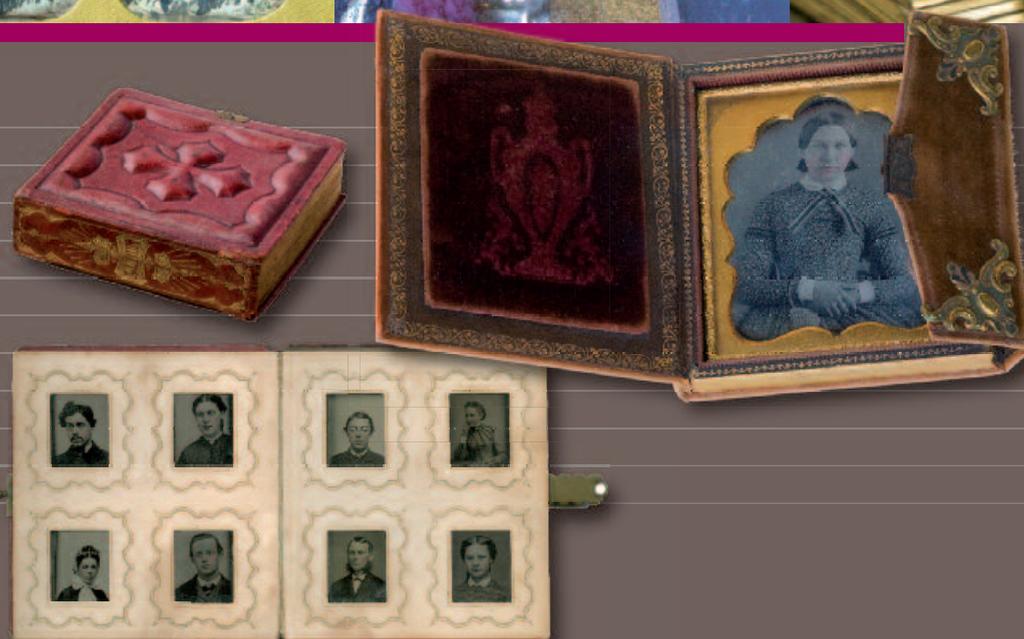


I MATERIALI FOTOGRAFICI

DALLE TECNICHE STORICHE AL DIGITALE



icpal

Istituto centrale
per il restauro e la conservazione
del patrimonio archivistico e librario

a cura di Donatella Matè e Maria Carla Sclocchi

5 Caratteristiche e componenti della fotografia digitale

5.1 Nascita del digitale

- 5.1.a Sintesi sulla storia della fotografia digitale
- 5.1.b Prospettiva della fotografia digitale

5.2 Caratteristiche dell'immagine digitale

- 5.2.a Aspetti dell'immagine digitale
- 5.2.b Rappresentazione dell'informazione cromatica nell'immagine digitale

5.3 Formati per le immagini digitali

- 5.3.a Principali formati
- 5.3.b Classe di formati RAW
- 5.3.c Dimensione dei file grafici

5.4 Metadati

- 5.4.a Metadati tecnici
- 5.4.b Standard di metadati tecnici per le immagini digitali
- 5.4.c Metadati tecnici nel contesto italiano
- 5.4.d Esempio applicativo di metadati tecnici

5.5 Supporti digitali

- 5.5.a Nastri magnetici
- 5.5.b Dischi magnetici
- 5.5.c Dischi ottici
- 5.5.d Memoria e stato solido
- 5.5.e Nuove tecnologie

5.6 Tecnologie per l'acquisizione e la stampa digitale

- 5.6.a Aspetti preventivi alla digitalizzazione, linee guida e standard internazionali
- 5.6.b Tipologie di scanner e test di calibrazione
- 5.6.c Acquisizione digitale e controllo di qualità
- 5.6.d Tecnologie per la stampa digitale

5.1 La nascita del digitale

G.E. Gigante, F. Liberati

L'attribuire ad un periodo storico un appellativo "epoca della riforma o della controriforma" o "l'epoca delle scoperte scientifiche o della stampa" ha il significato di individuare l'elemento principale che caratterizza gli avvenimenti del periodo, almeno in una determinata sfera della società. Queste operazioni sono spesso pericolose perché focalizzano l'attenzione su un particolare aspetto, seppure importante, distogliendo l'attenzione da una analisi più complessiva. Infatti, nel momento in cui si assiste ad un radicale cambiamento, è facilmente riscontrabile come da uno stimolo scaturiscano una serie di azioni, a volte complesse, che non sono direttamente collegate al fenomeno preso a simbolo dell'epoca. Un ulteriore elemento che ostacola una analisi completa ed accurata avviene quando si cerca di descrivere un cambiamento ancora in atto e vissuto dall'interno. In questo ultimo caso, definire e dare indicazioni precise del fenomeno risulta essere un compito arduo in quanto la molteplicità dei contributi che avvengono da diversi fattori porta inevitabilmente ad una correlazione di eventi, a volte disparati, che si legano strettamente gli uni con gli altri e difficilmente sono distinguibili. Quello che si può dire, in prima istanza, riguardo la rivoluzione tecnologica avvenuta negli ultimi quarant'anni va ricondotto sicuramente alle ricerche affrontate sui materiali atti a realizzare dispositivi per il trattamento e l'elaborazione di informazioni digitali. Nel contempo però, non è possibile prescindere

dai fattori che ne hanno condizionato l'evoluzione. La formalizzazione di teorie matematiche, chimiche e fisiche, infatti, hanno concorso a definire il concetto di 'digitale' e di 'scienza dell'informazione' come sono, ora, noti.

In ogni caso, se si vuole far scaturire la nascita del digitale da un aspetto prettamente pratico è possibile affermare che il millennio in corso sarà probabilmente ricordato come l'"Età del silicio". È quest'ultimo materiale ad aver consentito una rivoluzione progettuale senza precedenti, favorendo il progressivo e naturale passaggio della conservazione e trattamento dell'informazione dai tradizionali materiali analogici ai sistemi operanti su una codifica numerica. Circuiti integrati e microprocessori, realizzati in silicio, aventi elevata complessità progettuale hanno reso possibile, a partire dagli anni Quaranta, la costruzione di sistemi in grado di effettuare un gran numero di calcoli in tempi estremamente rapidi. Inoltre, la teoria sviluppata nel campo dell'informatica (riguardo la rappresentazione, la codifica e la trasmissione dell'informazione), gli apporti della chimica dei materiali (per la costruzione dei dispositivi atti alla memorizzazione dei dati discreti, come i nastri magnetici ed i supporti ottici) e della fisica (le fibre ottiche, il laser) nonché la continua evoluzione tecnologica (la nanotecnologia) hanno permesso un ampliamento del dominio applicativo. Da strumenti dedicati unicamente al calcolo, gli elaboratori elettronici sono diventati elementi es-

senziali in molti campi: fotografico, audio, audiovisivo, multimediale. Questo passaggio è stato spesso favorito da un immediato riscontro dei benefici apportati dal digitale rispetto ai risultati ottenibili dalle tradizionali tecniche analogiche.

5.1.a Sintesi della storia della fotografia digitale

Proprio in questo contesto il rapido sviluppo delle tecnologie digitali nell'ambito della fotografia è stato un episodio molto significativo. I primi lavori sulla riproducibilità di immagini elettroniche vennero affrontati da George Smith e William Boyle nel 1969, i quali riuscirono a formalizzare la teoria e lo sviluppo dei sensori ottici: i CCD (*Charge Coupled Devices*, dispositivo ad accoppiamento di carica). Boyle e Smith erano due ricercatori impegnati nella realizzazione di nuovi dispositivi per l'acquisizione di contenuti audiovisivi (video-sorveglianza e video-comunicazioni). Questi, mutuando i risultati ottenuti per le memorie a bolle magnetiche e sfruttando le tecniche di memorizzazione delle cariche tramite un sottile strato metallico depositato sulla superficie di un cristallo di silicio, progettarono il primo dispositivo di acquisizione, memorizzazione e riproduzione di immagini dinamiche (Fig. 1). Nell'aprile del 1970 venne presentato, nei laboratori *Bell di Murray Hill* (New Jersey), il primo prototipo di sensore ottico: una griglia regolare di sei celle fo-

Fig. 1

Smith e Boyle con un primordiale sistema di acquisizione basato su CCD.



Fig. 2

Immagine a tono di grigio 8-bit (sinistra)
Immagine a colori 24-bit (destra).



tosensibili, i *pixel*, in grado di "catturare" l'intensità luminosa da una scena di ripresa. Sebbene la produzione fu così rapida, solo a metà degli anni ottanta si riuscirono a realizzare le prime macchine digitali, che divennero un prodotto di massa a partire dalla metà degli anni Novanta. Dalla nascita del primo CCD, comunque, la fotografia tradizionale subì un progressivo ed inarrestabile cambiamento. Le principali aziende nel settore della fotografia hanno annunciato la progressiva cessazione della fabbricazione di pellicole fotografiche e dei materiali di sviluppo, le maggiori case produttrici si stanno ritirando dal mercato di sviluppo analogico per dedicarsi completamente al digitale. Quindi, in quasi trent'anni, si è assistito al completo passaggio al digitale. È un periodo estremamente breve, considerando la radicazione dell'industria delle pellicole fotografiche e la diffusione capillare della fotografia, in auge sin dai primi anni del secolo scorso.

L'archiviazione numerica delle immagini fotografiche, comunque, rappre-

senta una possibilità che ha diversi notevoli vantaggi e qualche problematicità. Il fatto che una fotografia, come qualsiasi immagine visibile (ma anche invisibile), possa essere scomposta in tanti piccoli elementi, i *pixel*, senza che si perda nulla, è un dato di fatto che ha a fondamento diverse ragioni scientifiche, che non è il caso qui di ricordare. Una fotografia digitale è quindi una tabella ordinata di numeri che possono essere utilizzati per riprodurre l'immagine stessa in una qualsivoglia periferica: video, stampante, ecc. La visualizzazione della fotografia viene fatta fissando un fattore, detto di risoluzione, che assegna il numero di *pixel* per pollice. Questo fattore è generalmente diverso nel caso in cui si impieghi un normale video (bassa risoluzione: pochi *pixel* per pollice) o che l'immagine sia stampata (alta risoluzione: molti *pixel* per pollice). Un ulteriore aspetto è la profondità cioè quante gradazioni di colore, o toni di grigio, sono rappresentate dai singoli valori numerici afferenti ai *pixel*. In immagini a toni di grigio, ad esempio, sono riservati di solito 256 livelli (8 bit)

che vanno da 0 (nero) a 255 (bianco); mentre in quelle a colori *true color* si usano almeno 24 bit, quindi 16777216 gradazioni di colore (Fig. 2).

Le motivazioni che hanno spinto a questo passaggio sono numerose, alcune delle quali legate più alla brevità del periodo di transizione piuttosto che alle conseguenze dell'inserimento della nuova tecnologia. In breve, tra i fattori determinanti nella nascita della fotografia digitale possono essere citati:

- la disponibilità di sensori ottici con elevate prestazioni sia in termini di risposta dinamica che di risoluzione e sensibilità;
- lo sviluppo di sistemi di gestione semplici ed algoritmi di elaborazione rapidi ed efficienti. Con il digitale la fase di trattamento delle immagini è immediata (contrasto, regolazione livelli etc.) ed, inoltre, si abbattano i costi dovuti ai materiali chimici per lo sviluppo e all'intervento dell'operatore addetto alla stampa;
- la nascita di algoritmi di compressione con perdita di informazione (*lossy*) o

senza perdita di informazione (*lossless*) rispettanti le caratteristiche della sintesi di immagini nel sistema visivo umano (a fronte di una minore fedeltà e definizione dell'immagine si ha un risparmio, in termine occupazionale, rispetto all'acquisizione "grezza" *raw*);

- l'adozione di strategie per la salvaguardia dei dati e la definizione di formati standard di immagini con specifiche aperte a nuove caratteristiche (inserimento di metadati, diritti di autore, *watermarking*);
- la diffusione dei sistemi di visualizzazione, condivisione e di archiviazione dati.

Occorre notare che la nascita del digitale, nell'ambito fotografico, è avvenuta così rapidamente perché tutto era pronto affinché ciò accadesse. In particolare, la microelettronica aveva raggiunto, negli anni Ottanta, un sensazionale sviluppo, per cui erano disponibili sensori ottici di pregiata risoluzione e con costi contenuti. I sistemi di gestione ed elaborazione delle immagini erano stati sviluppati e si erano superate limitazioni, tecniche ed economiche, che impedivano in precedenza un'efficiente trattamento dei dati. Infatti, alcuni eventi di poco antecedenti, permisero un più rapido sviluppo degli elaboratori elettronici in altri domini applicativi e diversi dal semplice calcolo, grazie a due fattori:

- negli anni Cinquanta avvenne lo sviluppo della televisione e di conseguenza la nascita dei primi sistemi di

Video Tape Recorder (VTR), che aprirono la strada alla memorizzazione di grandi quantità di immagini, soprattutto televisive;

- negli anni Sessanta ci fu il grande impulso delle imprese spaziali e la conseguente ricerca di tecniche efficienti per le trasmissioni dati. In quegli anni, a bordo dei satelliti venivano messe delle telecamere i cui segnali erano convertiti in formato digitale per poter essere trasmesse a terra. Vennero così perfezionati i metodi di acquisizione e quelli relativi alla riduzione del rumore (il *bias*, il *flat* e il *dark*) per poi passare a tecniche completamente digitali. Tra i pionieri di questi lavori è opportuno citare Eugene F. Lally.

Tutto questo accadeva prima dell'inizio della fotografia digitale. In particolare, nel 1975 fu realizzata la prima videocamera digitale (funzionante a CCD) con una qualità dell'immagine sufficiente per le riprese televisive in toni di grigio. Nello stesso anno, Steven Sasson costruì un primo prototipo di macchina fotografica utilizzando alcuni componenti elettronici di memorizzazione dati, una lente da telecamera ed un esemplare di sensore elettronico CCD disponibile dal 1973 (il modello *Fairchild*). Il sistema pesava 3,6 kg, produceva immagini in toni di grigio ed aveva una risoluzione di circa 10.000 *pixel* (nel 2009, è possibile disporre di risoluzioni superiori ai 25 milioni di *pixel*). I tempi di acquisizione erano di 23 secondi circa (nel 2009, sono nell'ordine di

$10^{-3}/10^{-4}$ sec), i dati venivano salvati su un nastro magnetico digitale e la visualizzazione richiedeva un monitor dedicato.

Ovviamente il sistema non è mai entrato in commercio. Sempre in quegli anni vi furono diversi tentativi in cui si sperimentarono tecnologie ibride analogiche e digitali finché, nel 1981, la Sony produsse il primo prototipo di macchina fotografica digitale la *Mavica* (*Magnetic Video Camera*) che registrava le immagini elettroniche su un apposito floppy disk. Tale dispositivo aveva due sensori CCD per misurare separatamente la luminosità ed il colore. Le immagini erano costituite da circa 720.000 *pixel* ed era possibile memorizzare solo 25 foto con risoluzione spaziale usata nel sistema televisivo (320x240) e profondità limitata a 10-8 bit (da 1024 a 256 toni di grigio o *palette* dei colori).

Da quel momento la competizione commerciale ha reso frenetica la corsa, e nel 1986 già erano in commercio sensori da 1,4 milioni di *pixel*, per fotografie di formato 13x18. Nel 1987 la Kodak realizzò una gamma di prodotti per acquisire, memorizzare e stampare le fotografie digitali e, nel 1990, incidere, usando il formato *Photo CD*, direttamente sui *compact disc* (CD), fino allora usati unicamente per la riproduzione di musica digitale. Questi furono il primo tentativo di realizzare sistemi completi atti alla gestione e fruizione di fotografie digitali e dei relativi standard.

Uno dei principali canali di diffusione dei sistemi di acquisizione di immagini

elettroniche sono state le scienze, soprattutto con la rapida trasformazione dei sistemi astronomici che in meno di un decennio, a partire dal 1979, hanno visto la conversione dei telescopi al digitale, l'impiego di telecamere digitali in satelliti (*Hubble Space Telescope*, 1990) e la nascita di numerosi gruppi di astrofili che fortemente hanno lavorato per la transizione al digitale. Altrettanto importante, all'inizio, è stato il ruolo della televisione e dei nuovi sistemi di comunicazione che hanno fortemente spinto verso le tecnologie digitali con la realizzazione, fin dalla metà degli anni Settanta, delle prime telecamere per riprese televisive e all'inizio degli anni Novanta con una rapida conversione del fotogiornalismo ai sistemi digitali. Va ribadito che si sono sviluppate prima le videocamere e solo successivamente quelle fotografiche; questo è accaduto per due ragioni concomitanti:

- il sensore CCD consente un acquisizione di immagini dinamiche, quindi è stato naturale sfruttarne al meglio le sue caratteristiche;

- il mondo della televisione è molto più "giovane" di quello della fotografia, quindi più pronto ad accettare le novità. Inoltre è ben nota la scelta della BBC che da più di dieci anni ha abbandonato il sistema analogico ed invia il segnale video in digitale sfruttando sia il canale terrestre che quello satellitare.

Vi è inoltre da considerare che, inizialmente, il vero vantaggio risiedeva proprio nella rapidità di trasmissione dati, grazie anche allo sviluppo dei sistemi di comunicazione globale basati sul digitale: la rete Internet. Già nel 1984, comunque, la Canon sperimentava la fotografia digitale alle olimpiadi di Los Angeles, provando ad entrare in un settore (quello commerciale) in cui la qualità dell'immagine è molto importante, dimostrando così la avvenuta maturazione delle tecnologie.

Tutti questi elementi, essenziali per finanziare il costoso sviluppo delle tecnologie, non sarebbero bastati se non vi fosse stato la contemporanea diffusione al grande pubblico degli elaboratori elettronici e, successivamente, la nascita

della rete con un conseguente enorme sviluppo delle risorse (in termini di memoria e di programmi) e del mercato delle immagini. Per dare dei riferimenti più precisi si può ricordare che l'*Apple* e il *Commodore*, primi calcolatori per un mercato di massa, sono apparsi nel 1974 e la rete si è sviluppata a partire dal 1991. Lo sviluppo dei sistemi di fotografia digitale è andato in parallelo. Nel 1990 la Logitech mise sul mercato il primo sistema fotografico completamente digitale, la *Dycam Model 1*, che consentiva di archiviare 32 immagini in toni di grigio di 90240 pixel ed un tempo di acquisizione superiore ai 10⁻² secondi. Nel 1994 la Apple introdusse l'*Apple QuickTake 100* primo sistema costruito per funzionare con un elaboratore elettronico. Un anno dopo la Kodak realizzò la *DC40*, a cui fece concorrenza la *Casio QV-11* e nel 1996 la *Sony's Cyber-Shot*, tutte in grado di interfacciarsi con i calcolatori elettronici (Fig. 3).

La possibilità di vedere e trasferire direttamente le immagini acquisite sugli elaboratori ne ha decretato l'immediato successo. In breve tempo, inoltre, la con-

vergenza tecnologica ha consentito un uso del documento fotografico, limitato nella sua dimensione analogica a risiedere su un supporto fisico ben definito, la carta, ad essere accessibile attraverso i più disparati dispositivi: cellulari, palmari, navigatori satellitari, cornici elettroniche ed altro.

5.1.b Prospettiva della fotografia digitale

Questi avvenimenti introducono altri temi di notevole importanza nel passaggio alla fotografia digitale. I primi sistemi usavano formati di archiviazione delle immagini digitali che erano di proprietà del costruttore. Negli anni novanta, sotto la spinta dello sviluppo dei sistemi di elaborazione e di gestione delle immagini, furono sviluppate le tecniche di compressione ed introdotti i principali formati delle immagini (TIFF, JPEG, BMP) alcuni dei quali mutuati dalla grafica digitale che aveva già avuto un significativo sviluppo.

È difficile discutere in maniera sintetica i complessi rapporti che si sono intrecciati tra grafica e fotografia digitale, che hanno condiviso una fase di rapido sviluppo a partire dai primi anni Novanta. La grafica ha sicuramente il merito di aver migliorato l'usabilità dei sistemi ed, in particolare, la gestione di consultazione ed archiviazione delle fotografie digitali. Inoltre, sono stati sviluppati i primi programmi per il disegno assistito che hanno permesso di sperimentare una serie di algoritmi che si sono successivamente dimostrati molto

utili per l'elaborazione delle fotografie. Sempre merito della grafica è stato lo sviluppo dei sistemi di visualizzazione 3D e di animazione, che rappresentano attualmente la nuova frontiera della fotografia e cinematografia.

Come abbiamo in parte già detto i principali fattori che rendono la fotografia digitale molto competitiva rispetto alle tecniche convenzionali sono: una trasmissione rapida ed efficiente, una gestione ed archiviazione semplice, una elaborazione immediata e l'uso in sistemi multimediali. Anche la significativa riduzione dei costi ha la sua importanza.

Tutti questi fattori non sono invece sempre determinanti nel caso della "fotografia d'arte", a parte la possibilità di integrazione multimediale. Questo spiega in parte la relativa lentezza con cui la fotografia digitale sia stata adottata dai professionisti del settore. La grande duttilità delle tecniche convenzionali, ben conosciute dagli artisti anche negli aspetti più nascosti, ha rappresentato un forte attrattore per i professionisti della generazione precedente a quella dell'avvento del digitale. I giovani fotografi stanno invece indagando le possibilità offerte dai vari algoritmi e nuove strumentazioni che estendono le tecniche convenzionali e ne propongono di nuove difficilmente ottenibili.

In ogni caso si riscontrano alcune problematiche che hanno origine dalla non completa consapevolezza dei rischi che possono incorrere al passaggio verso il digitale. Attualmente, dai dagherrotipi alle

stampe e pellicole, si ha una conoscenza approfondita dei fenomeni che possono corrompere, danneggiare o degradare gli originali analogici. Tramite un intervento preventivo ed un eventuale restauro è spesso possibile controllare il processo di degrado degli originali stampati. Nel digitale, la cui natura dell'informazione è una collezione di stringhe binarie, questi fenomeni non interessano solamente i dati ma anche i sistemi atti ad elaborarli e conservarli. I problemi relativi alla possibile corruzione dei dati, durante e dopo l'acquisizione, sembrano essere risolti grazie a tecniche di rilevamento e correzione errori ben collaudate (*CIRC*, bit di parità, ...). Resta ancora aperta la necessità di individuare il miglior supporto di memorizzazione (la cui struttura logica e chimico-fisica variano ed i tempi di aspettativa di vita non sono sempre ben definiti) ed i formati in cui sono organizzati i dati (spesso proprietari e, a volte, desueti, con l'inevitabile migrazione verso nuove specifiche). Questi sono alcuni degli aspetti strettamente correlati alla preservazione del digitale, fortemente condizionato anche dall'obsolescenza informatica. Un grande impegno, per la fotografia digitale, sarà quello di rispettare tutte le condizioni offerte dalla tradizionale ripresa analogica a vantaggio di un utilizzo e condivisione in contesti sempre nuovi e non convenzionali.

Fig. 3
Macchine fotografiche digitali: Mavica, Dycam, QuickTake, DC40, Cyber-Shot.

