

11. Memorizzazione delle immagini digitali

11.1 Struttura di un'immagine digitale e files ♦ 11.2 Memorizzazione con o senza compressione ♦ 11.3 Efficienza della compressione ♦ 11.4 Informazioni dell'immagine e formati file ♦ 11.5 Conversioni vettoriale/bitmap ♦ 11.6 Dati e formati file ♦ 11.7 Architettura dei sistemi di memorizzazione ♦ 11.8 Gestione gerarchica delle memorie di massa ♦ 11.9 Archivi per decenni ♦ 11.10 Tavole

11.1. Struttura di un'immagine digitale e files

Come già detto¹, le immagini digitali possono essere di tre tipi:

- immagini bitmap
- immagini vettoriali
- immagini miste

Un'immagine digitale viene registrata su un supporto di memorizzazione² come un *file* di dati qualunque, la cui struttura dipende dal tipo dell'immagine stessa.

Per le immagini *bitmap*, nel *file* possono essere contenute le seguenti informazioni

1. tipo di immagine *bitmap*³
2. numero di righe (M) e numero di colonne (N)
3. profondità (numero di *bit*) dei *pixel* (risoluzione radiometrica)
4. *palette* dei colori (se presente)
5. valori dei *pixel*⁴
6. informazioni aggiuntive
 - data di creazione
 - coordinate dell'origine, di solito il primo *pixel* in alto a destra (se particolare di un'immagine più grande)
 - tipo di *scanner* usato e suo profilo cromatico o profilo cromatico dell'apparecchiatura di origine
 - passi di campionamento su X(colonne) e Y(righe) o risoluzioni geometriche (*pixels/inch*)
 -

Alcuni metodi di memorizzazione consentono di registrare qualunque tipo di informazione si ritenga utile, ma le prime cinque della precedente lista sono assolutamente indispensabili per poter riutilizzare correttamente i dati del *file*. Per esempio, dal momento che i valori dei *pixel* sono memorizzati come una lunga sequenza di dati senza soluzione di continuità, se non si sapessero esattamente il numero di

¹ Vedi "Tipi o categorie di immagini digitali" in 8 Trattamenti preliminari e elaborazione dei toni cromatici

² *floppy disk*, HD, CD-R, nastri etc.

³ Vedi nota 1

⁴ Il complesso dei valori dei *pixel* viene spesso chiamato "dati immagine". Qui si è preferito usare questo termine per indicare tutti quei dati necessari a definire completamente un'immagine

righe e il numero di colonne 10.000 valori consecutivi potrebbero essere considerati indifferentemente relativi ad un'immagine di 100 righe e 100 colonne oppure a una di 200 righe e 50 colonne. Allo stesso modo, 30.000 valori potrebbero contenere le informazioni di un'immagine GL di 300 righe e 100 colonne oppure tre strati primari di un'immagine RGB *True Color* 100x100 se non si conoscesse il tipo di immagine *bitmap*. Analogamente, un CI non potrebbe essere visualizzato correttamente senza conoscere la sua *palette*.

11.2. Memorizzazione con o senza compressione

I valori dei *pixel*, di gran lunga la parte predominante delle informazioni contenute in un *file*, possono essere memorizzati usando due tecniche:

- senza compressione
 - numero di valori memorizzati = M (righe) x N (colonne)
 - nessun risparmio di spazio sul supporto di memorizzazione
- con compressione
 - numero di valori memorizzati inferiore a M x N, con un risparmio di spazio proporzionale al grado o rapporto di compressione:

$$(11.1) \quad \rho = \frac{BO}{BC}$$

dove BO è il numero di *byte* originali e BC il numero di *byte* dopo compressione⁵.

Le immagini digitali, come tutti gli oggetti “multimediali”, sono delle formidabili divoratrici di spazi di memorizzazione, da qui la necessità di comprimere i dati per ridurre l’ingombro dei *file* relativi, tralasciando di memorizzare tutte quelle informazioni che possono essere agevolmente ricostruite in fase decompressione o eliminando tutte quelle che non si ritengono necessarie alla comprensione della scena. A fronte di queste due modalità, i metodi di compressione si dividono in due categorie:

- **senza perdita di informazione** (*lossless*)
- **con perdita di informazione** (*lossy*)

Un metodo *lossless* comprime un'immagine in maniera tale che la sua ricostruzione dia luogo ad un'immagine assolutamente uguale all'immagine originaria. Viceversa, un'immagine compressa con un metodo *lossy* non può essere ricostruita che in modo più o meno accettabilmente simile all'originale.

In questo senso, le tecniche di compressione cromatica⁶ sono metodi di compressione *lossy*, in quanto, come visto, la perdita dei colori giudicati inessenziali alla visualizzazione è irreversibile. Anzi, i metodi *lossy* perdono informazioni proprio perché eseguono contestualmente anche una compressione cromatica⁷.

I metodi di compressione possono basarsi non solo sui colori contenuti nei *pixel*, senza alterare la loro

⁵ Questa definizione implica che il risparmio di spazio è tanto maggiore quanto maggiore è ρ . Una definizione alternativa può essere il reciproco della (11.1), $\rho = BC/BO$, e in tal caso il risparmio è tanto maggiore quanto è minore ρ . Per mantenere la proporzionalità fra risparmio e rapporto di compressione, si definisce $\rho = 1 - BC/BO$, dove ρ tende a 0 se il risparmio tende a essere nullo, e a 1 viceversa

⁶ Vedi **Visualizzazione di un'immagine digitale su un *medium* qualunque**

⁷ Vedi metodo JPEG più oltre

sequenza, ma anche sulla posizione dei *pixel* nell'immagine e sulla loro disposizione reciproca (geometria dell'immagine).

I rapporti di compressione dipendono sia dal metodo usato che dalla struttura della scena.

11.2.1. Metodi di compressione senza perdita di informazione

I principali metodi di compressione *lossless* sono i seguenti:

- **impaccamento di bit**
per esempio due pixel consecutivi di 4 *bit* (16 colori) possono essere impaccati in un solo *byte* di 8 *bit*
- **RLE (*Run Length Encoding*)**
compressione delle sequenze di *pixel* consecutivi uguali, per esempio una sequenza di *n pixel* consecutivi uguali a *V* viene ridotta alla coppia di valori (*n,V*). Il rapporto di compressione (11.1) di RLE è molto basso per immagini con sequenze statisticamente molto corte di *pixel* uguali, al limite uguale a 1 per immagini in cui non esistono sequenze di *pixel* uguali (p.es. 0,1,0,1,0,1,0,1,....). RLE si può estendere a sequenze di sequenze consecutive uguali
- **Huffman Encoding**
comprime analizzando l'entropia (contenuto informativo)⁸ dell'immagine, riducendo mediamente i *bit/pixel* al numero di *bit* dell'entropia stessa e impaccando i *bit*, eliminando così l'eventuale ridondanza informativa
- **LZW (*Liv,Zempel & Welch*)**, brevettato da Unisys e IBM
ogni sequenza significativa di *pixel* viene isolata e immessa in un "dizionario dei dati", se non ancora presente, quindi sostituita dal suo numero nel dizionario. L'impiego del dizionario è molto simile a quello della *palette* in un *Color Index* e il dizionario stesso deve quindi essere inserito nel *file* di immagine per poterne permettere la decompressione

Questi metodi non hanno tutti la stessa efficienza e i rapporti di compressione ottenibili dipendono dal tipo dell'immagine e della scena rappresentata.

11.2.2. Metodi di compressione con perdita di informazione

Il metodo di compressione *lossy* più diffuso è quello denominato **JPEG (*Joint Photographic Expert Group*)**. Questo metodo comprime separatamente i dati di luminanza e quelli di cromaticità usando in cascata diverse tecniche di trattamento matematico dei dati e di compressione:

1. *Discrete Cosine Transform*⁹ o *Wavelet Transform* (JPEG2000)
2. compressione cromatica per troncamento di luminanza e cromaticità
3. variante della compressione RLE
4. compressione *Huffman Encoding*

Il rapporto di compressione è controllabile dall'utente tramite la percentuale di perdita di informazioni. JPEG è applicabile solo a immagini GL e RGB *True Color* ed è efficiente soprattutto per immagini di tipo fotografico (*continous tone images*), con rapporti di compressione molto elevati senza perdita apprezzabile di qualità visiva, mentre le sue prestazioni sono mediocri per immagini artificiali, disegni a tratto e B/W.

I metodi *lossy* più efficienti impiegano la **geometria dei frattali**¹⁰. Tali metodi individuano

⁸ Vedi **Statistica**

⁹ Molto simile alla trasformata di Fourier, per la quale vedi **Armoniche, filtri numerici e maschere**

¹⁰ La geometria degli oggetti frattali è una geometria non euclidea dovuta a B. Mandelbrot. Un frattale è un oggetto con un

nell'immagine e memorizzano solo alcune strutture significative con cui ricostruiscono l'immagine stessa in fase di decompressione. L'immagine viene ricostruita iterativamente in qualunque scala per approssimazioni successive e il numero di iterazioni di ricostruzione determina l'approssimazione e quindi la perdita di informazione (controllata dall'utente). Il rapporto di compressione è elevatissimo per qualunque tipo di immagine.

11.3. Efficienza della compressione

L'efficienza di un metodo di compressione viene valutata in base a certe caratteristiche:

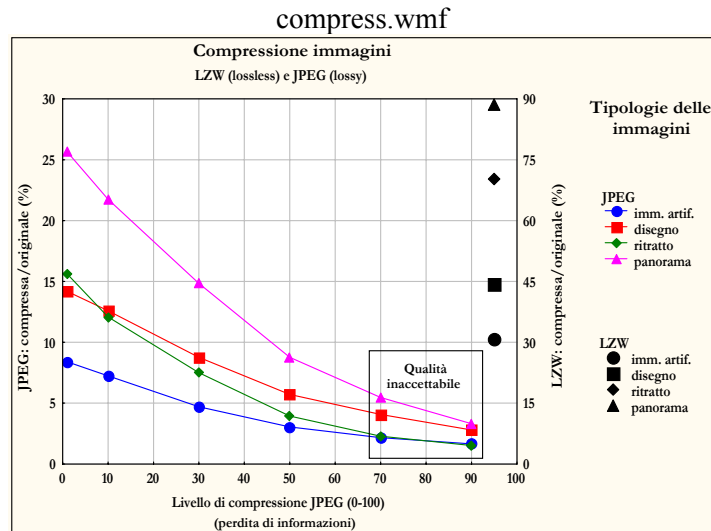


Figura 11.1. La complessità (contenuto informativo) delle immagini influenza notevolmente qualunque metodo di compressione. Per il metodo “lossy” di JPEG il rapporto di compressione, inoltre, non è proporzionale alla percentuale di perdita di informazioni

- velocità di compressione
 - alta: RLE
 - buona: LZW
 - media: JPEG
 - molto bassa: frattali
- velocità di decompressione
 - alta: RLE, frattali
 - buona: LZW, JPEG
- rapporto di compressione medio
 - altissimo: frattali
 - alto: JPEG
 - buono: LZW
 - medio-basso: RLE
- qualità dell'immagine compressa in relazione alla quantità di informazioni persa
 - molto alta: JPEG (per le immagini fotografiche)

numero di dimensioni non intero, che può essere ingrandito a piacimento scoprendo sempre nuovi particolari. Celebre è l'esempio del profilo di una costa, la cui lunghezza aumenta al diminuire dell'unità di misura impiegata per calcolarla poiché vengono inclusi sempre più particolari

- alta: frattali (per tutte le immagini)

L'efficienza della compressione dipende anche fortemente dalla complessità dell'immagine. Approssimativamente, immagini piatte, senza sfumature e con pochi colori hanno un basso grado di complessità, mentre immagini con molti colori, molte sfumature e numerose variazioni delle caratteristiche dei *pixel* si possono considerare molto complesse.

Poiché il contenuto informativo è una buona misura della complessità, l'efficienza della compressione dipende dall'entropia: quanto maggiore è l'entropia tanto meno efficiente è la compressione (Figura 11.1)

11.4. Informazioni dell'immagine e formati *file*

Tutte le informazioni dell'immagine sono contenute nel *file* secondo un formato caratteristico del metodo di memorizzazione scelto. Ogni metodo di memorizzazione fa riferimento ad un *software* determinato che, oltre che ad organizzare il *file* :

- comprime i valori dei *pixel* e ad inserirli nel *file*
- decomprime i dati contenuti nel *file* per ricostruire l'immagine

Ad ogni formato corrisponde un'estensione diversa del nome del *file*.

11.4.1. Principali formati *file* per immagini *bitmap*

I formati *file* per immagini *bitmap* sono ormai qualche centinaio, di cui molti specialistici e legati a particolari prodotti applicativi. I più generali e diffusi sono i seguenti:

- **BMP** (*BitMaP*, estensione nome *file* .BMP)
 - differenti versioni per sistemi operativi *Windows* o OS/2
 - tipi immagine: B/W, CI 16 o 256 colori, RGB
 - compressione: RLE o nessuna
- **GIF** (*Graphic Interchange Format*, brevetto CompuServe, estensione nome *file* .GIF)
 - è il formato più diffuso per le immagini *INTERNET*
 - più immagini in uno stesso *file*
 - possibilità di memorizzare l'immagine a righe alterne (formato *interlaced*, blocchi di righe prese una ogni quattro¹¹)
 - tipi immagine: CI da 1 a 256 colori
 - compressione: LZW
 - due versioni: GIF87a (versione originale) e GIF89a, con possibilità di animazioni, uso di maschere e altro
- **JPEG** (*Joint Photographic Experts Group* standard, estensione nome *file* .JPG)
 - tipi immagine: GL, RGB, CMYK
 - compressione: JPEG
- **MAC** (*Mac Paint*, estensione nome *file* .MAC)
 - tipi immagine: B/W, dimensioni 576x720
 - compressione: RLE o nessuna
- **PCD** (*KODAK Photo CD*, estensione nome *file* .PCD)
 - adatto per *CD-ROM*
 - 5 diversi formati a seconda delle esigenze professionali:

¹¹ Data la lentezza delle operazioni in rete, si ha la possibilità di interrompere il caricamento dopo la prima rozza visione del primo blocco

11 Memorizzazione delle immagini digitali

- *Master Photo CD* (fino a 100 immagini per *CD-ROM*)
- *Pro Photo CD* (da 25 a 100 immagini)
- *Print Photo CD* (per stampe professionali, 64 Base senza compressione)
- *Catalog Photo CD* (fino a 4500 immagini)
- *Portfolio Photo CD* (fino a 800 immagini oltre a dati multimediali)
- struttura file: pyramid encoding
- tipi immagine: RGB o CMYK con codifica dei valori dei *pixel* nel modello cromatico YCC o CMYK, quest'ultimo solo per *Print Photo CD*
- compressione: proprietaria
- immagine memorizzata in 6 risoluzioni (*Image Pac*):
 - 128 x 192 Base/16 (miniatura), *Master, Pro, Catalog*
 - 256 x 384 Base/4 (formato tessera), *Master, Pro, Catalog*
 - 512 x 768 Base (standard), *Master, Pro, Catalog*
 - 1024 x 1536 4 Base (grande), *Master, Pro*
 - 2048 x 3072 16 Base (*poster*), *Master, Pro*
 - 4096 x 6144 64 Base (professionale), *Pro* e *Print Photo CD*
- **PCX** (*PC Paintbrush File Format*, Z-Soft e Microsoft, estensione nome file .PCX)
 - tipi immagine: B/W, CI 16 o 256 colori, GL, RGB
 - compressione: RLE o nessuna
- **PNG** (*Portable Network Graphic*, estensione nome file .PNG)
 - simile al GIF89a, ma senza diritti di brevetto
 - estensioni al GIF89a
 - RGB 48 bit/pixel
 - GL 16 bit/pixel
 - canali alfa
 - parametro *gamma* originale
 - possibilità GIF89a non presenti
 - immagini multiple
 - animazioni
- **PSD** (*Adobe Photoshop image format*, estensione nome file .PSD)
 - formato legato al prodotto applicativo *Adobe Photoshop*
 - tipi immagine: tutti i tipi
 - compressione: RLE o nessuna
- **TARGA** (*Targa Image File*, Truevision inc., estensione nome file .TGA)
 - tipi immagine: CI 256 colori, GL fino a 16 bit, RGB fino a 32 bit
 - compressione: RLE o nessuna
- **TIFF** (*Tag Image File Format*, Aldus, estensione nome file .TIF)
 - è il più diffuso e versatile dei formati
 - industry standard per IBM e McIntosh
 - tipi immagine: B/W, CI, GL, RGB, CMYK
 - compressione: RLE, LZW o nessuna. La versione 6.0 supporta anche JPEG
 - inclusione di un'edizione ridotta dell'immagine per la consultazione rapida (*thumbnail*)
- **raw format**
 - e' la semplice memorizzazione della matrice dei *pixel* riga per riga
 - di solito le informazioni necessarie, come numero di righe e colonne e eventuale *palette*, vengono scritte su *file* separati

11.4.2. Principali formati *file* per immagini miste (*metafiles*)

Anche i formati *file* per immagini miste sono numerosi, ma i più diffusi sono i seguenti:

- **CGM** (*Computer Graphics Metafiles*, ANSI e ISO, estensione nome *file* .CGM)
 - tipi immagine inclusi: *bitmap* senza limiti + vettoriale
 - compressione: RLE o nessuna
 - formato sofisticato, ricchissimo di primitive grafiche
- **EPS** (*Adobe Encapsulated PostScript*, estensione nome *file* .EPS)
 - tipi immagine inclusi: vettoriale, B/W o ASCII per stampanti
 - basato su *Postscript Page Description Language*, linguaggio *standard* (testo ASCII) per descrivere i dati inviati alle stampanti
 - le stampanti in grado di decodificare direttamente tale linguaggio vengono dette stampanti *Postscript*
- **HARVARD GRAPHICS** (*Software Publishing*, estensione nome *file* .PRS)
 - struttura: proprietaria
 - compressione: nessuna
- **WMF** (*Windows MetaFiles*, *Microsoft*, estensione nome *file* .WMF)
 - variante del formato CGM per il sistema operativo WINDOWS

11.4.3. *Software*, applicativi ed evoluzione dei formati *file*

Essendo alcuni formati, come TIFF, estremamente elastici, spesso *software* differenti, ma relativi allo stesso formato, non danno risultati perfettamente equivalenti, soprattutto per quanto riguarda la quantità e il tipo di dati aggiuntivi memorizzati. In più, a volte sono gli stessi sistemi applicativi che non “passano” ai *software* dei formati i valori previsti dei parametri dell’immagine, come, per esempio, la risoluzione geometrica (*pixels/inch*).

Questa dipendenza dei vari formati dai *software* che li implementano e dagli applicativi può essere fonte di grandi sorprese.

Inoltre, i metodi per la creazione dei *file*-immagini sono in continua evoluzione, per cui non è detto che, se ora un certo formato prevede solo dati *bitmap*, non prevederà in futuro anche dati vettoriali e viceversa.

Le novità più recenti riguardano i formati TIF e JPEG:

■ TIF

- aggiunta del metodo di compressione *lossy* JPEG

■ JPEG2000

- evoluzione di JPEG
- la *Discrete Cosine Transform* è sostituita dalla *Wavelet Transform* più efficiente e strettamente imparentata con i metodi frattali
- unica tecnologia per compressione *lossless* e *lossy*
- qualità delle immagini superiore rispetto a JPEG
- accesso con ingrandimento, scorrimento e piastrellatura per immagini molto grandi a differenti livelli di risoluzione
- decodifica progressiva

- ❑ per qualità: la qualità dell'immagine aumenta con il procedere della decodifica
- ❑ per risoluzione: la risoluzione aumenta con il procedere della decodifica
- ❑ per posizione: la decodifica procede per porzioni dall'alto in basso
- decodifica anche solo di particolari
- rapporto segnale/rumore più alto rispetto a JPEG

11.5. Conversioni vettoriale/*bitmap*

11.5.1. Conversione vettoriale⇒*bitmap*

La conversione vettoriale⇒*bitmap* è molto delicata, poiché dati continui come le primitive grafiche devono essere discretizzati in *pixel*. I problemi sono molto simili a quelli della digitalizzazione¹² di un'immagine. Si devono scegliere le dimensioni dell'immagine *bitmap* da ottenere, ma se la risoluzione è insufficiente alcuni dettagli possono andar persi e la resa visiva può essere inaccettabile. I problemi maggiori riguardano la conversione dei *font* dei caratteri e l'eventuale assenza di correzioni *antialiasing*¹³. Inoltre, nella conversione va persa la capacità delle immagini vettoriali di essere rappresentate correttamente in qualunque scala¹⁴ (Tavola 11.1).

11.5.2. Conversione *bitmap*⇒vettoriale

Si tratta di convertire immagini digitali di disegni (a tratto, tecnici, mappe..) o di testi in immagini vettoriali (o miste), estraendo tutte le primitive grafiche significative. I metodi matematici usati sono molto sofisticati e quasi tutti devono essere istruiti sul particolare tipo di immagini da trattare. Il problema è quello di evitare che vengano vettorializzati anche dati non pertinenti (macchie, strappi, tessitura della carta ...).

Tutti i metodi producono una percentuale più o meno rilevante di errori che devono essere corretti manualmente. Di solito la percentuale degli errori è proporzionale alla complessità dell'immagine. I prodotti SW specializzati (soprattutto quelli adatti a decodificare disegni) sono a volte molto costosi e non sempre affidabili.

Il tipo di conversione che registra continui miglioramenti è quello relativo alla traduzione di immagini di testo stampato in dati alfanumerici¹⁵ (OCR, *Optical Character Reading*), spesso a partire direttamente dalla lettura da *scanner* dei documenti.

11.6. Dati e formati *file*

La sempre più spinta specializzazione dei dati nelle moderne applicazioni informatiche, soprattutto

¹² Vedi "Legge del campionamento (Shannon)" in **Scene, immagini analogiche e immagini digitali**

¹³ L'*aliasing* è l'errore causato dalla digitalizzazione di un'immagine con un passo troppo piccolo rispetto alla finezza dei dettagli rappresentati sulla scena, e con un errore di quantizzazione troppo elevato. Il tipico effetto dell'*aliasing* è la nota "seghettatura" delle curve originariamente continue. Le tecniche che tentano di correggere, per lo meno dal punto di vista percettivo, il fenomeno dell'*aliasing*, vanno sotto il nome di tecniche *antialiasing*.

¹⁴ Vedi "Tipi o categorie di immagini digitali" in **Trattamenti preliminari e elaborazioni puntuali dei colori**

¹⁵ Caratteri codificati in simboli associati a primitive grafiche relative al tracciamento dei caratteri stessi. Una particolare associazione simboli/primitive grafiche viene detta *font*

multimediali, ha fatto proliferare i formati *file*. Oltre a quelli relativi alle immagini digitali statiche, sono disponibili formati speciali per memorizzare:

- ❑ oggetti complessi composti da testo, dati vettoriali, dati *bitmap* e programmi di manipolazione (programmazione ad oggetti¹⁶)
- ❑ descrizioni si scene, in cui oltre ai dati, vengono anche memorizzati i programmi per ricostruire la relativa immagine
- ❑ sequenze di frame per l'animazione (p.es. formato MPEG)
- ❑ dati multimediali composti da immagini e suoni
- ❑ ipertesti ovvero testi ad accesso *random*

Recentemente si sono rese disponibili tecnologie molto semplici e usabili anche da un utente non specialista, le quali consentono di creare oggetti complessi a partire da dati di qualunque tipo e memorizzati nei formati più diversi. In particolare, il linguaggio testuale **XML** (*EXtensible Markup Language*) sembra essere molto promettente ed è già usato ampiamente per creare oggetti complessi da inserire in *database* relazionali o ad oggetti. Ogni oggetto complesso creato con XML contiene istruzioni –basate su regole predefinite o ad hoc– che organizzano secondo una certa logica un insieme di dati testuali (generalmente inclusi nell'oggetto stesso) e/o multimediali (generalmente indirizzati tramite *link*). Poiché tali istruzioni descrivono dei dati, l'oggetto stesso viene detto contenere metadati, ovvero dati che descrivono dati, semistrutturati. Tramite appositi applicativi, ormai largamente disponibili, è possibile, per esempio, trasformare un'oggetto XML in un complesso di pagine HTML che possono costituire un intero sito Web. D'altra parte, gli applicativi ORDBMS (*Object Relational Data Base Management System*) più diffusi già sono in grado di comprendere e trasformare oggetti XML in oggetti propri dei *database* (per esempio tabelle, BLOB (**B**inary **L**arge **O**bject), CLOB (**C**haracter **L**arge **O**bject) etc.). E' possibile anche costruire e gestire *database* puri XML (nativi)

11.7. Architettura dei sistemi di memorizzazione

La memorizzazione di grandi quantità di dati multimediali (immagini, suoni, testi, oggetti complessi etc.) pone delle vere e proprie sfide non solo per quanto riguarda gli spazi di memorizzazione, ma anche, e soprattutto, per quanto attiene alla loro organizzazione razionale in *database* (DB) di massa, dove i problemi di gestione, accesso e fruizione sono enormemente condizionati da costi e velocità di movimentazione.

A tal fine, con l'avanzamento tecnologico, la gerarchia logica dei dati complessi si e' tradotta nella gerarchia dei supporti di memoria.

La moderna tecnologia delle memorie di massa ha stabilito un rapporto direttamente proporzionale fra costo di memorizzazione per *MegaByte*(MB) e velocità di accesso, quindi fra questi due parametri e frequenza di movimentazione

I prodotti disponibili sul mercato possono essere ordinati secondo una scala ideale che va da bassi costi, basse velocità di accesso e usabili per basse frequenze di movimentazione (**sistemi off-line di archiviazione a lungo termine**), a prestazioni via via crescenti relativamente a questi parametri (**sistemi di accesso on-line**) (Tabella 11.1 e Tabella 11.2)

¹⁶ Per la programmazione ad oggetti vedi nota di "Tipi o categorie di immagini digitali" in **Trattamenti preliminari e elaborazioni puntuali dei colori**

Memorie di massa per DB				
velocità di accesso e uso	tipo	supporto	dimensione DB	costo
bassa (archivi) ↓	librerie di (unità e <i>jukebox</i>)	nastri	2 TB ↑	basso ↓
↓			↑	↓
↓	librerie di (unità e <i>jukebox</i>)	media ottici: CD WORM (Write Once Read Many)2 TB ↑	↓
↓		MO (Magneto Ottici) riscrivibili	↑	↓
media			↑	↓
↓	batterie RAID (*) di	dischi magnetici (<i>Hard Disk</i>)1 TB	↓
↓			↑	↓
alta (accesso)	RAM (Random Access Memory)		↑ ↑	↓ alto

(*) **RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks)**

Tabella 11.1. Relazioni fra velocità di accesso, uso, dimensioni e costo nei sistemi di memorizzazione e accesso di dati pittorici e multimediali

Capacità di memorizzazione		
tipo	modello	capacità (dati orientativi)
nastri (in <i>cartridge</i>) (*)	1/2" 1/4" 4 mm <i>DAT</i> 8 mm	senza compressione: 200 MB-40 GB 120 MB-50 GB 2-20 GB 2-60 GB
CD	CD-ROM CD-R CD-RW DVD-ROM DVD-RAM	650 MB 650 MB (registrabile) 650 MB (riscrivibile) 4.7-17 GB (lettura CD-ROM) 2.6-9.4 GB (lettura CD-ROM)
WORM MO (**)	3,5" 5,25" 12" 14"	128-650 MB 650 MB - 5.2 GB 6.6-15 GB 14 GB
magnetici rimuovibili		100 MB - 1.1 GB
HD		10 GB
jukebox di nastri		1-300 TB
jukebox di media ottici		100 GB-1.3 TB
batterie RAID di HD		...3-4 TB

(*) anche con dispositivi per velocizzare l'accesso. Previsti nastri ottici

(**) anche su *drive* multifunzione, MO, *WORM* e MO *pseudo WORM*

Tabella 11.2. Capacità di memorizzazione dei vari supporti (situazione recente sui mercati internazionali)

11.8. Gestione gerarchica delle memorie di massa

Al di là dell'organizzazione logica di un grosso *database* multimediale¹⁷, per risolvere i problemi di gestione, accesso e fruizione lo stato dell'arte attribuisce grande importanza alla gestione efficiente dei supporti di memoria. In un DB multimediale complesso è molto probabile che siano presenti vari tipi di supporti, anzi una loro diversificazione e specializzazione a seconda delle destinazioni d'uso all'interno di un sistema è auspicabile, non solo per ragioni di costo, ma anche di efficienza. Gli

¹⁷ I tre più importanti tipi di organizzazione logica dei dati in un *database* sono il relazionale (RDBMS, *Relational Data Base Management Systems*), quello orientato agli oggetti (OODBMS, *Object Oriented Data Base Management Systems*) e quello misto (ORDBMS, *Object Relational Data Base Management Systems*). La maggior parte dei prodotti disponibili sul mercato per la creazione e la gestione di un *database* sono ORDBMS

esempi sono numerosi. L'archivio di un ospedale¹⁸, di una grande biblioteca, il DB di un museo o semplicemente l'archivio delle immagini di una casa editrice, soprattutto se in rete, devono essere progettati in modo tale da ridurre i costi, consentire ricerche logiche agevoli e permettere accessi veloci e affidabili. In tali contesti, è inevitabile che il DB debba prevedere delle "fasi di lavorazione" delle informazioni che tengano conto del loro progressivo "invecchiamento" in relazione alla gestione a brevissimo, breve, medio e lungo termine. Per esempio, in un archivio fotografico sarebbe inutile e costoso continuare a tenere su supporti veloci ma costosi immagini molto particolari che vengono richieste solo in casi eccezionali (bassa frequenza di movimentazione), sfavorendo altre tipologie di uso più frequente¹⁹.

A parità di progettazione logica, l'efficienza di un DB multimediale, quindi, deve prevedere un'organizzazione e una gestione gerarchiche dei supporti di memoria (**HSM**, *Hierarchical Storage Management*). Poiché i costi sono proporzionali alle velocità di accesso permesse dai vari supporti (Tabella 11.1), appare logico stabilire la gerarchia in base a queste ultime.

Considerando che anche le RAM possono essere considerate come supporti (temporanei) in cui memorizzare informazioni multimediali²⁰, le velocità di accesso sono altissime per le memorie centrali, alte per i dischi magnetici, medie per i dischi ottici e basse per i nastri²¹.

Il concetto che è alla base di un sistema organizzato secondo HSM è quello di far migrare in *real time* gli oggetti multimediali da un supporto di livello più basso a uno di più alto livello per aumentare la velocità di accesso (uso prolungato e molte richieste) e viceversa da uno più alto a uno più basso se l'oggetto non viene usato per un certo periodo di tempo.

¹⁸ L'archivio ospedaliero è un classico esempio di DB multimediale, in quanto non deve contenere solo testi, ma anche immagini (RX, TC, NMR etc.), diagrammi, sequenze sonore etc.

¹⁹ E' ovvio che l'archivio fotografico di un quotidiano debba privilegiare le immagini di cronaca piuttosto, mettiamo, che quelle di carattere scientifico, mentre il rapporto può essere invertito per una rivista mensile con finalità culturali

²⁰ Si pensi ai sistemi in rete, dove le informazioni più frequentemente richieste sono mantenute permanentemente nella RAM del *server*

²¹ Negli ultimi tempi le velocità dei nastri sono aumentate in maniera esponenziale, ma rimane sempre il problema della loro sequenzialità, per cui un'informazione non può essere acceduta in modo *random*

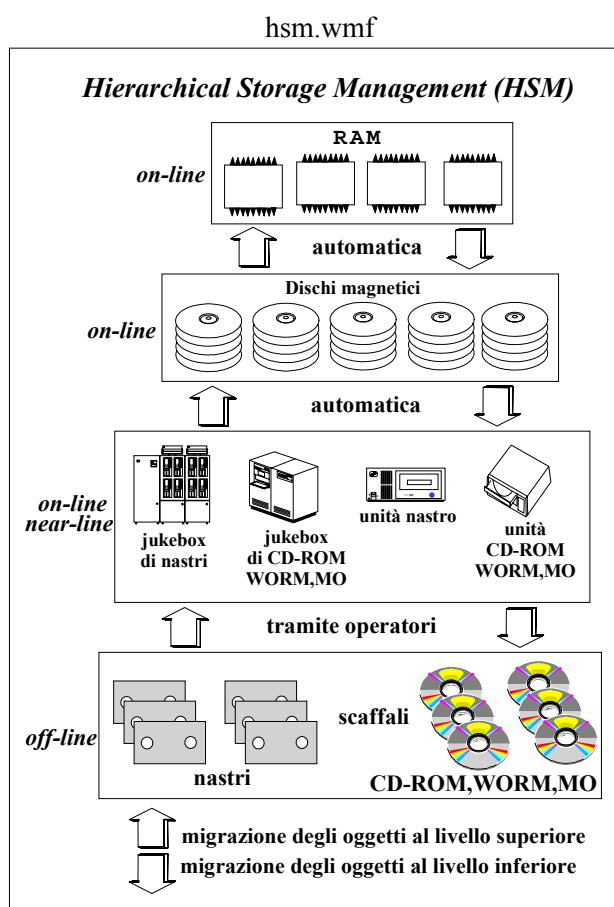


Figura 11.2. Schema della gestione gerarchica delle memorie (HSM)

In **Figura 11.2** è riportato lo schema generale di un HSM, dove i termini hanno il seguente significato:

- **oggetto:** un qualunque insieme di dati multimediali contenuto su un volume o su più volumi
- **volume:** un disco magnetico, un WORM, un MO, un CD-ROM, un nastro
- **unità:** lettore/scrittore di singoli volumi
- **jukebox:** unità multipla che può accedere a più volumi tramite bracci meccanici
- **on-line:** è *on-line* un volume già caricato nella stazione di lettura/scrittura
- **near-line:** è *near-line* un volume contenuto in un *jukebox* ma non ancora caricato sulla stazione di lettura/scrittura (verrà caricato a richiesta dai bracci meccanici)
- **off-line:** è *off-line* un volume che deve essere montato manualmente dagli operatori sulla sua unità

Come si vede, la migrazione è automatica a tutti i livelli tranne, di solito, l'ultimo, quello banale dei volumi verso gli scaffali di conservazione, eseguito manualmente dagli operatori su richiesta del sistema. Il grado di automazione dei sistemi HSM più sofisticati è molto alto, sino ad includere, con operazioni notturne e *unattended*²², la manutenzione dei dati e la preparazione delle nuove configurazioni delle informazioni in base a un programma giornaliero fornito dall'amministratore di

²² Cioè senza intervento degli operatori

sistema.

11.9. Archivi per decenni

Nei grandi archivi digitali, l'affidabilità dei supporti di memoria è ovviamente un fattore estremamente critico. Bisogna tener conto di due aspetti dei supporti:

- **vita media**
- **obsolescenza tecnologica**

Per quanto riguarda la **vita media** non ci sono eccessivi problemi, poiché per tutti i supporti si misura ormai in molte decine di anni (se non centinaia), durate che sono molto inferiori ad un'altra durata: quella della loro vita media "logica" o, in altri termini, quella dell' **obsolescenza tecnologica dei sistemi di scrittura e lettura**.

Con i ritmi attuali dell'innovazione tecnologica (6 mesi) la durata della vita media di qualunque supporto è molto superiore all'intervallo di tempo in cui ogni supporto sarà sostituito fisicamente e logicamente da un altro più evoluto.

La conservazione dei "vecchi" metodi di memorizzazione per i "vecchi" supporti non garantisce minimamente la sopravvivenza dell'archivio. Infatti, se una certa unità A di memorizzazione, in grado di registrare e leggere il supporto B, ma non più prodotta dall'industria, si guasta, nessuno garantisce che il mercato sia in grado di offrire un'unità diversa da A, ma pur sempre in grado di leggere il supporto B.

Questa criticità all'innovazione tecnologica è proporzionale alla complessità dell'organizzazione dei dati sul supporto: fra qualche anno sarà molto più difficile trovare lettori in grado di leggere un disco Magneto Ottico o un CD-ROM piuttosto che un nastro, registrato sequenzialmente con un codice molto più semplice. Ecco che allora si pone il problema di progettare soprattutto l'archivio delle acquisizioni digitali originali delle immagini tenendo conto di questi nuovi elementi, i quali portano in primo piano una strategia di mantenimento finora sottovalutata: il **rinfrescamento periodico dei dati**.

Per ovviare in primo luogo all'obsolescenza tecnologica, piuttosto che alla limitazione della vita media, un buon gestore di un archivio digitale deve prevedere un **piano periodico di riversamento delle informazioni** non solo su supporti più freschi (nuovi nastri, nuovi WORM e MO, nuovi HD), ma anche su supporti a nuova tecnologia, in modo tale da porsi al riparo da eventuali mutamenti di rotta del mercato, e questo anche se le "vecchie" macchine sono pienamente efficienti (o sembrano esserlo). Tutto ciò, naturalmente, comporta problemi economici che debbono essere attentamente valutati, problemi che debbono essere tenuti presenti anche nella scelta iniziale dei supporti di memorizzazione, dal momento che la memorizzazione su nastro magnetico è molto più a buon mercato (sia in termini di ammortamento che in quelli dei costi unitari per unità di supporto) di quella su WORM, MO e HD.

Ma i termini economici non esauriscono il problema del mantenimento di un'archivio digitale. Forse di gran lunga più critico è l' **aspetto politico-decisionale**, per cui i curatori si dovranno assumere la responsabilità delle priorità con cui le varie sezioni di una collezione dovranno di volta in volta essere rinfrescate, a parità di *budget*.

11.10. Tavole

mwr gb.wmf e mwr gbrs.tif

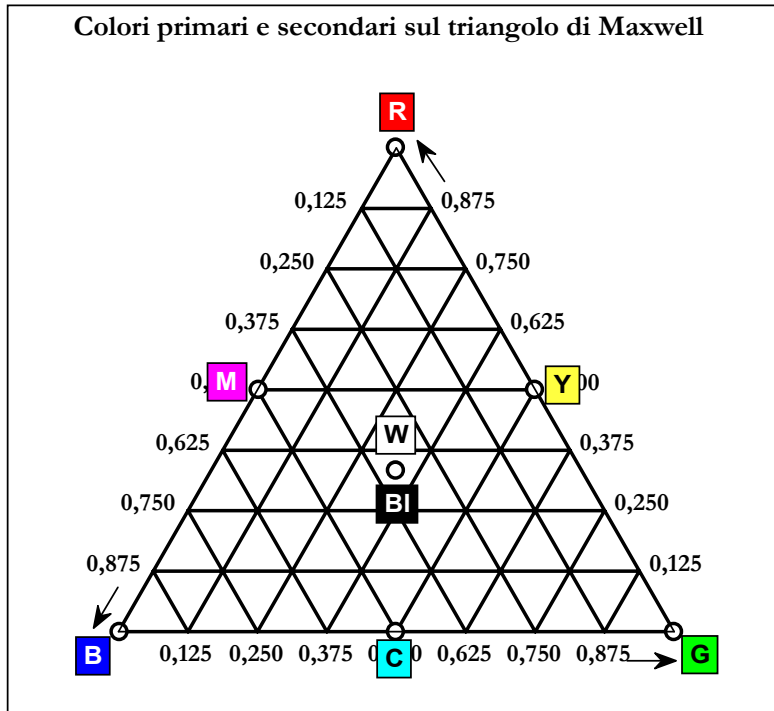


Tavola 11.1. La conversione vettoriale (sopra)→bitmap (sotto) a volte pone seri problemi di resa, soprattutto per quanto riguarda la conversione dei font di caratteri e l'uso di sistemi sprovvisti di buoni metodi di antialiasing.

