uguale (o molto simile) alla scena catturata. Quando poi l'immagine viene stampata, anche la stampa deve apparire uguale all'originale e alla immagine visualizzata. Se poi la stessa immagine viene vista su monitor diversi, deve avere lo stesso aspetto su ognuno di essi.

E se viene stampata con diverse stampanti, macchine da stampa, stampatrici, le stampe devono avere tutte lo stesso aspetto.

La gestione digitale del colore è l'insieme delle tecnologie sviluppate per arrivare a questo risultato.

Cosa non è: Correzione del Colore

La *gestione* del colore viene spesso confusa con la *correzione* del colore. Le due attività hanno in comune l'oggetto, cioè le immagini digitali, ma si distinguono per i diversi obiettivi e i diversi metodi utilizzati. La *correzio-*

ne del colore (detta anche *fotoritocco*) consiste in un insieme di tecniche che hanno lo scopo di rendere una immagine più gradevole, attenuando o eliminando i difetti estetici. La *correzione* del colore riguarda, per esempio, la determinazione del punto bianco e del punto nero, la regolazione del contrasto, l'eliminazione di dominanti di colore, il restauro di una vecchia fotografia. Al contrario, la gestione del colore, non ha lo scopo di *migliorare*, ma solo di *mantenere* l'aspetto di una immagine, bella o brutta che sia. La *correzione* del colore è una attività creativa, basata sul gusto estetico, sul talento artistico, sull'esperienza e sensibilità dell'operatore. La *gestione* del colore è invece una attività tecnologica basata su algoritmi e concetti di scienza del colore e di colorimetria. La *correzione* utilizza strumenti come l'istogramma, le curve e i livelli; la *gestione* utilizza i profili di colore, gli intenti di rendering, le conversioni. Le due attività sono indipendenti e complementari e idealmente dovrebbero essere svolte una dopo l'altra: prima la gestione del colore, per assicurare che l'aspetto venga mantenuto, poi eventualmente la *correzione* del colore, per migliorare tale aspetto.

Immagini digitali

Esistono due tipi di immagini digitali: le immagini raster e le immagini vettoriali. Qui diamo per scontato che il lettore conosca la differenza e, per

semplicità, ci occupiamo solo di immagini raster.

Le immagini digitali raster sono immagini formate da pixel, come un mosaico è formato da tessere (fig. 1). In particolare nelle immagini in modalità RGB, ogni pixel è rappresentato da tre numeri interi ognuno dei quali può assumere un valore tra 0 e 255 (fig. 2); nelle immagini in modalità CMYK ogni pixel è rappresentato da quattro numeri interi, ognuno dei quali può assumere un valore tra 0 e 100.

Nella memoria del computer (centrale o di massa) l'immagine consiste esclusivamente di un mucchio di numeri. Non ci sono colori in una immagine digitale, unicamente numeri. Solo quando viene letta da una applicazione (Photoshop ad esempio), viene caricata in memoria, e visualizzata con un monitor oppure stampata, questi numeri generano dei colori.

Ed è proprio in questo passaggio da numeri a colori che hanno origine i diversi problemi di cui si occupa la gestione digitale del colore.

All'inizio c'era il latino digitus che significa "dito". Abbreviato in digit il vocabolo è passato all'inglese con il significato di "cifra", perché le cifre si contano con le dita. Poi si è formato l'aggettivo digital (inglese) da cui digitale (italiano) che si riferisce all'informazione rappresentata da cifre e numeri. Così una immagine digitale è una immagine rappresentata con numeri.

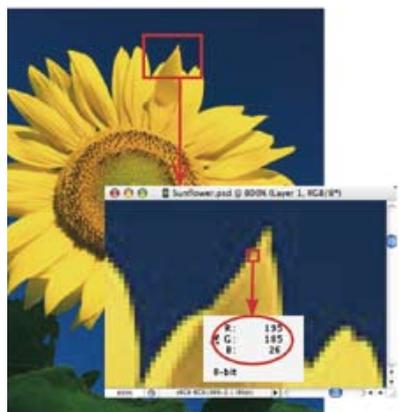


Fig. 2 - Un'immagine raster RGB è composta di pixel, ogni pixel è rappresentato da tre numeri interi compresi fra 0 e 255.

Il significato dei numeri

È opinione diffusa che i valori RGB o CMYK definiscano precisamente il colore di un pixel, per esempio che la terna 255 0 0 definisca in RGB un colore rosso e 0 0 100 0 definisca in CMYK un colore giallo. In realtà non è proprio così. Vediamo perché.

Una esperienza nota a chiunque sia entrato in uno di quei negozi di elettrodomestici dove si possono vedere pareti intere con diversi televisori, tutti sintonizzati sullo stesso programma, è che i colori di ogni televisore appaiono diversi, in maggiore o minore misura. I segnali che arrivano (cioè i valori dei pixel) sono gli stessi, ma vengono resi diversamente dai vari televisori. Anche chiunque frequenti un ambiente con monitor diversi (per esempio uno studio grafico, o il reparto *prepress* di una azienda grafica) ha potuto osservare che l'aspetto di una immagine riprodotta da monitor diversi cambia da un monitor all'altro. Si tratta degli stessi numeri RGB, ma questi numeri producono colori diversi su monitor diversi (fig. 3).

In realtà i numeri 255 0 0 rappresentano certo un rosso in RGB, ma questo rosso potrà essere più tendente all'arancio, oppure più tendente al viola, più o meno saturo, più o meno chiaro, secondo la periferica sulla quale è visualizzato. In altre parole, i colori di una immagine RGB *dipendono* dal monitor con il quale l'immagine è visualizzata, e il motivo di ciò è che i monitor sono costruiti con tecnologie diverse, da costruttori diversi, che utilizzano componenti diversi. La stessa cosa può dirsi delle periferiche di stampa. Le stesse percentuali CMYK producono colori diversi su periferiche diverse e i numeri 0 0 100 0 in CMYK indicano certo un giallo, ma un giallo forse tendente al rosso o forse tendente al verde, più o meno saturo, più o meno chiaro secondo la periferica sulla quale è stampato. Il significato dei numeri CMYK *dipende* dalla periferica di stampa (fig. 4). Anche in questo caso il motivo della diversità è dato dalle diverse tecnologie, dai diversi inchiostri e dai diversi supporti (per esempio la carta pa-

tinata rende diversamente il colore rispetto alla carta non patinata).

E ancora la stessa cosa può dirsi di una fotocamera digitale. Uno stesso colore, catturato con fotocamere diverse, viene rappresentato con numeri RGB diversi. In questo caso il motivo è da ricercare nei diversi tipi di sensori e nei diversi software (*raw converter*) che, all'interno della fotocamera o all'esterno, creano l'immagine a partire dai segnali catturati. Cose analoghe possono dirsi degli scanner.

Insomma, ogni periferica ha una propria personalità e produce (se è un monitor o una stampante) o legge (se è una fotocamera o uno scanner) i colori rappresentandoli a modo suo. Ogni monitor e ogni stampante produce colori diversi a partire dagli stessi numeri RGB o rispettivamente CMYK e ogni scanner e ogni fotocamera rappresenta uno stesso colore con numeri RGB diversi. Il significato dei numeri *dipende dalla periferica* (in inglese *device-dependent*).

I numeri non indicano il Colore

Dunque i numeri RGB e CMYK, proprio come le parole "rosso" o "giallo", rappresentano il colore in modo approssimato, troppo approssimato per essere utile nel campo della computer grafica, della fotografia, della stampa. Potrà bastare per chi lavora con Word, Excel o FileMaker, ma non per i grafici, i fotografi, i tipografi, gli utenti avanzati.

È per questo motivo che chiamiamo "numeri" e non "colori" i valori di periferica (RGB e CMYK) mentre chiamiamo "colori" quelli che vediamo (cioè le nostre percezioni di colore) e che rappresentiamo con coordinate colorimetriche che abbiamo imparato a conoscere nel fascicolo *Colorimetria*.

L'obiettivo della gestione digitale del colore è riprodurre una immagine su periferiche diverse in modo che l'aspetto venga mantenuto su tutte le periferiche, e per fare questo è necessario togliere l'ambiguità ai numeri e dare loro un significato preciso. Lo si può fare facendo corrispondere i numeri RGB o CMYK

a valori colorimetrici che sono indipendenti da qualunque periferica, e successivamente utilizzare questa corrispondenza per riprodurre i colori (questa volta individuati univocamente) mediante le singole periferiche. Questa corrispondenza tra numeri di periferica e coordinate colorimetriche si chiama *caratterizzazione*.

CARATTERIZZAZIONE

Consideriamo una determinata fotocamera digitale, per esempio la Nikon D40. Dopo aver fotografato una scena la fotocamera rappresenta ogni pixel con numeri RGB che, come si è detto, *dipendono dalla periferica* (dalla fotocamera in questo caso). Un'altra fotocamera avrebbe generato numeri RGB diversi per la stessa scena. Come è possibile rendere questi numeri *indipendenti dalla periferica*? Lo si può fare allegando all'immagine una tabella di corrispondenza tra i numeri RGB forniti dalla fotocamera e i rispettivi valori colorimetrici dei colori catturati: cioè preparando una volta per tutte la *caratterizzazione* di questa fotocamera. Vediamo come.

Fotocamera

Per caratterizzare una fotocamera digitale è necessario un supporto con alcune tacche colorate (un *target*). Ne esistono alcuni tipi, il più usato si chiama *ColorChecker*, viene prodotto da Gretag-Macbeth (ora X-Rite) e comprende 24 tacche colorate (fig. 5). Di ognuna di queste tacche vengono fornite le coordinate colorimetriche XYZ (ma anche se non lo fossero, potremmo sempre misurarle con uno strumento). Iniziamo fotografando il *ColorChecker*, sotto una data illuminazione uniforme, con la fotocamera che vogliamo caratterizzare. Per ognuna delle 24 tacche colorate la fotocamera fornisce i valori RGB che riportiamo in una tabella. Di fianco riportiamo le rispettive coordinate colorimetriche XYZ che ci sono state fornite o che abbiamo misurato. Alla fine abbiamo una tabella di 24 righe, come tab 1.

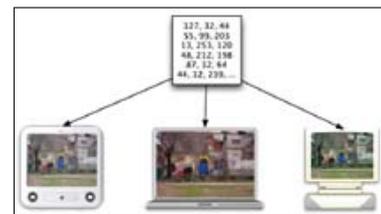


Fig. 3 - Gli stessi numeri RGB visualizzati su monitor diversi danno luogo a colori diversi. Il "significato" di questi numeri dipende dalla periferica.



Fig. 4 - La stessa immagine (cioè gli stessi valori CMYK) appare diversa quando stampata con diverse periferiche di stampa. Si osservi ad esempio il colore dei gerani.



Fig. 5 - ColorChecker, un target per caratterizzare la fotocamera digitale, composto da 24 tacche, di cui le 6 in basso formano una scala di grigi.

Questa tabella riporta solo 24 combinazioni RGB, non tutte le possibili

TAB. 1

	NUMERI FOTOCAMERA			COLORIMETRIA		
	R	G	B	X	Y	Z
	81	66	52	0.11	0.10	0.07
	160	138	116	0.39	0.35	0.35
	95	102	134	0.18	0.19	0.37
	78	74	140	0.14	0.12	0.41
	143	168	63	0.34	0.43	0.12
	202	191	69	0.57	0.60	0.10

	103	103	102	0.19	0.19	0.23
	65	66	66	0.09	0.09	0.10
	37	37	37	0.03	0.03	0.04

combinazioni RGB e tutte le rispettive coordinate colorimetriche XYZ.

La tabella così ottenuta è la *tabella di caratterizzazione* di quella fotocamera con l'illuminazione sotto la quale

abbiamo scattato. Per ogni combinazione RGB a partire da $R = G = B = 0$ fino ad arrivare a $R = G = B = 255$ la tabella indica le coordinate colorimetriche (e dunque il colore) che la fotocamera (sotto quella illuminazione) intende comunicare quando fornisce quella combinazione RGB.

Fotocamere diverse avranno tabelle di caratterizzazione diverse. Con la tabella di caratterizzazione di una fotocamera, possiamo determinare con precisione il significato dei numeri RGB di una qualsiasi immagine catturata con quella fotocamera e sotto quella illuminazione.

Per farlo è sufficiente allegare all'immagine la tabella di caratterizzazione della fotocamera, come indicato in fig. 6.

In questo modo, abbiamo tutte le informazioni per convertire i numeri RGB che la fotocamera fornisce (e che dipendono dalla periferica, cioè sono *device-dependent*), in coordi-

nate colorimetriche, indipendenti da qualunque periferica (*device-independent*).

La tabella di caratterizzazione di una fotocamera è la carta di identità della fotocamera, e assegna un significato preciso ai numeri RGB, risolvendo l'ambiguità e rendendo indipendenti i numeri RGB di ogni immagine scattata con quella fotocamera e sotto quella illuminazione, cioè rendendoli colori. La tabella di caratterizzazione può essere creata per ogni periferica digitale, cioè per ogni fotocamera, scanner, monitor e periferica di stampa. Una volta creata, la tabella consente di dare un significato non ambiguo (cioè un colore preciso) ad ogni pixel di una immagine creata, catturata o visualizzata da una determinata periferica. Il procedimento di caratterizzazione di uno scanner è in principio identico a quello usato per la fotocamera. Vediamo nel prossimo paragrafo come caratterizzare un monitor e una periferica di stampa.

Da sinistra, un'immagine digitale, i numeri RGB di ogni pixel dell'immagine, e la tabella di caratterizzazione di una fotocamera. Al valore RGB di ogni pixel viene associato il rispettivo valore colorimetrico. In questo modo l'immagine diventa indipendente dalla fotocamera con la quale è stata scattata.

Fig. 6 IMMAGINE CARATTERIZZATA

Da sinistra, un'immagine digitale, i numeri RGB di ogni pixel dell'immagine, e la tabella di caratterizzazione di una fotocamera. Al valore RGB di ogni pixel viene associato il rispettivo valore colorimetrico. In questo modo l'immagine diventa indipendente dalla fotocamera con la quale è stata scattata.



IMMAGINE		
R	G	B
27	32	44
202	144	188
143	168	63
20	114	201
99	85	113
195	100	145
255	1	0
...
193	40	22
253	7	0

NUMERI FOTOCAMERA			COLORIMETRIA		
R	G	B	X	Y	Z
81	66	52	0.11	0.10	0.07
160	138	116	0.39	0.35	0.35
95	102	134	0.18	0.19	0.37
78	74	140	0.14	0.12	0.41
143	168	63	0.34	0.43	0.12
202	191	69	0.57	0.60	0.10
...
103	103	102	0.19	0.19	0.23
65	66	66	0.09	0.09	0.10
37	37	37	0.03	0.03	0.04

Monitor

Caratterizzare un monitor è una operazione in principio molto semplice. Scelto il monitor e regolati su determinate posizioni tutti i controlli che influiscono sul colore (per esempio i comandi di luminosità e contrasto), si tratta di costruire una tabella come Tab. 2, che riporta tutte le possibili combinazioni di valori RGB a partire da $R = G = B = 0$ fino a $R = G = B = 255$. Per ognuna di queste terne R, G e B, il monitor in questione visualizza un diverso colore del quale si possono misurare e annotare in

tabella le coordinate colorimetriche XYZ. Una volta completata, questa è la *tabella di caratterizzazione* di quel monitor (regolato in quella determinata maniera).

Monitor diversi (o lo stesso monitor regolato in modo diverso) avranno tabelle di caratterizzazione diverse.

La tabella di caratterizzazione di un monitor può essere allegata a qualunque immagine che sia stata creata o messa a punto su quel monitor e consente di trasformare i numeri RGB dell'immagine in colori, un primo passo per riuscire a riprodurli correttamente.

Caratterizzare con pochi dati

Le righe della tabella di caratterizzazione di un monitor sono 256×256 cioè oltre 16 milioni, precisamente 16.777.216. Per compilare la tabella di caratterizzazione di un monitor è dunque necessario effettuare oltre 16 milioni di misure, una impresa quasi impossibile. Se per effettuare e annotare una misura ci si mettesse 1", per farle tutte ci si metterebbe più di 6 mesi (e la tabella riempirebbe quasi 100 Mbyte). Costruire l'intera tabella di caratterizzazione di un monitor è dunque

impossibile e in pratica si seguono due metodi alternativi. Il primo metodo prevede la misura di un numero limitato di colori, per esempio qualche centinaio. Gli altri vengono calcolati mediante tecniche di interpolazione, analogamente a quanto si fa per la tabella di caratterizzazione di una fotocamera digitale. Il secondo metodo consiste nell'implementare un algoritmo basato su poche informazioni sufficienti a caratterizzare il monitor. L'algoritmo riceve in ingresso una terna di valori RGB, e fornisce in uscita le coordinate XYZ del colore corrispondente.

Come si dice, questo algoritmo agisce costruendo *on demand* una singola riga della tabella alla volta senza costruire esplicitamente l'intera tabella. L'esistenza di questo algoritmo, il cui principio è stato individuato per la prima volta dallo scienziato inglese Isaac Newton nel 1666, consente di costruire implicitamente la tabella di caratterizzazione di un monitor con pochi dati che possono essere contenuti in un file di pochi byte, invece di costruirla esplicitamente e parzialmente e memorizzarla in un file di grande dimensione.

Naturalmente ai tempi di Newton non esistevano i monitor, ma la regola di Newton si applica a tutte le mescolanze additive di colori, dunque si adatta bene ai monitor, che funzionano proprio per mescolanza additiva.

Stampa

Esistono diversi tipi di periferiche di stampa: stampanti da scrivania, stampatrici fotografiche, macchine da stampa industriale. Alcune formano i colori mescolando inchiostri CMYK (macchine da stampa industriali), altre usano inchiostri di vari colori (stampanti da scrivania), altre usano tecniche RGB per la produzione dei colori (stampatrici fotografiche laser con carta sensibile).

Dal punto di vista della gestione del colore, le periferiche di stampa sono tutte simili.

Per questo motivo usiamo il termine generico "periferica di stampa" oppure "stampante" per indicare una qualunque di queste periferiche (i ti-

pografi ci perdoneranno questa libertà).

La tabella di caratterizzazione di una stampante si costruisce, *mutatis mutandis*, come quella di un monitor. Il principio è lo stesso per tutti i tipi di stampante. (Tab. 3).

Per caratterizzare una data stampante, la carichiamo con una certa carta e certi inchiostri, e costruiamo una tabella con tante righe quante sono le possibili combinazioni di valori CMYK.

Stampiamo ognuna di queste combinazioni di inchiostri e misuriamo e annotiamo le rispettive coordinate colorimetriche. La tabella costruita è la tabella di caratterizzazione di quella periferica di stampa con quella data carta e quei dati inchiostri. Stampanti diverse (o la stessa stampante con carta e/o inchiostri diversi) avranno tabelle di caratterizzazione diverse.

Nel caso della periferica di stampa non è possibile evitare di costruire esplicitamente la tabella implementando, come nel caso del monitor, un algoritmo, perché i colori in stampa non vengono prodotti in sola mescolanza additiva. D'altra parte la tabella completa di caratterizzazione di una periferica di stampa richiederebbe qualche centinaio di Mbyte di memoria, e dunque non è possibile costruirla tutta esplicitamente.

Rimane la possibilità di costruire un numero ridotto di righe, di solito qualche migliaio, e ottenere, al momento della consultazione, i dati mancanti con tecniche di interpolazione.

Caratterizzazione e media

Come abbiamo visto, la caratterizzazione di una periferica dipende non solo dalla periferica stessa ma anche da altri fattori. Per esempio la tabella di caratterizzazione di un monitor riguarda il monitor nelle condizioni in cui era quando sono state fatte le misure, cioè con i controlli che influenzano sul colore (per esempio luminosità e contrasto) impostati in determinate posizioni e con determinato gamma.

Se i controlli vengono impostati di-

versamente, o il monitor viene calibrato su un altro bianco o un altro

gamma, la tabella non caratterizza più quel monitor ed è necessario costruirne un'altra.

Così la tabella di caratterizzazione di una fotocamera digitale riguarda la particolare fotocamera e il suo sensore, l'illuminazione e le elaborazioni che avvengono all'interno o all'esterno della fotocamera dopo lo scatto. La tabella di caratterizzazione vale per una determinata fotocamera sotto una determinata illuminazione e a fissate condizioni di elaborazione. Per una stampante da scrivania, la tabella di caratterizzazione riguarda la stampante nelle condizioni in cui era quando sono state fatte le misure, con dati inchiostri e una data carta. Se inchiostri e/o carta vengono modificati, la tabella non caratterizza più la periferica ed è necessario costruirne un'altra. La tabella di caratterizzazione di una macchina da stampa riguarda le cosiddette *condizioni di stampa*, cioè il tipo di carta, gli inchiostri, i valori fissati di densità degli inchiostri (che dipendono dal loro spessore sulla carta) e i valori di *dot gain* (aumento del punto in stampa).

Per una stampatrice fotografica la tabella di caratterizzazione riguarda la carta sensibile utilizzata e l'intensità del laser che la impressiona. (Tab. 4).

TAB. 2

NUMERI MONITOR			COLORIMETRIA		
R	G	B	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	2	0	0	0
...
139	10	15	0.37	0.18	0.01
139	10	16	0.37	0.19	0.02
139	10	17	0.38	0.19	0.03
...
255	255	253	0.95	1.00	1.07
255	255	254	0.95	1.00	1.08
255	255	255	0.95	1.00	1.09

TAB. 3

NUMERI STAMPANTE				COLORIMETRIA		
C	M	Y	K	X	Y	Z
0	0	0	0	0.83	0.85	0.77
0	0	0	1	0.81	0.83	0.76
0	0	0	2	0.80	0.82	0.75
...
50	48	23	6	0.23	0.26	0.28
50	48	23	7	0.26	0.25	0.28
50	48	23	8	0.26	0.26	0.28
...
100	100	100	98	0.06	0.07	0.06
100	100	100	99	0.06	0.07	0.06
100	100	100	100	0.06	0.07	0.06

CARATTERIZZAZIONE DI UNA PERIFERICA

TAB. 4

PERIFERICA	MEDIA	COSA DETERMINA IL COLORE	COSA SI CALIBRA	COSA SI CARATTERIZZA
monitor		primari RGB, bianco (cromaticità e luminanza), gamma	bianco (cromaticità e luminanza), gamma	display system (scheda video, driver, monitor) con dato bianco e dato gamma
fotocamera digitale		sensore, illuminazione (cromaticità), elaborazioni		fotocamera sotto una data illuminazione
scanner	supporto	supporto, sensore		scanner con un determinato supporto
stampante	carta, inchiostri	carta, inchiostri, dot gain		stampante con data carta e dati inchiostri
macchina da stampa	carta, inchiostri	carta, inchiostri, dot gain	densità inchiostri, dot gain	macchina da stampa con data carta e dati inchiostri
stampatrice fotografica	carta	carta, laser	laser	stampatrice con data carta



GAMUT

A questo punto è necessario introdurre il concetto di *gamut*.

Il gamut di una immagine digitale è l'insieme dei colori dell'immagine rappresentati in uno spazio colorimetrico, insieme che si può rappresentare graficamente, come insieme di punti in uno spazio di colore.

Il gamut di un monitor o di una stampante è l'insieme dei colori riproducibili da quella periferica, rappresentabile graficamente in uno spazio di colore.

Gamut (*non "gammut" come talvolta capita di leggere*) è una parola inglese che in italiano si traduce "gamma". Ma in italiano "gamma" è anche il nome di una lettera dell'alfabeto greco utilizzata tra l'altro per indicare una certa caratteristica dei monitor.

Per evitare confusioni, anche in italiano usiamo i termini "gamut" per indicare l'insieme dei colori che una periferica può produrre e "gamma" per indicare la lettera greca γ .

Immagine

Il gamut di una immagine digitale associata ad una caratterizzazione è semplicemente l'insieme dei colori che l'immagine contiene.

Ogni pixel ha un colore ed è quindi un punto nello spazio XYZ e in ogni spazio derivato.

In fig. 7 è riportata una immagine digitale, associata ad una caratterizzazione, e tre diverse viste del suo gamut in xy, ab e Lab.

Monitor

Si può determinare il gamut di un monitor, cioè l'insieme di tutti i colori che il monitor può visualizzare.

La colonna di destra della tabella di caratterizzazione del monitor (Tab. 2) riporta le coordinate colorimetriche XYZ di tutti i colori che quel particolare monitor può visualizzare.

Ogni terna di coordinate elencata nella tabella è un punto nello spazio colorimetrico XYZ e l'insieme di tutti questi punti si può pensare come un solido nello spazio XYZ.

Questo solido è il *gamut* del monitor, cioè la rappresentazione grafica di tutti i colori che quel dato monitor può visualizzare. Il gamut di un monitor LCD standard nello spazio XYZ ha la forma di un parallelepipedo, ma è più significativo rappresentarlo in altri spazi colorimetrici.

In fig. 8 è riportato il gamut di un monitor LCD standard nello spazio Yxy e la proiezione sul diagramma delle cromaticità xy.

La proiezione del gamut è un triangolo i cui vertici sono i tre colori primari del monitor.

È caratteristico di ogni monitor avere un gamut che nel diagramma delle cromaticità è rappresentato da un

triangolo.

Esaminandone il gamut si può osservare che il monitor in esame (come tutti i monitor) può riprodurre solo una parte, cioè un sottoinsieme, dei colori.

Anche se i primari fossero in posizio-

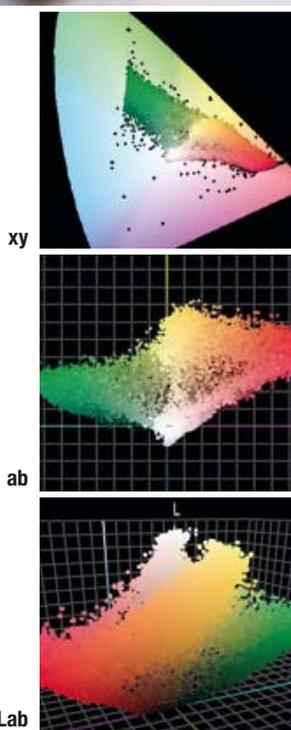


Fig. 7 GAMUT DI UN'IMMAGINE
Gamut dei colori dei pixel dell'immagine in alto, in vari spazi colore

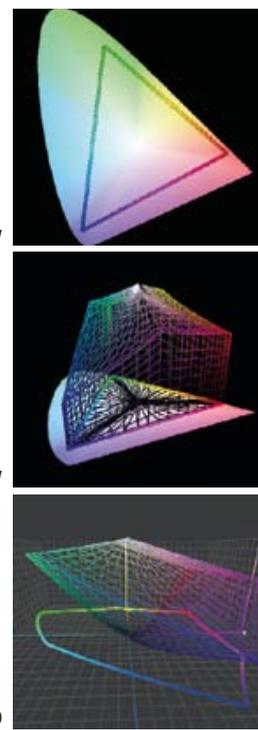


Fig. 8 GAMUT DI UN MONITOR
Tre viste del gamut di un monitor. In alto nel diagramma delle cromaticità xy, in centro nello spazio Yxy, in basso nello spazio Lab

ni più favorevoli (tali posizioni sarebbero comunque nelle zone del rosso, verde e blu: perché?) rimarrebbero sempre alcuni colori non riproducibili: per esempio i verdi brillanti, gli azzurri.

In effetti non esiste un monitor in grado di visualizzare *tutti* i colori. Ogni singolo monitor può visualizzare solo una parte limitata di colori.

Due monitor diversi (anche della stessa marca e modello) hanno caratterizzazioni diverse e dunque gamut diversi (fig. 9).

Dunque ci sono colori:

- riproducibili su entrambi i monitor;
- riproducibili su uno ma non sull'altro;

- non riproducibili su nessuno dei due.

Se i gamut sono diversi gli stessi numeri RGB rappresentano sui due monitor colori diversi, cosa già nota ma che rappresentata graficamente è ancora più evidente, come si vede in fig. 9. Il confronto tra due gamut è tuttavia più corretto farlo in tre dimensioni e nello spazio CIELAB.

È importante ricordare che la tabella di caratterizzazione di un monitor, e dunque il suo gamut, riguarda il monitor calibrato su un dato gamma, un dato punto bianco e una data luminanza dei parametri. Se si modificano questi parametri, la precedente tabella di caratterizzazione, e dunque il gamut, si modificano.

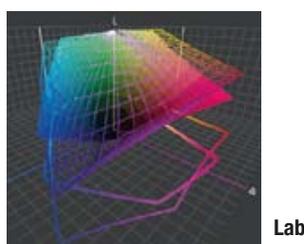
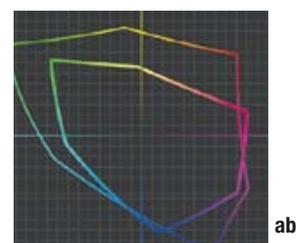
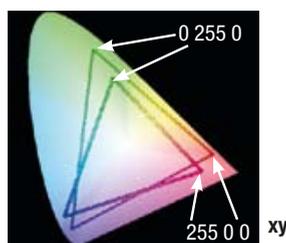


Fig. 9 GAMUT DI DUE MONITOR
In alto a sinistra nel diagramma delle cromaticità xy, in alto a destra la proiezione sul piano ab, in basso nello spazio Lab

Stampa

Come nel caso di un monitor, la colonna di destra della tabella di caratterizzazione di una determinata periferica di stampa (Tab. 3) riporta le coordinate colorimetriche che quella periferica può stampare, e questo insieme di colori può essere rappresentato graficamente. Il gamut di una periferica di stampa è un insieme di punti racchiusi in un solido tridimensionale nello spazio colorimetrico considerato. La *proiezione* di questo volume sul diagramma delle cromaticità xy fornisce una rappresentazione bidimensionale del gamut della stampante che non è, come nel caso del monitor, un triangolo, ma piuttosto è un poligono irregolare in cui tre vertici corrispondono ai colori primari ciano, magenta e giallo. Il fatto che non sia un triangolo, come nel caso del monitor, dipende dal fatto che la formazione dei colori in una stampante non avviene per mescolanza additiva, ma in modo più complesso (una combinazione di mescolanza additiva e sottrattiva fra i colori degli inchiostri e il colore della carta).

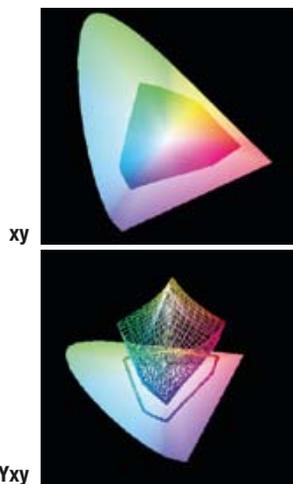


Fig. 10 GAMUT DI UNA STAMPANTE
In alto, il gamut di una stampante sul diagramma delle cromaticità xy, è un poligono irregolare. In basso, il gamut di una stampante nello spazio Yxy

stessa marca e modello, oppure con carta e/o inchiostri diversi) hanno caratterizzazioni diverse e dunque gamut diversi (fig. 11). Se i gamut sono diversi gli stessi numeri CMYK rappresentano sulle due stampanti colori diversi.

Monitor e stampante

In generale, quando si confrontano gamut di un monitor e di una stampante, ci sono colori che:

- sono contenuti in entrambi i

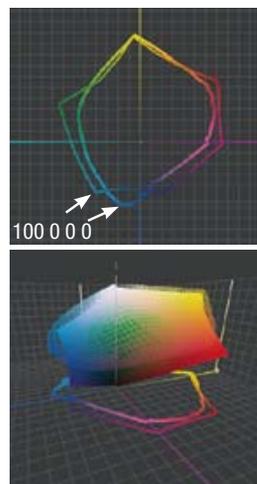


Fig. 11 GAMUT DI DUE STAMPANTI - Stampanti diverse hanno gamut diversi

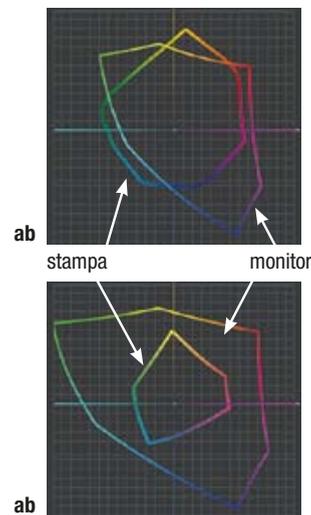


Fig. 12 GAMUT DI UN MONITOR E UNA STAMPANTE

Il gamut di un monitor e di una stampante possono intersecarsi in vari modi. In alto, un monitor standard e una stampante a getto d'inchiostro di qualità. In basso un monitor ad ampio gamut e una macchina offset con carta naturale.

gamut (colori che si possono visualizzare e stampare);

- sono contenuti solo in un gamut (colori solo visualizzabili o solo stampabili);
- non sono contenuti in nessuno dei due gamut (né visualizzabili, né stampabili).

Si possono presentare situazioni diverse. Se il monitor è standard (cioè con gamut tipicamente simile a sRGB) e la stampa di buona qualità (tipicamente a getto d'inchiostro su carta lucida) ci saranno colori stam-

pabili ma non visualizzabili (ciano, arancio, verde scuro) e colori visualizzabili ma non stampabili (rosso, verde e blu saturi).

Se il monitor è ad ampio gamut di colore (tipicamente simile a Adobe RGB) e la stampa di qualità non elevata (tipicamente su carta naturale o per quotidiano) il gamut del monitor può contenere il gamut della stampa.

Fotocamera e Scanner

Fotocamera digitale e scanner sono entrambe periferiche di input, cioè non producono colori, ma li leggono.

Per analogia con i casi del monitor e della stampante, saremmo tentati di definire, a partire dalla tabella di caratterizzazione, il gamut di una fotocamera, ma questa volta c'è qualcosa che non torna.

Infatti abbiamo definito il gamut di un monitor e di una stampante come l'insieme di tutti i colori che possono essere prodotti (visualizzati o stampati) rispettivamente da quel monitor e da quella stampante.

Applicata alla fotocamera, questa definizione affermerebbe che il gamut della fotocamera è l'insieme di tutti i colori che la fotocamera può cat-

turare. Tuttavia ci si scontra subito con il fatto che in realtà la fotocamera cattura qualunque cosa gli si metta davanti.

Possiamo dunque affermare che la fotocamera non ha un gamut, oppure che il suo gamut è tutto lo spazio dei colori e quindi non è significativo. È significativo invece il gamut del *target* (l'insieme di tutti i colori compresi nel *target* stesso) con cui è stata costruita la tabella di caratterizzazione della fotocamera. Le stesse considerazioni possono essere fatte per lo scanner.

RIPRODUZIONE COLORIMETRICA

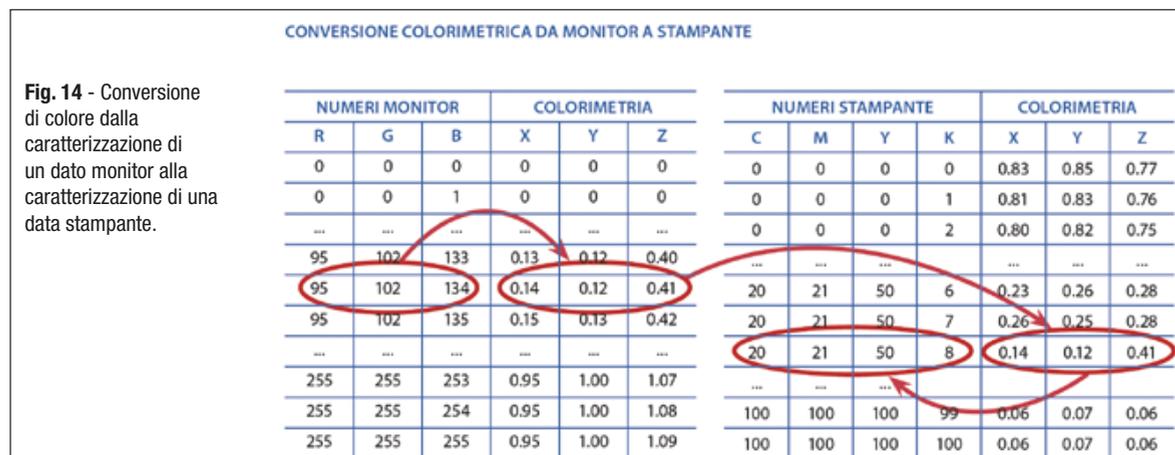
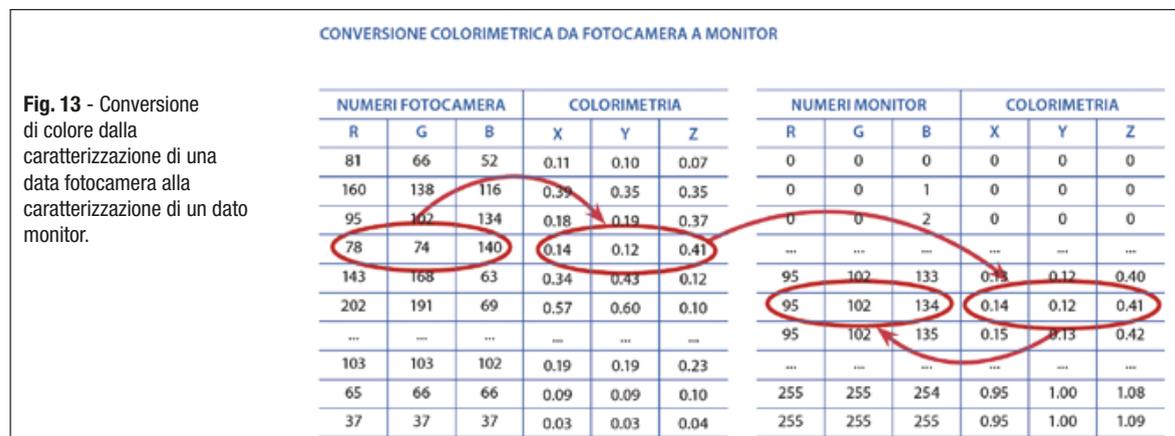
Ora che abbiamo i concetti di caratterizzazione e gamut delle periferiche possiamo finalmente dare una prima risposta alla domanda iniziale: come riprodurre una immagine con periferiche diverse conservandone l'aspetto, cioè i colori, cioè le coordinate colorimetriche? Ecco come si fa.

Conversione da RGB a RGB

Partiamo da una immagine RGB con allegata la tabella di caratterizzazione della fotocamera con la quale è stata scattata. L'immagine è un mosaico di pixel, ogni pixel è rappresentato da una terna RGB e per ognuna di queste terne la tabella di caratterizzazione indica le coordinate colorimetriche.

Ora desideriamo visualizzare l'immagine su un monitor, del quale è anche disponibile la tabella di caratterizzazione.

Quali valori RGB dovranno essere visualizzati su monitor, per avere gli stessi colori della scena originale? Per esempio, quali valori RGB devono essere usati per visualizzare sul monitor il pixel che la fotocamera ha



rappresentato con 78 74 140? Visualizzare questi numeri direttamente su monitor non è una buona idea, si vedranno colori non corretti perché il monitor ha una tabella di caratterizzazione diversa da quella della fotocamera.

Per avere lo stesso colore sarà necessario fornire al monitor valori opportunamente modificati.

Ma modificati come?

Facendo uso delle due tabelle di caratterizzazione, rispettivamente quella allegata all'immagine (cioè la tabella di caratterizzazione della fotocamera) e quella del monitor.

Le due tabelle si mettono una di fianco all'altra, a sinistra quella di origine (fotocamera) e a destra quella di destinazione (monitor) e si procede in quattro passi (fig. 13).

1 Nella tabella di origine si identifica la riga che contiene i numeri del pixel in questione (nell'esempio 78 74 140).

2 Nella stessa tabella si leggono le corrispondenti coordinate colorimetriche XYZ (nell'esempio 0.14 0.12 0.41).

3 Si cercano questi stessi valori nella tabella di destinazione.

4 Se si trovano, si leggono in corrispondenza i numeri per il monitor (nell'esempio 95 102 134); se non si trovano, il colore del pixel è fuori dal gamut (*out of gamut*) del monitor e non è riproducibile su quel monitor.

Vedremo più avanti come trattare il caso dei colori fuori gamut.

Per ora osserviamo che, per i colori che non sono fuori gamut, il procedimento appena visto consiste nel modificare i numeri riferiti alla periferica di origine in modo che i valori colorimetrici di origine e destinazione corrispondano.

Questa operazione è detta *conversione colorimetrica di colore* (anche se in realtà si tratta di una conversione di numeri).

L'aggettivo "colorimetrica" si riferisce al fatto che i valori colorimetrici di origine vengono fatti corrispondere ai valori colorimetrici di destinazione.

Conversione da RGB a CMYK

Nell'esempio appena visto entrambe

le periferiche di origine e destinazione sono in modalità RGB.

Se le modalità di colore di origine e destinazione sono diverse, il procedimento di conversione non cambia, come vediamo in questo esempio.

Desideriamo stampare la precedente immagine RGB che vediamo a monitor con una stampante CMYK in modo che i colori stampati siano gli stessi degli originali. È il flusso di lavoro di un fotografo digitale: prima visualizza la fotografia su monitor (e qui agisce la conversione di colore descritta nel paragrafo precedente) ed effettua le necessarie correzioni di colore, quindi stampa la fotografia in modo che i colori stampati siano uguali a quelli visti a monitor.

Per esempio, quali percentuali CMYK devono essere usate, con una data stampante, per stampare lo stesso pixel di prima, quello che sul monitor ha valori RGB 95 102 134? Anche in questo caso dobbiamo fare una conversione di colore facendo uso della tabella di caratterizzazione del monitor (l'origine della conversione) e della tabella di caratterizzazione della stampante (la destinazione della conversione).

Si procede come segue (fig. 14).

1 Nella tabella di origine si identifica la riga che contiene i numeri del pixel RGB 95 102 134.

2 Nella stessa tabella si leggono in corrispondenza le coordinate colorimetriche XYZ, nell'esempio 0.14 0.12 0.41.

3 Si individuano queste stesse coordinate colorimetriche nella tabella di destinazione.

4 Se si trovano, si leggono in corrispondenza i numeri CMYK, nell'esempio le percentuali 20 21 50 8; se non si trovano, quel colore non è riproducibile con quella stampante.

Dunque la risposta è la seguente: per stampare, con quella data stampante, il pixel che ha valori RGB 95 102 134 in modo che mantenga lo stesso colore che ha sul monitor, occorre usare le percentuali CMYK 20 21 50 8.

Tutte le conversioni

Nei due esempi precedenti, la con-

versione di colore avviene rispettivamente dalla caratterizzazione di una fotocamera a quella di un monitor e dalla caratterizzazione del monitor a quella di una stampante.

Naturalmente la conversione può avvenire tra qualunque altra coppia di tabelle di caratterizzazione di periferiche, indipendentemente dalla modalità di colore.

Questi sono gli otto casi possibili:

- da scanner a monitor: visualizzare una immagine su monitor in modo che conservi l'aspetto dell'originale scannerizzato;
- da scanner a periferica di stampa (raro): stampare una immagine in modo che mantenga i colori dell'originale scannerizzato;
- da fotocamera a monitor (come nel primo esempio precedente): visualizzare una immagine in modo che mantenga i colori dell'originale fotografato;
- da fotocamera a periferica di stampa (raro): stampare una immagine in modo che conservi l'aspetto dell'originale fotografato;
- da monitor a monitor: visualizzare una immagine con un altro monitor in modo che riproduca gli stessi colori riprodotti dal primo;
- da monitor a periferica di stampa (come nel secondo esempio precedente): stampare una immagine in modo che conservi l'aspetto di quella visualizzata;
- da periferica di stampa a monitor: visualizzare una immagine in modo che riproduca i colori di quella stampata;
- da periferica di stampa a periferica di stampa: stampare una immagine preparata per una stampante con un'altra stampante in modo che mantenga i colori.

È importante notare che una conversione di colore avviene sempre tra *due* tabelle di caratterizzazione: una tabella di *origine* e una tabella di *destinazione*.

Da notare ancora che monitor e periferica di stampa sono periferiche che possono essere sia l'origine che la destinazione della conversione, men-

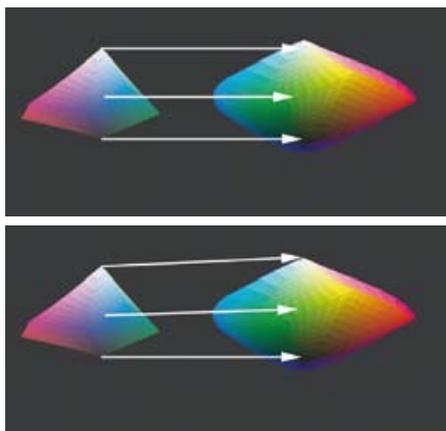


Fig. 15 CONVERSIONE SENZA E CON ADATTAMENTO

In alto, conversione colorimetrica senza adattamento: le coordinate di origine si fanno corrispondere alle stesse coordinate di destinazione. In basso, conversione colorimetrica con adattamento: il bianco di origine si fa corrispondere al bianco di destinazione e anche i colori intermedi vengono modificati. In queste immagini è evidente solo lo spostamento lungo l'asse L, ma un analogo spostamento avviene anche nel piano ab.

tre scanner e fotocamera sono periferiche che possono essere solo l'origine della conversione di colore, mai la destinazione.

In gamut e fuori gamut

Come abbiamo visto, la conversione colorimetrica (con adattamento o senza adattamento) può condurre ad una di queste due conclusioni:

- se esistono, vengono forniti i numeri di periferica che consentono di riprodurre il pixel sulla periferica di destinazione in modo che abbia le stesse coordinate colorimetriche di origine;
- se tali numeri di periferica non esistono, il colore del pixel non è riproducibile in destinazione, cioè è *fuori gamut*.

Dire che un colore è fuori gamut, significa dire che non può essere riprodotto con le stesse coordinate colorimetriche.

Poiché in pratica è sempre necessario riprodurre tutti i colori di origine, anche quelli fuori gamut, per questi ultimi è necessario ricorrere ad una riproduzione approssimata, che consiste nel riprodurre il colore "più vicino possibile" nel gamut di destinazione.

Quest'ultima operazione è detta *clipping*.

Per esempio nel caso della conversione di una immagine da monitor a stampante, verranno stampati esattamente i pixel il cui colore sta nel gamut della stampante; gli altri verranno approssimati portando il loro colore al bordo del gamut di destinazione.

La conversione del bianco

C'è ancora un importante dettaglio che dobbiamo considerare a proposito della conversione colorimetrica. Nella tabella di caratterizzazione di un monitor, la riga corrispondente a $R = G = B = 255$ riporta le coordinate colorimetriche del bianco del monitor, per esempio $X = 0.95, Y = 1, Z = 1.09$.

Analogamente, nella tabella di carat-

terizzazione di una stampante la riga $C = M = Y = K = 0$ riporta le coordinate colorimetriche del bianco della carta, per esempio $X = 0.83, Y = 0.75, Z = 0.77$.

Bene, la conversione colorimetrica, così come l'abbiamo indicata è adatta solo se il bianco di origine è identico al bianco di destinazione (cioè se i due bianchi hanno le stesse coordinate colorimetriche).

Se invece i bianchi sono diversi la conversione è opportuno che venga modificata. Infatti, se la conversione deve avere un significato percettivo e i due bianchi sono diversi, per simulare il meccanismo dell'adattamento cromatico nell'occhio umano, la conversione dovrà portare il bianco di origine nel bianco di destinazione (fig. 15).

Questa modifica della conversione viene fatta mediante una formula matematica che fa corrispondere le coordinate colorimetriche del bianco di origine con le coordinate colorimetriche del bianco di destinazione, e modifica opportunamente la trasformazione anche degli altri colori.

In pratica una conversione colorimetrica con adattamento fa corrispondere tra di loro, anche se sono bianchi diversi, i pixel $R = G = B = 255$ e i pixel $C = M = Y = K = 0$.

Generalmente nelle applicazioni sono disponibili entrambe le conversioni colorimetriche di colore: quella senza adattamento e quella con adattamento.

RIPRODUZIONE PERCETTIVA

Per certe combinazioni immagine/periferica la conversione colorimetrica che abbiamo visto nella sezione precedente (con o senza adattamento cromatico) può essere appropriata. È questo il caso, per esempio, quando il gamut di origine è completamente, o quasi completamente, contenuto nel gamut di destinazione, cioè non ci sono colori fuori gamut.

Il caso tipico è quello di un logo, un marchio di fabbrica. Pensiamo al rosso del logo Coca Cola o al giallo del logo Mc Donald (fig. 16): chi ha progettato questi logo si è certo posto il problema della stampabilità ed ha scelto colori che potessero essere

sicuramente stampabili su qualunque periferica.

Un altro tipo di immagine per la quale può essere adatta la conversione colorimetrica è una fotografia i cui colori non siano molto saturi.

Le fotografie "amatoriali" sono spesso di questo tipo.

Se l'immagine è invece ricca di colori saturi e fuori gamut, la conversione colorimetrica può non essere adatta. Infatti in questo caso i colori fuori dal gamut di destinazione verrebbero modificati mentre quelli all'interno rimarrebbero come sono, e potrebbe non essere accettabile che alcuni colori vengano riprodotti esattamente mentre altri solo in modo approssimato. In tal caso potrebbe essere più opportuno usare un altro tipo di conversione che chiamiamo conversione di *gamut mapping* per distinguerla da quella colorimetrica.

In generale una conversione colorimetrica è adeguata quando il gamut di origine è completamente o quasi contenuto in quello di destinazione.

Se invece il gamut di origine ha parti importanti fuori dal gamut di destinazione è più adeguata una conversione di *gamut mapping*.

Gamut mapping

Fare un *gamut mapping* significa portare un gamut di origine completamente dentro un gamut di destinazione in modo da assicurare una buona corrispondenza dell'aspetto complessivo del colore tra l'origine e la destinazione e questo si ottiene con una conversione che dà più importanza alla *relazione* tra i colori di una immagine piuttosto che al loro preciso valore colorimetrico.

Con il gamut mapping *tutti* i colori dell'immagine vengono modificati, non solo quelli fuori gamut, ma lo sono in modo che mantengano le loro rispettive relazioni cromatiche.

Per esempio, per far rientrare il gamut di origine nel gamut di destinazione si potrebbe riprodurre tutta l'immagine più scura, o tutta più chiara o tutta meno satura.

Tutti i colori cambiano, ma rimangono "cromaticamente proporzionali" a quelli originali, e l'occhio compensa la differenza dei gamut, rendendo "simi-



Fig. 16 LOGO

Per i logo è adeguata una riproduzione colorimetrica che rende esattamente lo stesso colore con le stesse coordinate colorimetriche.

li" le due immagini, quella originale e quella riprodotta.

Le conversioni che operano un *gamut mapping* sono basate sulla caratterizzazione solo nella parte di origine, ma non nella parte di destinazione. La parte di origine descrive il gamut di origine, successivamente lo scopo del *gamut mapping* consiste nel far rientrare il gamut di origine nel gamut di destinazione, modificando tutti i colori, in modo che mantengano le loro rispettive relazioni cromatiche. Non si può dire molto di più sulle conversioni di *gamut mapping*.

Non esiste un modello generale, ogni produttore di software ha proprie

conversioni di *gamut mapping* (che naturalmente ritiene siano le migliori).

Si può solo ricordare che le conversioni di *gamut mapping* lavorano con gli attributi percettivi del colore, e generalmente intendono mantenere alcuni di questi attributi, consentendo ad altri di cambiare.

Da questo punto di vista possiamo distinguere tra due principali varietà: esistono conversioni di *gamut mapping* che mantengono la tinta a spese della chiarezza e della croma, e altre che mantengono la croma, a spese della tinta e della chiarezza.

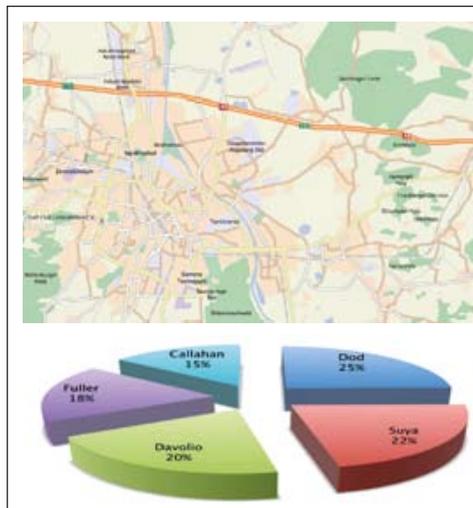


Fig. 17 CARTE E GRAFICI
Per le carte stradali e i grafici statistici può essere adatto un intento di rendering saturazione.

IL METODO XAM: LA KERACROMIA™

di Antonio Maccari e Fulvio Masini

KeraCromia™ è un nuovo sistema di gestione del colore che ha come obiettivo quello di semplificare la preparazione delle grafiche per il *decoro ceramico*, con notevole risparmio di tempo e denaro.

Esso è stato pensato per l'industria ceramica e consente di:

- ridurre drasticamente i tempi di realizzazione dei *prototipi*,
- passare dal *prototipo* alla produzione rapidamente,
- valutare la miglior combinazione di supporto ed inchiostri più adatta allo specifico prodotto,
- riprodurre fedelmente i colori dell'originale,
- misurare il processo produttivo per evitare variazioni indesiderate di tonalità,
- tenere sotto controllo la ripetibilità della produzione, adeguando le attrezzature.

In breve le principali caratteristiche di **KeraCromia™**:

- è utilizzabile anche da personale non esperto nella grafica e nel trattamento d'immagini perché concepita per l'utente ceramico,
- si fonda su nuove ed innovative tecnologie di lettura spettrale del colore,

- utilizza modelli matematici basati su misure del colore sia a crudo che a cotto,
- evita formule teoriche tipiche della stampa a freddo, ma non applicabili in ceramica,
- si integra con qualunque sistema di decoro ceramico,
- semplifica l'utilizzo dei nuovi sistemi digitali di stampa ceramica,
- fornisce strumenti di decisione oggettivi,
- produce dati significativi anche per utenti con competenza e responsabilità diversa,
- evita investimenti onerosi perché è fornibile anche come servizio, mediante un collegamento Internet.

Scenario

L'introduzione di stampanti InkJet nell'industria ceramica crea nuove problematiche agli operatori del settore. L'abilità e l'esperienza dell'operatore addetto alle macchine tipo RotoColor permettono oggi di controllare in parte le variazioni del processo produttivo.

In altre parole l'uomo riesce, con la sua esperienza ed in maniera del tutto intuitiva, a percepire e contrastare le inevitabili variazioni del proces-

so produttivo ceramico, effettuando regolazioni della meccanica e/o degli smalti.

L'avvento delle stampanti InkJet, toglie all'operatore la possibilità di intervenire, non essendoci più molte regolazioni manuali da effettuare. Quindi potremmo concludere che la ripetibilità o la costanza dei risultati è in gran parte oggi ottenuta grazie alla perizia dell'operatore ceramico addetto.

Sostituendo la stampa a rullo con una stampante InkJet l'operatore perde gran parte delle possibilità di intervento possibili e quindi si presenta un problema per il rischio di perdere la possibilità di mantenere un elevato standard di ripetibilità del risultato.

La riproduzione fedele del colore è resa complessa in ceramica dal calore utilizzato nel forno per lo sviluppo dei colori e che provoca fenomeni chimici poco prevedibili e poco governabili.

Esistono sul mercato molteplici prodotti, che possiamo annoverare nella categoria del "Color Management", i quali sostengono di essere (ciascuno) "la soluzione al problema".

Emerge però che la stessa numerosità ed articolazione (prezzo e funzionalità) dei prodotti da sola smentisce l'affermazione ed autorizza anzi ad

affermare che sul mercato non esisteva ancora una soluzione soddisfacente al problema.

Questo è dovuto principalmente al fatto che i sistemi tradizionali di gestione del colore costruiscono un modello approssimato del dispositivo di stampa, utilizzando formule legate agli inchiostri per la stampa su carta.

Per alcune applicazioni industriali che utilizzano il calore per lo sviluppo ed il fissaggio del colore, come ad es. la stampa su tessuto e su piastrelle ceramiche, questi sistemi tradizionali non riescono a produrre risultati veritieri.

Per quanto riguarda il mercato della ceramica, e segnatamente della produzione di piastrelle, **KeraLab** propone Xam, un nuovo e rivoluzionario processo automatizzato per la realizzazione di nuove piastrelle, siano queste riproduzioni di precedenti prodotti o di materiali naturali o ancora frutto di disegno creativo.

Tale processo ha inizio con la disponibilità, anche solo virtuale, del materiale da riprodurre e termina con la produzione delle attrezzature elettroniche, cioè di quelle informazioni relative ai diversi piani colore che compongono l'immagine da riprodurre, necessarie alle stampanti InkJet a depositare nella giusta quantità i diversi inchiostri sulla piastrella ceramica.

Xam, è un sistema di Color Management messo a punto per l'utilizzo specifico in ceramica che gestisce un numero qualsivoglia di inchiostri.

Da qui la definizione di **KeraCromia™** che, pur comprendendo anche il caso particolare dei 4 inchiostri, è utilizzabile con un numero di inchiostri da 2 fino a 12.

Xam non richiede particolari conoscenze di grafica né di informatica. Non solo, a differenza dei sistemi di Color Management usati dall'industria grafica, Xam ha pensato anche alla fase produttiva e fornisce strumenti semplici, ma efficaci per il controllo del processo produttivo.

KeraCromia™

La funzione del tecnico grafico è quella di tradurre un'idea in un "proget-

to ceramico" cioè nel definire le attrezzature ed i colori che ne permettano la realizzazione mediante il processo ceramico. Il grafico è quindi abituato a "manipolare" un'immagine in modo che essa possa essere rappresentata con i "limitati mezzi" ceramici.

Infatti molti colori non sono realizzabili per la limitatezza del processo ceramico, soprattutto a causa delle alte temperature necessarie alla "cottura" del prodotto.

Le "attrezzature" di una stampante InkJet sono rappresentate dalle informazioni digitali (files) prodotte dai programmi di grafica utilizzati dal grafico. Intervenire manualmente su tali "attrezzature" è cosa complessa e dispendiosa e sicuramente aumenta all'aumentare del numero di inchiostri.

La soluzione semplice, ma allo stesso tempo efficace, è rappresentata dalla facilità operativa con la quale Xam produce nuove attrezzature digitali allorché il processo ceramico ha subito variazioni tali da generare risultati colorimetrici diversi da quelli desiderati.

Il personale di fabbrica dispone quindi di uno strumento che permette di prevedere eventuali variazioni di tono e di intervenire sulle attrezzature digitali per compensare tali variazioni di processo.

E' ovvio che non potranno essere compensate tutte le variazioni di processo, ma solo quelle consentite dalla gamma colori del processo produttivo in atto.

E' comunque evidente il vantaggio di conoscere a priori se un prodotto è producibile o meno in relazione al processo produttivo corrente, evitando costose prove e dispendiosi scarti.

Vantaggi

- Semplicità d'uso
- Oggettività di giudizio
- Conoscenza immediata se produrre o meno
- Fornisce informazioni sulla costanza del processo
- Permette di mantenere sotto controllo il processo
- Fornisce informazioni per realizzare nuovi prodotti.

Come funziona

Nel processo proposto si possono individuare due fasi distinte che si svolgono in luoghi potenzialmente diversi ed a carico di attori eventualmente diversi; ogni attività si svolge mediante l'utilizzo di uno specifico strumento che di volta in volta, a secondo del suo utilizzatore, assume il ruolo di esecutore oppure di supporto alle decisioni.

Fase 1 (preliminare)

- stampa di **Target** (tavolozze) che mostrano i colori ottenibili con gli inchiostri ceramici disponibili;
- acquisizione ed analisi delle tavolozze e ottenimento del **modello del processo** di produzione, che chiameremo **palette**.

Fase 2 (operativa e ripetitiva)

- acquisizione dell'originale tramite scanner iperspettrale ISI o altro dispositivo, oppure scelta dell'originale tra un file disponibile o acquistato da terzi,
- scelta del modello di processo (*palette*),
- eventuale creazione di un *soft-proof* (simulazione a video),
- eventuale stampa di un *hard-proof* (stampa su carta),
- decisione se procedere alla creazione delle attrezzature digitali,
- trasferimento delle informazioni digitali alla stampante InkJet.

E' opportuno sottolineare che il sistema Xam è pensato per essere utilizzato anche da personale di fabbrica non esperto di elaborazione di immagini e che pertanto ogni qualvolta ci si riferisce ad una decisione da prendere la si deve intendere come valutazione di misure fornite dal sistema e non sulla valutazione estetica di immagini.

Così facendo:

- si evitano sprechi di tempo (prove) e materiali (smalti, piastrelle etc...) perché si capisce in anticipo ciò che è possibile ottenere o meno;
- si offrono all'utente dati oggettivi

ed indicazioni numeriche sulla qualità dei risultati ottenibili nonché sulle azioni correttive da intraprendere.

Potremmo inoltre definire una **Fase 3** quella di controllo, di cui parleremo in seguito, utile al laboratorio e/o al Controllo Qualità per verificare la ripetibilità del processo.

ISI - Acquisizione iperspettrale di immagini

Sia la Fase 1 che eventualmente la Fase 2 si servono del sottosistema ISI-500 di acquisizione iperspettrale delle immagini realizzato da Macs Tech, al quale dedichiamo questo paragrafo.

Ricerche svolte per oltre un decennio nel campo della visione artificiale hanno portato alla realizzazione dello *Scanner Iperspettrale ISI*: un sistema hardware che realizza un'immagine iperspettrale del campione che acquisisce.

Lo Scanner ISI (nell'immagine in alto a destra un esemplare) è un sistema completo progettato per produrre un'immagine iperspettrale di oggetti anche di spessori e caratteristiche diverse fra loro.

Acquisisce lo spettro dei colori nel visibile (400-700nm) su un'area di 550x550 mm, con una risoluzione spaziale che può variare da 3 a 20 pixel per mm.

Nel sistema Xam, ISI è utilizzato per:

- acquisire i Target, cioè il campionario delle combinazioni di inchiostri base, che permettono di realizzare il modello del processo (attività necessaria);
- acquisire eventualmente gli originali che devono essere riprodotti (attività opzionale).

Alcuni dettagli

Al fine di ottenere il modello del processo il sistema Xam utilizza alcune immagini appositamente costruite per questo scopo. In sintesi, si tratta di:

- immagine che studia l'andamento

degli inchiostri base nel processo (Target "Nomix");



- immagine che studia il comportamento degli stessi inchiostri quando vengono mescolate tra loro nel più alto numero di combinazioni compatibile con il processo in esame (Target "Tavolozza").

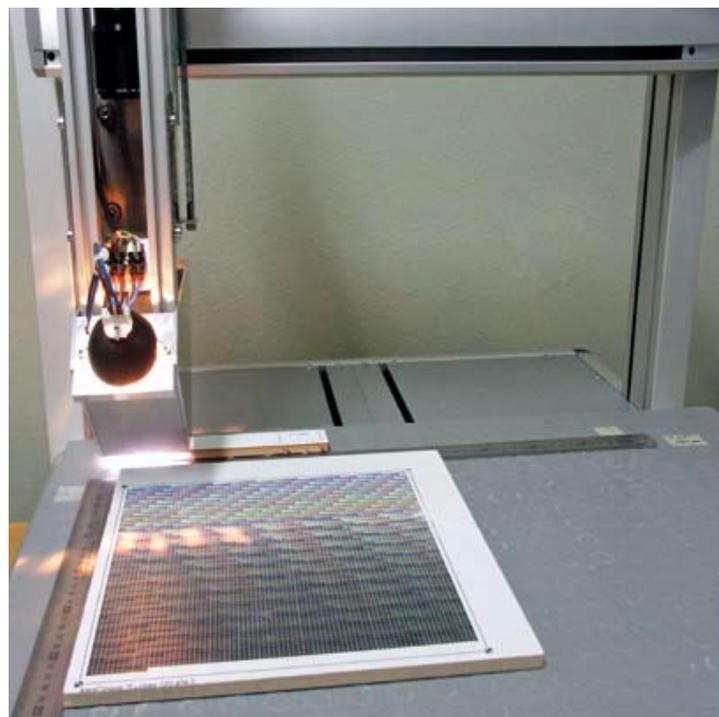


Le piastrelle decorate con queste immagini "Target" vengono acquisite tramite lo Scanner Iperspettrale ISI ed elaborate con il software che in modo automatico calcola il modello matematico del processo e lo concretizza in un file descrittore detto **palette**.

Una volta disponibile l'immagine originale, di cui vediamo qui a lato un esempio, è sufficiente istruire il sistema Xam con la **palette** che rappresenta il modello del dispositivo di decoro ed esso genera in maniera completamente automatica:

1. un'immagine virtuale (detta "proof") dell'originale;
2. le attrezzature digitali, cioè le informazioni digitali per la Stampante InkJet, rappresentate da tanti "piani colore" quanti sono gli smalti utilizzati.

Il sistema Xam consente all'utilizzatore di effettuare in modo semplice controlli accurati e soprattutto ba-



sati su parametri numerici. L'immagine virtuale, risultato del processo di separazione, viene mostrata sul monitor affiancata all'originale. Tale immagine virtuale a sua volta è stampabile su carta od altro supporto idoneo per una più idonea valutazione.

E' inoltre possibile utilizzare uno strumento mediante il quale si possono avere:

- informazioni dettagliate sulle differenze percettive tra l'originale e la copia virtuale;
- visualizzazione delle zone fuori

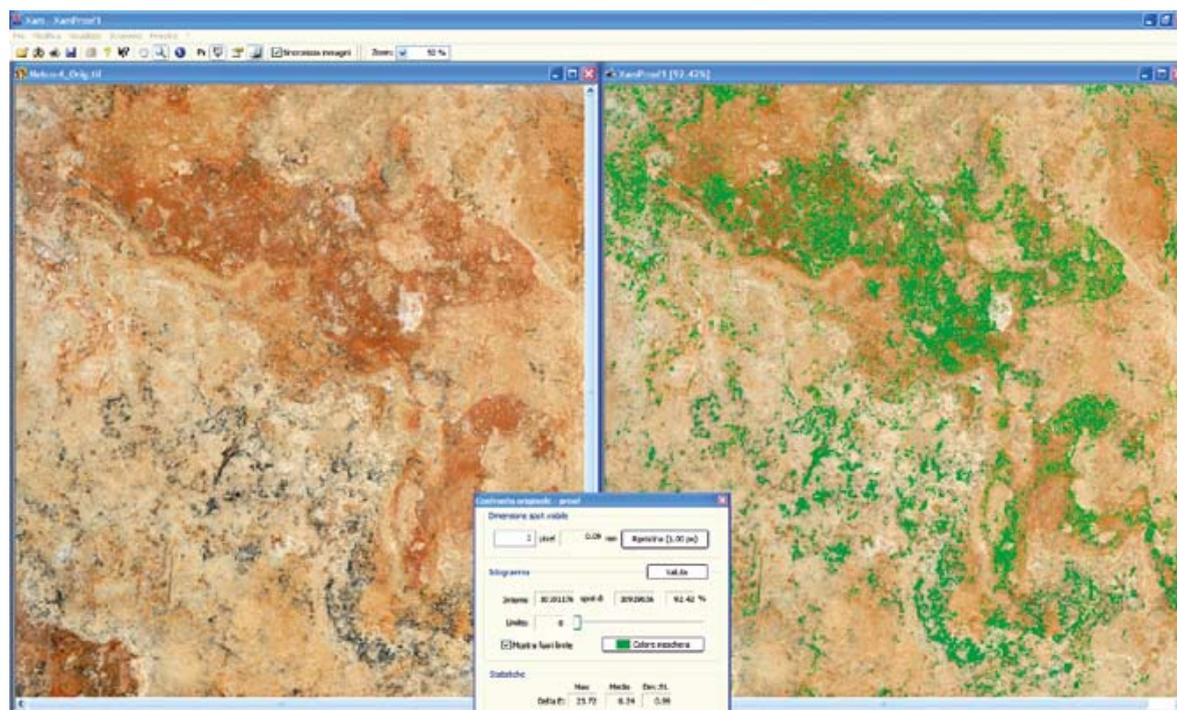
tolleranza rispetto ad una soglia modificabile in Delta E, cioè nel valore che rappresenta la misura della differenza colorimetrica percepibile dall'occhio umano.

In sintesi, dunque, l'utente che utilizza il software Xam ha tutte le informazioni e gli strumenti a supporto delle decisioni che deve prendere, ad esempio:

- alzare o abbassare la soglia Delta E impostata,
- cambiare **palette**,
- produrre un test di stampa su carta con stampante ink-jet ad

- alta risoluzione cromatica,
- produrre le attrezzature per la stampa in produzione di piastrelle *Demo*,
- procedere con la realizzazione delle attrezzature finali di produzione.

Nel caso decida di procedere con la stampa in produzione, l'utilizzatore di Xam dispone già di tutte le informazioni per produrla, leggasi i diversi piani colore che saranno inviati al dispositivo di stampa e che andranno poi a sovrapporsi sulla piastrella per formare l'immagine finale, senza ulteriori operazioni da effettuarsi. ■



Visualizzazione delle zone fuori tolleranza

