

Prospettive del Visual Retrieval nelle banche dati di immagini d'arte

Roberto Raieli*

Nessuno penserebbe di cercare in una banca dati letteraria una delle *Vite dei più eccellenti pittori scultori e architetti* utilizzando come chiave di ricerca un famoso disegno o uno schizzo dell'artista desiderato. Sarebbe molto comodo invece poter reperire in un vasto database di immagini una serie di piante di ville che, indipendentemente dall'epoca, dall'autore o dalla corrente assomiglino a quelle tipiche palladiane, utilizzando come campione per la ricerca semplicemente un progetto di Palladio. Oppure potrebbe essere un grande vantaggio per un utente non specialista la possibilità di trovare informazioni testuali su un autore di cui non conosce nemmeno il nome utilizzando come chiave di ricerca l'immagine di una sua opera trovata in un qualunque sito internet.

Non si può sostenere che interrogare fonti di documenti testuali con mezzi non testuali, visivi ad esempio, possa essere un'innovazione comunque valida nel campo delle arti figurative, si tratterebbe di una confusione di *linguaggi* tra il documento scritto oggetto della ricerca e la chiave visiva utilizzata, il che è sicuramente da evitare. Nei casi in cui s'interrogano tramite testo fonti documentarie visive, però, lo scambio di linguaggi opposto viene regolarmente attuato. Ma se non può essere un sistema valido ricercare un documento scritto tramite mezzi di linguaggio visivi, allo stesso modo non dovrebbe essere considerato, con pochi dubbi, un metodo efficace recuperare documenti consistenti in immagini attraverso l'uso di testi descrittivi. Piuttosto, ad esempio, dovrebbe apparire dispersivo cercare una fotografia di una zona urbana, nella quale ci sia un certo sito nei pressi di un fiume, tramite una complicata descrizione *a parole* del tipo di costruzioni o degli spazi desiderati, anziché sottoporre ad un apposito sistema di ricerca un *campione* visivo di una zona modello.

Lo stato attuale della tecnologia informatica, inoltre, sostiene e rilancia lo sviluppo di una società sempre più complessa ed esigente, la cui cultura tende sempre più ad essere onnicomprensiva fondandosi su una comunicazione estesa e *multimediale*.

Nell'odierna situazione culturale e tecnologica, quindi, appare limitativo continuare ad impostare la ricerca informativa nei termini di un generico Information Retrieval. Nella pratica tradizionale dell'Information Retrieval, infatti, ogni tipo di ricerca documentale è riportato alle condizioni di una ricerca tramite linguaggio testuale, è necessario invece considerare un più ampio criterio di Multimedia Information Retrieval, dove ogni genere di documento elettronico venga trattato, archiviato e ricercato tramite gli elementi di linguaggio, o di *metalinguaggio*, più adatti alla sua natura propria.

Si potranno distinguere, così, nella più generale metodologia del Multimedia Information Retrieval, un metodo di Information Retrieval basato su informazioni testuali per la ricerca di documenti testuali e un metodo di Visual Retrieval secondo cui i documenti visivi sono cercati e recuperati tramite dati visivi (vedi tab. 1). Ad essi si affiancano, completando il quadro, un sistema di Audio Retrieval nel quale l'informazione sonora è ricercata in misure di suoni, ed un Video Retrieval dove per il recupero di documenti audiovisivi si utilizza il linguaggio audiovisivo.

MultiMedia Information Retrieval

Information Retrieval

basato su
informazioni testuali
per la ricerca di documenti testuali

Visual Retrieval

in cui
i documenti visivi
sono recuperati tramite dati visivi

Tab. 1

In tale prospettiva le diverse questioni sviluppate e risolte relativamente ai tradizionali sistemi e strumenti di Information Retrieval cambiano aspetto quando si inizia a parlare di Multimedia Information Retrieval, come soltanto dello specifico del Visual Retrieval.

Il distacco principale tra i sistemi di archiviazione e recupero di documenti testuali e quelli di documenti visivi si focalizza nel sistema di analisi ed estrazione degli elementi indicatori del contenuto del documento e dei descrittori specifici delle sue caratteristiche. A ciò segue la problematica relativa all'impiego di tali dati di indicizzazione, sia per l'archiviazione dei documenti in una banca dati e per la creazione del relativo indice, sia per la messa a punto dei metodi e dei sistemi di ricerca e recupero applicabili all'archivio.

Nei database di immagini risultano troppo riduttive e poco efficaci l'indicizzazione e la ricerca basate sulle annotazioni terminologiche, rivelatesi, al contrario, assolutamente utili nei metodi di recupero di informazione testuale. Negli archivi dove il contenuto dei documenti è sostanzialmente un testo appare ovvio e appropriato che le chiavi che ne consentono l'accesso siano parole e frasi, o termini e codici, estratti *dall'interno* di quel contenuto stesso (vedi ad es. fig. 1). Negli archivi di immagini, invece, si rivela semplificato ed impreciso attribuire, *dall'esterno*, una descrizione testuale a contenuti che si fondano su un diverso regime di senso (vedi ad es. fig. 2).

Inoltre, se nei testi si può analizzare il concetto, pur con i limiti posti dalla soggettività del documentalista, e attribuire a questo un descrittore, non è invece egualmente efficace ripetere questa pratica per le immagini, in quanto i limiti della soggettività nel coglierne i concetti intimi sono ben maggiori. Non sempre, inoltre, il concetto interessa maggiormente del contenuto concreto delle figure, della rappresentazione in sé, dei tratti, delle forme, dei colori, cosa che invece avviene per le scritture, dove il concetto espresso interessa spesso più della maniera di esprimerlo, della lingua e dello stile, a meno che non si tratti di testi letterari.

Esempi di utilizzo appropriato dei linguaggi di ricerca:

Uso proprio:

chiavi di ricerca:		contenuto del documento:
		<i>Zhang, Jin</i>
zhang	→	<i>TOFIR: A tool of ... visual retrieval model</i>
tofir	→	The paper introduces a new method for the
visual space	→	visualization of information retrieval. <i>Angle</i>
angle attributes	→	attributes of a document are used to construct the angle-angle-based <i>visual space</i>.

Fig. 1

Uso improprio:

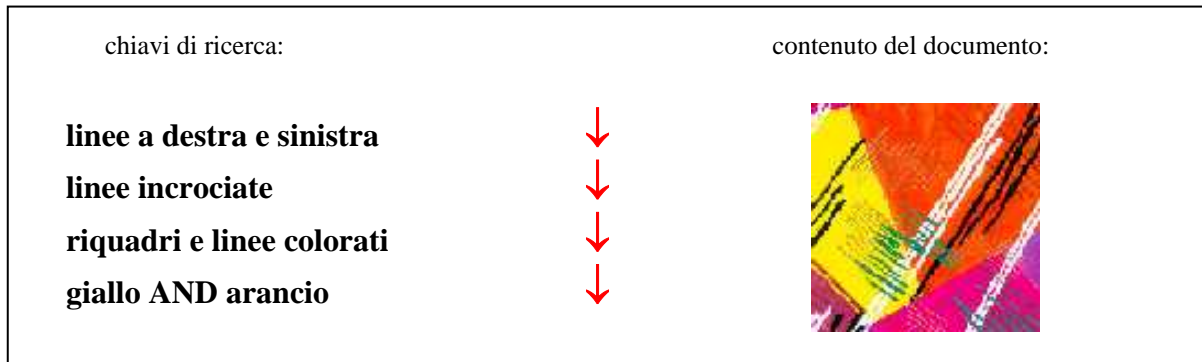


Fig. 2

Uso improprio:

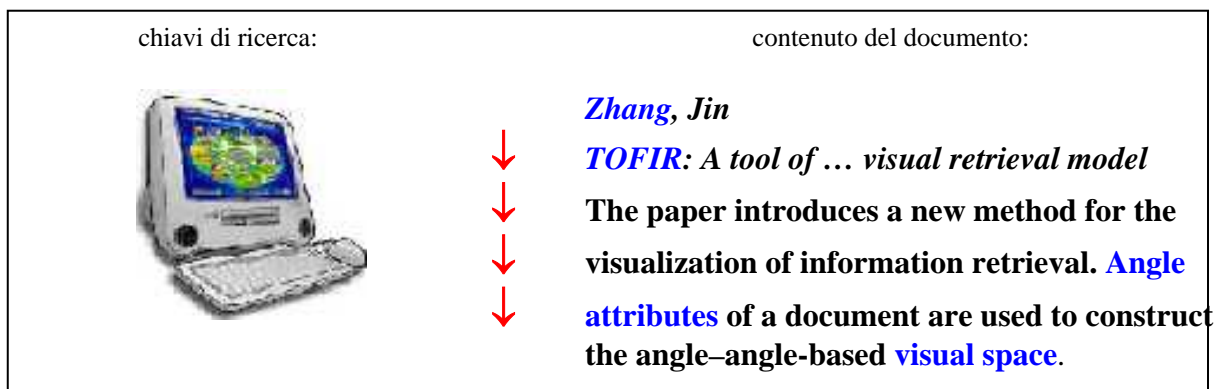


Fig. 3

Uso proprio:

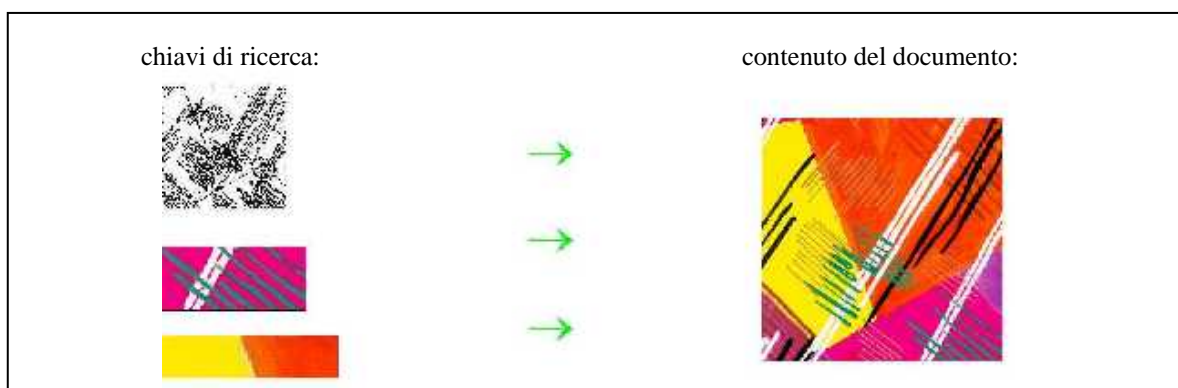


Fig. 4

Nei sistemi specializzati di Visual Retrieval si possono in genere attuare cinque differenti modalità per indicizzare, archiviare, ricercare e recuperare i documenti visivi digitali, definibili come modi di *astrazione* dei contenuti. Tali modalità vengono distinte in semantica, formale, strutturale, coloristica e parametrica, e possono costituire la struttura del sistema singolarmente o in diverse combinazioni tra loro.

La modalità *semantica* è il metodo più tradizionale, ma anche il più problematico nel campo delle immagini. Essa si basa sulla definizione di etichette testuali, descrittive caratteristiche, nomi, titoli, classi o concetti, da attribuire ad un'immagine, le quali dovranno essere conosciute e richiamate per consentire il recupero del documento associato.

La modalità *formale* si basa sulla capacità dell'elaboratore di attuare un confronto tra la forma, o il contorno, estratti dalla figura archiviata e quelli estratti dal modello con cui si definisce la query, messo a disposizione dal sistema o anche immesso dall'esterno. Il recupero del documento avverrà quando l'elaboratore valuterà un certo grado di vicinanza tra i valori dei dati rappresentativi delle immagini confrontate.

Il modo di astrazione *strutturale* si basa invece sulla scomposizione delle immagini archiviate in sezioni, il sistema stimerà poi la somiglianza della composizione strutturale di queste con la struttura delle sezioni di una figura modello, le quali faranno dunque da chiavi di ricerca. Il recupero di un'immagine potrà avvenire allora in base alla similitudine a tali chiavi di qualcuna delle sezioni che la compongono.

L'astrazione *coloristica* consiste nel rappresentare le immagini estraendo da esse i vari colori, o i diversi grigi, che le costituiscono. Le operazioni di archiviazione e recupero si baseranno in conseguenza sul trattamento ed il confronto dei valori dei dati relativi a tali proprietà coloristiche della figura.

Infine, la modalità *parametrica* è fondata sulla determinazione dei valori dei parametri rappresentativi della forma, della struttura e del colore dell'immagine. Il sistema potrà recuperare un'immagine tramite il confronto tra i valori dei vari parametri immessi nella query, attraverso una figura modello o compilando un'apposita griglia, e quelli posseduti dalle immagini in archivio.

Qualunque sia la modalità di trattamento dei documenti, e quindi di strutturazione del database, in genere il metodo più pratico e corrente per la creazione di un archivio digitale è quello di analizzare e indicizzare le immagini soltanto all'atto della creazione della banca dati, o dell'aggiornamento dell'archivio. Il processo è relativamente semplice, e può attuarsi in modo manuale con l'assistenza del computer, o in modo automatico nel caso in cui le immagini non mostrino troppe complessità (vedi tab. 2).

In un sistema così creato la ricerca viene solitamente impostata a partire da una prima consultazione del database, quasi sempre di tipo semantico, che consenta di estrarre da esso immagini che possano poi diventare dei modelli, cioè utilizzabili per lanciare la query in altre forme, avvalendosi in sostanza di una sorta di *tesauro visivo* interno all'archivio stesso. Le immagini estratte volta per volta possono essere modificate nelle caratteristiche, prese per parti, o associate tra loro, secondo gli strumenti che il sistema offre, rilanciando così, ogni volta, diversi modelli che centrino meglio la ricerca (vedi tab. 3).

Un sistema molto più raffinato è quello in cui le immagini possono essere analizzate anche in fase di query, quindi in cui, soprattutto, i modelli per l'interrogazione si possono immettere dall'esterno, o disegnare con gli strumenti a disposizione, non solo in forma di parametri ma come compiute figure di esempio. Le ricerche in questo caso possono essere condotte molto liberamente, senza i vincoli di un tesauro visivo precostituito consistente nello stesso archivio. È necessario prevedere però che la tecnologia del sistema sia in grado, in ogni fase, di analizzare e di elaborare automaticamente ed in breve tempo le immagini esterne proposte (vedi tab. 4).

Funzionamento del sistema (Creazione archivio e indice)

Analisi visiva: individuazione degli elementi figurativi del documento.

Datafiling: creazione del file di dati generale dell'immagine.

Caratterizzazione: estrazione dei dati caratteristici relativi agli aspetti principali della figura e collegamento al datafile generale.

Indicizzazione visiva: aggiornamento dell'inverted file costituito dai dati visivi caratteristici e da quelli generali di ogni immagine.

Descrizione: collegamento delle opportune informazioni testuali.

Tab. 2

Funzionamento del sistema (Ricerca e recupero)

Ricerca preliminare: interrogazione di tipo terminologico per selezionare una parte dei documenti dell'intero database.

Ricerca visiva: utilizzo di qualcuna delle immagini estratte come modello di esempio per lanciare la query visiva.

Matching: cattura automatica dei documenti la cui similitudine con il campione è di grado compreso nel parametro impostato.

Approfondimento: utilizzo delle ulteriori immagini estratte, modifica delle caratteristiche, selezione di parti, associazione di figure, per rilanciare la query.

Tab. 3

Funzionamento di un sistema di VR avanzato

Analisi visiva in fase di query: effettuata automaticamente e non soltanto all'atto della creazione o dell'aggiornamento del database.

Modelli esterni: interrogazione tramite campioni immessi direttamente dall'esterno del database.

Composizione modelli: possibilità di produrre liberamente un modello di query tramite apposite funzioni del sistema.

Tab. 4

La rivoluzionarietà dei sistemi di Visual Retrieval si fonda sulla base di una tecnologia di archiviazione e recupero che tratta direttamente il contenuto visivo dei documenti, definita per questo *content-based*, in opposizione ai tradizionali sistemi di indicizzazione e ricerca basati su termini descrittivi di tale contenuto visivo, detti *term-based*.

Il metodo del Visual Retrieval, in definitiva, sperimenta la possibilità di reperire le immagini tramite gli appropriati mezzi del linguaggio visivo stesso, come la somiglianza, l'approssimazione ed i rapporti di misure e valori, utilizzando chiavi di ricerca che siano figure, strutture, forme, tratti, linee e colori (vedi ad es. fig. 4).

Bisogna tuttavia ribadire che un buon livello di precisione nel recupero dei documenti visivi si può raggiungere solo utilizzando in *combinazione*, e mutua integrazione, tecniche e tecnologie di ricerca basate sia sulla definizione dei concetti, tramite termini controllati, sia sulla rappresentazione del contenuto, attraverso elementi visivi.

I due sistemi possono infatti essere integrati, non essendoci motivo in alcuna prospettiva di innovazione di non considerare la validità che il sistema tradizionale continua a mantenere in molte occasioni. L'interrogazione *term-based* può, intanto, essere un ottimo metodo preliminare per selezionare una parte della grande quantità di documenti di un archivio, e per centrare la ricerca in base a dati quali gli ambiti d'appartenenza delle immagini, le tipologie, le classi, i titoli, gli autori. Quindi, può essere un sistema finale di ripulitura dall'inevitabile *rumore* specifico di un'interrogazione *content-based*. In tutto ciò i due procedimenti possono operare sempre in armonia ed in interazione costante, in un unico sistema e con un'unica schermata di ricerca.

Le versioni del sistema hanno trovato diversa fortuna e sviluppo a seconda dei differenti campi in cui sono state progettate e applicate: Disegno ingegneristico, Immagini satellitari e astronomiche, Scienze della Terra e immagini geografiche, Archivi fotografici delle forze di polizia, Immagini biomediche, Architettura, Storia dell'Arte e arti visive.

Per ciò che riguarda in specifico il campo dell'Arte e dell'Architettura, i sistemi di Visual Retrieval più avanzati possono risultare molto utili nel supporto alla ricerca teorica e alla pratica creativa, tanto come strumento per i professionisti quanto come guida per gli utenti comuni. Il sistema può essere applicato ad ampi archivi di progetti, disegni, fotografie di opere, e quant'altro i sistemi digitali di produzione o riproduzione consentono di archiviare elettronicamente.

Nella maggior parte degli archivi di immagini d'arte il recupero di documenti avviene tramite parole chiave, queste non costituiscono però proprietà inerenti direttamente il contenuto dei documenti visivi. È arduo inoltre riuscire a trovare un esatto set di termini in grado di descrivere tutte le proprietà caratteristiche di un'immagine, e che sia utile per tutti i tipi di utenza. A dispetto del rigoroso sistema di termini controllati di tesauri come AAT (Art and Architecture Thesaurus), o di sistemi fondati su nuovi metodi di classificazione che puntano più direttamente alla rappresentazione del contenuto iconografico come IconClass, il metodo di reperimento attraverso termini descrittivi è ottimo solo per i documenti di testo, in cui il contenuto è sostanziato di parole, e perde molta efficacia se applicato alle immagini.

Il miglior modo di approcciare alle grandi banche dati visive, allora, è quello di trattare e ricercare le immagini direttamente in base al loro contenuto, fatto di strutture, forme e colori. La richiesta dell'utente potrà essere costituita semplicemente dall'invio di un'immagine di query, con o senza precisazioni attraverso parametri o testi, e il sistema potrà reperire immagini che possiedono simili caratteristiche. Le immagini recuperate possono essere visualizzate insieme ad una serie di importanti documenti informativi corrispondenti, quali note critiche, schede e tabelle tecniche, informazioni sugli studi in corso, e altre note e riferimenti di ogni genere, nonché link per immagini simili.

Il campo delle immagini d'arte, dunque, appare come l'ambito più naturale per l'impiego del metodo visivo, di fatto però si constata che interessa solo in via sperimentale, e la ricerca interna è poco sviluppata.

Alcune ragioni di questo si trovano nella necessità di utilizzare sistemi informatici tecnologicamente molto avanzati e costosi, indispensabili per il trattamento di immagini spesso molto ricche dal punto di vista figurativo. Ma oltre ciò, i metodi content-based e quelli automatici non sempre risultano i più adatti a soddisfare le esigenze più elevate degli specialisti del settore. Il senso di un'opera d'arte deve essere colto nella sua totalità, nella considerazione simultanea delle tante qualità visive e intellettuali, di aspetto e di significato, concrete e astratte. Se è molto difficoltoso il tentativo di tradurre la ricchezza comunicativa del linguaggio visivo nel mezzo estraneo del linguaggio testuale, i sistemi d'accesso visivi si dimostrano però inadeguati ad indicare la molteplicità di punti interpretativi intellettuali, anch'essi utili per l'accesso alle immagini.

I sistemi di Visual Retrieval, quindi, mantengono sempre validità nel caso di un approccio diretto e *visivo-contenutistico* all'immagine, ma presentano una certa limitatezza nel caso di un approccio teorico e *intellettuale-interpretativo*. Queste sono le migliori ragioni per ribadire che i due procedimenti, terminologico e visivo, devono operare in armonia ed in costante interazione, nella composizione di una formula di query che combinando figure e testi possa servire per la ricerca di immagini molto complesse, il cui contenuto figurativo si estende a tutti i livelli di *senso* e *significato* delle forme visive, dove anche le definizioni concettuali hanno importanza per soddisfare ogni tipo di esigenze di ricerca.

Applicazioni pratiche.

In Europa un crescente numero di studi e convegni sull'argomento del Visual Retrieval attesta l'entusiasmo di molti enti ed organismi che si occupano della gestione di documenti visivi per le nuove possibilità di valorizzare ancor più i propri archivi e la relativa attività. A questo si accompagna la generalizzata percezione della necessità di un maggiore impegno nella ricerca sui sistemi di documentazione multimediali.

Uno dei più avanzati progressi europei in questa direzione può essere rappresentato dalle sperimentazioni dell'Università di Brema. Nei laboratori dell'Università è stato infatti messo a punto, dall'AI Group in collaborazione con l'IBM, il sistema ImageMiner, il quale è in grado di analizzare automaticamente le immagini producendo due ordini di indicizzazione del loro contenuto. Un modulo, interpretando le caratteristiche visive, le riferisce poi a dei termini, creando un vero e proprio tesoro terminologico; un altro modulo invece estrae queste caratteristiche nella loro immediata concretezza figurativa, creando una sorta di tesoro visivo. Il sistema, quindi, è successivamente in grado di attuare ricerche sia sulla base dei termini, sia utilizzando dati relativi alle forme, le strutture ed i colori¹.

Altro notevole sistema di archiviazione e recupero di immagini è VIPER (Visual Information Processing for Enhanced Retrieval), realizzato dal Computer Vision Group dell'Università di Ginevra. In questo programma le ricerche possono essere impostate a partire dal browsing di una prima serie di immagini proposte dal sistema, ognuna delle quali è rappresentativa di una categoria e consente, se selezionata ed inviata come dato di query, di continuare la ricerca con criteri propriamente visivi. È prevista anche la possibilità di interrogare il database partendo da un'immagine campione immessa dall'esterno o recuperata da un sito web².



Fig. 5. Schermata della Demo di VIPER

Importanti sono, ancora, il sistema PicToSeek dell'Università di Amsterdam, che è realizzato per essere applicato al Web, nonché il programma Image and Multimedia Retrieval del Politecnico di Losanna³. Rilevante per completare il panorama europeo è, infine, il sistema JACOB (Just A Content Based query system for video databases), messo a punto dal Computer Science & Artificial Intelligence Lab all'Università di Palermo⁴.



Fig. 6. Schermata della Demo di JACOB

Più ricco e vario di quello europeo è il panorama delle ricerche e delle realizzazioni negli Stati Uniti. Infatti, oltre l'intensa attività di molte università, anche una certa quantità di enti ed aziende private rilancia la ricerca sul Visual Retrieval, nonché lo sviluppo e la diffusione commerciale di software, hardware ed altri strumenti per la gestione delle immagini.

Il più antico dei sistemi di Visual Retrieval è QBIC (Query By Image Content) dell'IBM, messo a punto fin dalla fine degli anni Ottanta; ovviamente esso si è evoluto con i tempi, e tutt'oggi rappresenta uno dei sistemi più all'avanguardia. QBIC si applica ai database di immagini ed a quelli di video, è strutturato per il trattamento di documenti prodotti in differenti campi specifici di applicazione, ed è implementato nelle banche dati di ogni tipo di istituto o azienda in molti paesi del mondo. Le sue possibilità di indicizzazione e di ricerca content-based delle immagini sono le più ampie. Esso consente interrogazioni per forma, struttura, colore, parametri, termini e combinazioni di queste modalità; è possibile proporre

campioni dall'esterno come produrre modelli con gli strumenti messi a disposizione; strumenti di elaborazione delle immagini recuperate consentono, inoltre, di modificarle per rilanciare la query; in più, esso può riconoscere anche singole figure di un complesso ed utilizzarle isolatamente per le interrogazioni, come combinarle con quelle di altri complessi. Tutto questo in QBIC è possibile secondo alti gradi di raffinatezza dei processi e di qualità della resa visiva⁵.



Fig. 7. Home Page di QBIC

Altro importante programma di Visual Retrieval è quello realizzato dall'Image and ATV Lab della Columbia University di New York, denominato Columbia's Content-Based Visual Query Project. Il programma è diviso in diverse sezioni, ognuna delle quali è predisposta per rispondere a necessità di ricerca diverse. Il modulo chiamato VisualSEEK è quello principale, in esso è possibile impostare le query in base al colore ed al contorno delle figure, nonché utilizzare strumenti per la creazione dei modelli e degli esempi; il modulo WebSEEK è quello di impiego più semplice, basato sui testi e sui colori, applicabile anche nel Web; MetaSEEK, passato poi nell'ambito dell'IMKA (Intelligent Multimedia Knowledge Application) Project, è un'interfaccia utilizzabile per condurre ricerche su archivi differenti, un meta-motore di ricerca applicabile ad altri motori di ricerca content-based⁶.



Fig. 8. Pagina di query di WebSEEK

Rilevanti sono i programmi ImageQuery ed Image Database Project dell'Università della California a Berkeley, risalenti nella prima formulazione al 1986, anche se poi riformulati intorno al 1990. In direzione del Visual Retrieval il progetto più importante è quello dell'interfaccia ImageQuery, nata con lo scopo di mettere a disposizione di tutti i dipartimenti dell'Università uno dei primi *sistemi* di differenti database di immagini digitali⁷.

Ancora, nel panorama statunitense, sono da considerare i due sistemi del Massachusetts Institute of Technology: Photobook, ed Example Driven Image Database Querying⁸. Infine, bisogna citare il progetto ImageRover, dell'Università di Boston; il programma Query by Examples for Large Image Databases, dell'Università del Michigan; ed il sistema MARS (Multimedia Archives Retrieval System), dell'Università dell'Illinois ad Urbana-Champaign.

Riferimenti bibliografici e risorse di rete.

Un importante saggio che presenta la problematica generale del Visual Retrieval, dotato di un'ampia bibliografia, è costituito da ENSER Peter G. B., *Pictorial Information Retrieval. Progress in documentation*, "Journal of Documentation", vol. 51 n. 2, 1995, p. 126-170.

Altro interessante scritto, che introduce l'intera tematica del Multimedia Information Retrieval, è rappresentato da GROSKY William I., *Managing Multimedia Information in Database Systems*, "Communications of the ACM", vol. 40 n. 12, 1997, p. 73-80.

Una serie di discussioni, tanto introduttive quanto specialistiche, su diversi aspetti teorici, pratici ed applicativi del Visual Retrieval è contenuta in DEL BIMBO Alberto (ed.), *Image and Video Databases: Visual Browsing, Querying and Retrieval*, "Journal of Visual Languages and Computing", vol. 7 n. 4 (speciale), 1996.

Anche se non molto recente, il report di una completa sperimentazione di uno dei più importanti sistemi di Visual Retrieval, descrittivo del modo di operare del programma, si trova in HOLT Bonnie, HARTWICK Laura, *Retrieving Art Images by Image Content: The UC Davis QBIC Project*, "Aslib Proceedings", vol. 46 n. 10, 1994, p. 243-248.

L'evoluzione del panorama dei database di immagini, nella quale trova collocazione il nascere della problematica del Visual Retrieval, è descritta in BESSER Howard, *Image Databases: The First Decade, the Present and the Future*, in Heidorn Bryan P., Sandore Beth (eds.), *Digital Image Access & Retrieval. Papers Presented at the 1996 Clinic on Library Applications of Data Processing, 24-26 mar. 1996, Urbana-Champaign, IL*, Urbana-Champaign IL, University of Illinois, 1997, p. 11-28.

Riguardo alla determinate questione di un metodo di indicizzazione appropriato al materiale multimediale ci si può riferire a SVENONIUS Elaine, *Access to Nonbook Materials: The Limits of Subject Indexing for Visual and Aural Languages*, "Journal of the American Society for Information Science", vol. 45 n. 8, 1994, p. 600-606. Le complesse esigenze dell'utenza dinanzi agli archivi di immagini, motore della necessità di un sistema avanzato di Visual Retrieval, sono discusse in ARMITAGE Linda H., ENSER Peter G. B., *Analysis of User Need in Image Archives*, "Journal of Information Science", vol. 23 n. 4, 1997, p. 287-299.

Un'ampia serie di riferimenti bibliografici e di link a diverse risorse si può trovare sul Web: in particolare in COMPUTER VISION GROUP, *Viper's CBIRS page*, 2003, http://viper.unige.ch/other_systems; in Berkeley Digital Library SunSITE, *Digitizing Images and Text*, 2000, <http://sunsite.berkeley.edu/Imaging>; ed ancora in BESSER Howard, *Image Database Bibliography*, 1996, <http://sunsite.berkeley.edu/Imaging/Databases/Bibliography>.

Per concludere, bisogna almeno citare:

AGOURIS Peggy et al., *Sketch-Based Image Queries in Topographic Databases*, "Journal of Visual Communication and Image Representation", vol. 10 n. 2, 1999, p. 113-129.

BACH John R. et al., *The Virage Image Search Engine: An Open Framework for Image Management*, "Proceedings SPIE: Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases", vol. 2670, 1996, p. 76-87.

BESSER Howard, TRANT Jennifer, *Introduction to Imaging: Issues in Constructing an Image Database*, Santa Monica, Getty Art History Information Program, 1995, <http://www.getty.edu/gri/standard/introimages/index.html>

CASTELLI Vittorio et al., *Progressive Search and Retrieval in Large Image Archives*, "IBM Journal of Research and Development", vol. 42 n. 2, 1998, p. 253-268.

ENSER Peter G. B., *Image Databases for Multimedia Projects (European Research Letter)*, "Journal of the American Society for Information Science", vol.46 n.1, 1995, p.60-64.

FINN Robert, *Query By Image Content*, "IBM Journal of Research and Development", vol. 40 n. 3, 1996, p. 22-32.

FLICKNER Mark et al., *Query by Image and Video Content: The QBIC System*, "IEEE Computer", vol. 11 n. 28, 1995, 23-32.

HARPER David J., JOSE Joemon M., *An Integrated Approach to Image Retrieval*, "The New Review of Document and Text Management", vol. 1, 1995, p. 167-181.

HEIDORN Bryan P., SANDORE Beth (eds.), *Digital Image Access & Retrieval. Papers Presented at the 1996 Clinic on Library Applications of Data Processing, 24-26 mar. 1996, Urbana-Champaign, IL*, Urbana-Champaign IL, University of Illinois, 1997.

JAIN Raj (ed.), *Proceedings of Visual Database Systems 3: Visual Information Management*, Lausanne, Chapman and Hall, 1995.

MAYBURY Mark T. (ed), *Intelligent Multimedia Information Retrieval*, Cambridge, MIT Press, 1997.

NOACK Manfred, *Image Mining. Stand der Entwicklung auf dem Gebiet von Image-Retrieval-Systemen*, "NFD Information Wissenschaft und Praxis", vol.49 n.2, 1998, p. 73-76.

QI Hairong, SNYDER Wesley E., *Content-Based Image Retrieval in Picture Archiving and Communications Systems*, "Journal of Digital Imaging", vol. 12 n. 2 suppl. 1, 1999, p. 81-83.

RAIELI Roberto, *Il sistema del Visual Retrieval*, "Bollettino AIB", vol. 41, n. 1, 2001, p. 47-68

RAIELI Roberto, *MultiMedia Information Retrieval*, "Biblioteche Oggi", vol. 19, n. 10, 2001, p. 16-28

RAMSEY Marshall C. et al, *A Collection of Visual Thesauri for Browsing Large Collections of Geographic Images*, "Journal of the American Society for Information Science", vol. 50 n. 9, 1999, p. 826-834.

RORVIG Mark E., *A Method for Automatically Abstracting Visual Documents*, "Journal of the American Society for Information Science", vol. 44 n. 1, 1993, p. 40-56.

SMITH John R., CHANG Shih-Fu, *VisualSeek: A Fully Automated Content-Based Image Query System*, "Proceedings of the ACM Multimedia '96", vol. 11, 1996, p. 87-98.

ZHANG Jan., *TOFIR: a tool of facilitating information retrieval - introduce a visual retrieval model*, "Information Processing and Management", vol. 37 n. 4, 2001, p.639-57.

* Biblioteca d'Area delle Arti – Sezione Architettura, Università Roma Tre, Roma
raieli@uniroma3.it

¹ L'Università di Brema forniva una presentazione di ImageMiner all'indirizzo Web <http://www.tzi.uni-bremen.de/BV/ImageMiner>, ma l'accesso risulta al momento non più attivo.

² Il Computer Vision Group mette a disposizione una demo di VIPER, ed una ricca serie di materiali bibliografici, all'indirizzo <http://vipер.unige.ch>

³ Il sistema PicToSeek è in parte disponibile all'indirizzo <http://www.wins.uva.nl/research/isis/zomax>; il Politecnico di Losanna espone in rete il suo progetto allo <http://lcavwww.epfl.ch/LSI/index.html>

⁴ JACOB è presentato all'indirizzo <http://www.csai.unipa.it/research/projects/jacob>

⁵ L'IBM non fornisce una demo di QBIC, ma mette a disposizione materiale informativo e bibliografico sugli studi ad esso relativi all'indirizzo di rete <http://www.qbic.almaden.ibm.com>

⁶ Tutti i moduli del Columbia's Content-Based Visual Query Project sono disponibili in rete per una sperimentazione: VisualSEEk all'indirizzo <http://www.ctr.columbia.edu/VisualSEEk>, WebSEEk all'indirizzo <http://www.ctr.columbia.edu/WebSEEk>, e MetaSEEk allo <http://www.ctr.columbia.edu/MetaSEEk>.

⁷ Una presentazione dell'intero UC Berkeley Digital Library Project si trova all'indirizzo Web <http://elib.cs.berkeley.edu>

⁸ Photobook è in rete allo <http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/photobook/index.html>; Example Driven Image Database Querying è allo <http://www.ai.mit.edu/~jsd/Research/ImageDatabase/Abstract>