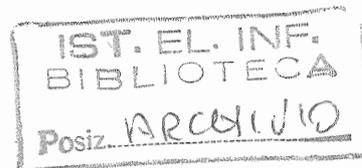


Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE
DELLA INFORMAZIONE**

PISA



**Un modello per l'archiviazione
e la restituzione di immagini**

Stefania Biagioni, Giorgio Leone
e Andrea Romani

Nota Interna B4-52
Dicembre 1994.

INTRODUZIONE

Metodi di elaborazione numerica delle immagini sono estensivamente utilizzati in diversi settori di ricerca e sviluppo. Vi sono settori che usano le immagini come dati principali: nella medicina, per l'elaborazione di immagini mediche ricavate dalle moderne strumentazioni sia analogiche che digitali; nell'industria, per il riconoscimento di oggetti, nell'Office Automation, per la lettura e l'interpretazione automatica di testi ed informazioni scritte su supporti cartacei; nel telerilevamento, per l'elaborazione di immagini provenienti da satelliti o da piattaforme aeree e così via.

Tralasciando quelle applicazioni in cui l'immagine è soltanto un dato marginale, trattato saltuariamente o al quale non vengono applicate delle procedure di elaborazione, la capacità dei sistemi di elaborazione di trattare efficientemente immagini digitali necessita di un progetto adeguato ad ottenere una efficiente configurazione hw/sw: talvolta la combinazione delle singole risorse individuate e delle loro caratteristiche può definire dei veri e propri sistemi "dedicati" alla singola applicazione.

Sebbene le soluzioni dedicate abbiano il pregio di portare a sistemi molto efficienti, tuttavia difettano generalmente di flessibilità, modularità e portabilità: l'introduzione di nuovi strumenti hw/sw, necessari per potenziare o aumentare le funzionalità del sistema, può risultare quindi complessa.

Un approccio diverso di grande interesse che si può adottare è invece la definizione di un unico sistema sw "generatore", nel quale l'immagine digitale ha un ruolo centrale.

Per ogni particolare ambiente di applicazione, il generatore viene istanziato secondo la configurazione hw e le funzionalità che l'ambiente deve possedere: in questo modo, alle

caratteristiche di efficienza proprie dei sistemi "dedicati" (legati soprattutto ad una scelta di particolari dispositivi e periferiche), si aggiungono i vantaggi di buone modularità, flessibilità, portabilità ed espandibilità. Ogni istanza del modello generico conduce alla definizione di un cosiddetto "Sistema di Gestione per Immagini", individuando cioè un sistema rivolto alla memorizzazione, elaborazione e restituzione di dati immagine.

La definizione di un generatore ottimale di Sistemi di Gestione per Immagini riceve attualmente l'interesse della comunità scientifica che si occupa dei problemi connessi alla elaborazione, ed in generale al trattamento numerico di immagini.

In questo lavoro si affronta, nell'ambito del Sistema Informativo South Pole del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), il problema di modellare la componente di memorizzazione, elaborazione e restituzione di dati di tipo immagine di un generatore di Sistemi di Gestione per Immagini. Le immagini sono archiviate in banche dati dislocate nei Centri Settoriali Locali Tematici distribuiti sul territorio e tra loro connesse via rete telematica a formare un Macro-Sistema Informativo.

In particolare si propone una metodologia di gestione che definisce tre livelli di descrizione delle immagini:

- descrizione generale: l'immagine viene vista nella sua completezza come un assemblamento di oggetti;
- descrizione come insieme di oggetti contenuti: ciascun singolo soggetto che fa parte dell'immagine viene descritto da una apposita scheda;
- descrizione delle relazioni semantiche tra oggetti: consente di collegare tra loro i descrittori di sottoimmagine.

Questa classificazione consente al sistema una gestione delle immagini anche sulla base del loro contenuto parziale, sono possibili cioè indicizzazioni che permettono all'utente di formulare un comando di recupero basato solo su caratteristiche parziali dell'immagine richiesta.

In particolare, si è considerato un modello di Base di Dati che, inserendosi nel progetto di un generatore di Sistemi di Gestione per Immagini, presenta delle caratteristiche di integrazione, semplicità, efficienza e flessibilità; tale modello risulta sufficientemente generale ed adeguato ad essere impiegato in una varietà di applicazioni tipiche del trattamento numerico delle immagini.

Il modello risponde alla necessità di trattare immagini di diversi formati, alla capacità di gestire strutture dati prodotte o utilizzate da elaborazioni numeriche e/o simboliche, alla flessibilità e potenza di definire e strutturare associazioni fra dati.

Tale modello è stato valutato anche in relazione alla notevole variabilità dell'ambiente hw/sw in cui la componente di archiviazione deve essere operativa: ciò ha richiesto un esame approfondito delle interazioni fra i vari moduli hw/sw che compongono un Sistema di Gestione per Immagini.

La prevedibile variabilità dell'ambiente Hw in cui può essere inserito il sistema è stata risolta, dal punto di vista del componente di archiviazione, scomponendo i dati in due gruppi distinti ma logicamente connessi da una relazione *dato logico --> dato fisico*.

L'architettura sw indotta da questa scelta consente di svincolare completamente il progetto e la realizzazione di una tale componente di gestione dalla particolare dotazione hw dell'ambiente in cui deve essere inserita: l'analisi dei suoi requisiti sw è stata compiuta considerando le necessità dei programmi di elaborazione e le immagini.

Il compito svolto dalla componente di gestione non si limita soltanto ad eseguire un insieme di funzioni per la memorizzazione e il recupero dei dati: le peculiarità dell'elaborazione e dell'universo dei dati integrati che costituiscono il dominio di un tale sistema implica di individuare classi di dati e relazioni fra di essi. In questo modo la componente di gestione è stata "elevata" al rango di Base di Dati dedicata.

Nella definizione delle varie classi di dati si è considerato esplicitamente la presenza di dati immagine, dati applicazione di processo elaborativo, dati documentazione, dati associazione e loro composizioni; in particolare si sono definiti dei meccanismi di strutturazione adeguati a descrivere le relazioni che possono stabilirsi fra immagini.

Il lavoro è stato organizzato in tre parti.

Si introducono sinteticamente alcune definizioni fondamentali di un sistema per la gestione di immagini (immagini logiche e fisiche) e viene evidenziata la differenza fra un sistema General-Purpose che tratta anche immagini ed un Sistema di Gestione per Immagini dedicato.

Quindi vengono discussi alcuni sistemi che trattano dati immagine. L'analisi effettuata evidenzia dei limiti che giustificano la definizione di una base di dati *ad hoc*. I sistemi descritti sono: DIMAP, REDI, Tang e Grosky ed EMIR.

Infine vengono illustrate le caratteristiche del modello proposto ed in particolare vengono esaminati: la classificazione delle immagini tramite grafi; gli aspetti relativi alla struttura delle immagini (immagini atomiche e composte); le relazioni semantiche tra le varie componenti di un'immagine e le varie classi di dati necessarie alla gestione dei dati. In conclusione viene presentato un esempio di applicazione del modello proposto.

1. IMMAGINI LOGICHE E IMMAGINI FISICHE

I problemi principali che si hanno nel progettare un sistema per la gestione di immagini sono legati all'acquisizione, recupero e manipolazione di grandi quantità di dati e di informazioni grafiche. Queste problematiche hanno indirizzato le ricerche verso modelli di gestione basati su informazioni di tipo logico e fisico, prevedendo cioè per ogni oggetto di tipo pittorico due livelli di descrizione: una descrizione fisica (*immagine fisica*) che è rappresentata dalle immagini digitalizzate acquisite da telecamera o da macchina fotografica, cioè la rappresentazione visiva del soggetto. Queste vengono immagazzinate nelle memorie del sistema e vengono descritte in apposite tabelle alfanumeriche (*immagini logiche*) dove vengono inseriti gli aspetti generali dell'immagine e le sue caratteristiche: sono così chiamate perchè attraverso di esse il dato immagine viene interpretato e descritto, sulla base di aspetti che saranno utili all'utente per la selezione. In questo modo il sistema gestisce le immagini logiche come se fossero delle tabelle di un database relazionale, interrogandole con un normale linguaggio di tipo relazionale. Una volta individuato il dato (o i dati) che la query seleziona, si recuperano le corrispondenti immagini fisiche e le si presentano in output all'utente che le ha richieste.

Questa è l'organizzazione tradizionalmente usata nei sistemi per il trattamento dell'informazione pittorica presente anche nei modelli discussi in seguito.

Un'altra ragione per introdurre un livello di descrizione logica dei dati risiede nel costo in termini di memoria di un dato immagine. Una immagine può essere vista sia in forma tabellare che vettoriale, come un insieme di righe, ciascuna delle quali contiene le informazioni necessarie per la sua visione: ad esempio conterrà i valori di grigio di una foto in bianco e nero, in cui ogni valore corrisponde ad un singolo punto (pixel) del video. Una gestione di dati di questo tipo richiede memorie molto capaci, tali da garantire lo spazio necessario. Si preferisce quindi memorizzare questo tipo di dati in archivi e gestire le interrogazioni e la loro gestione in memorie più piccole ma veloci.

La gestione dei dati immagine senza l'ausilio di un livello logico di descrizione implicherebbe l'uso di *indici pittorici*, strumenti per il riconoscimento diretto di immagini, attraverso caratteristiche di somiglianza con altre immagini in input o attraverso caratteristiche geometriche e di colore. L'introduzione di tali indici comporterebbe un'implementazione di particolari algoritmi di riconoscimento capaci di analizzare tutte le immagini immagazzinate nel sistema sulla base del loro contenuto grafico. Tali algoritmi sono molto costosi dal punto di vista della complessità di calcolo, e la loro introduzione implicherebbe inevitabilmente un degrado delle prestazioni del sistema e un generale rallentamento di tutte le funzioni implementate.

2. I SISTEMI PER LA GESTIONE DELLE IMMAGINI

Per meglio mettere in evidenza questi concetti è necessario analizzare alcuni esempi di sistemi attuali per la gestione dell'informazione di tipo immagine, cosa che ci permetterà anche di poter definire i requisiti essenziali del nostro modello.

2.1 DIMAP

Il modello DIMAP¹ (Distributed Image Management and Projection) permette la realizzazione di database pittorici integrando le funzionalità di un database relazionale (RAIN) con un sistema per la gestione e memorizzazione dei dati immagine (ISMS). La gestione dei dati e le interrogazioni utente vengono formulate attraverso un linguaggio per il trattamento di dati immagine chiamato GRAIN che consente il recupero delle immagini in base a relazioni strutturali, di somiglianza e ad attributi dell'oggetto, oltrechè operazioni di trattamento di immagine basate sui colori o valori di grigio e operazioni di filtraggio.

Le immagini fisiche risiedono nel sistema ISMS mentre le immagini logiche, cioè le loro descrizioni, sono affidate al DBMS di riferimento, che nel nostro caso è RAIN. Ad ogni immagine digitalizzata corrisponde una struttura di tipo tradizionale, ad esempio una tabella relazionale, che ne descrive il contenuto e che interagisce con l'altra componente del sistema che si occupa della memorizzazione delle immagini.

Quando un utente desidera recuperare un'immagine, può inviare al sistema una query in base alle sue caratteristiche dell'immagine stessa. È possibile quindi scrivere query in cui si danno le caratteristiche fisiche (come aspetti geografici, idrici, territoriali) oppure rapporti di somiglianza tra l'oggetto cercato e un oggetto dato in input dall'utente. In quest'ultimo caso il linguaggio di interrogazione è del tipo "query by exemple" con applicazione grafica: il sistema cercherà prima nella parte DBMS tra le tabelle tradizionali; quando il dato (o gruppo di dati) è stato individuato viene fatta una richiesta alla componente ISMS per il recupero dell'immagine corrispondente al campione prescelto; infine l'immagine verrà presentata all'utente.

Prima di essere inseriti nel database, i dati immagine vengono analizzati e le singole immagini scomposte nelle loro componenti.

¹ S. Chang "Principles of pictorial information system design". Prentice-Hall, pag 146-189, USA 1989.

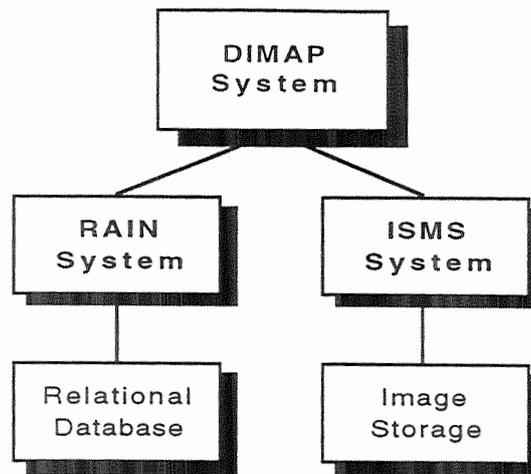


FIGURA 1: ORGANIZZAZIONE DELL'INFORMAZIONE IN DIMAP.

Un tipico esempio è dato dalla scomposizione dell'immagine a seconda delle sue caratteristiche geometriche. È possibile interpretare alcune componenti di una immagine in termini geometrici e stabilire relazioni che potranno essere utili al momento della ricerca. Inoltre è possibile separare le varie parti dell'immagine, in modo da far risaltare, ad esempio, le caratteristiche territoriali e geologiche.

Ogni singola componente avrà una tabella corrispondente nella parte DBMS, così da avere due strutture parallele che rappresentano lo stesso insieme di informazioni, descritto in modo diverso. Una carta geografica, ad esempio, potrà essere memorizzata sia come unico nucleo di informazione sia come insieme di componenti che rappresentano aspetti territoriali separati (i fiumi, le vie di comunicazione, etc.). In questo ultimo caso avremo un insieme di informazioni grafiche nel ISMS, cui corrisponde una serie di tabelle e associazioni nel DBMS che le descrivono logicamente.

Tutto questo si riassume in due insiemi di dati: i MAP SET, che sono insiemi di MAP, cioè sintesi di una o più caratteristiche dell'immagine globale; i D-MAP SET che sono insiemi di tabelle relazionali corrispondenti alle precedenti unità, che le descrivono logicamente in termini di relazioni attributo-valore (del tipo " fa parte di" o "associato a"), rendendo possibili le interrogazioni in linguaggio relazionale. L'unità base del singolo MAP è il FRAME, che contiene una porzione di immagine a cui corrispondono le l'unità logiche D-FRAME (fig.2).

Per ogni D-MAP si ha una speciale tabella chiamata POT (Picture Object Table) che contiene tutte le definizioni delle relazioni tra D-MAP. Inoltre si possono associare ai singoli D-FRAME dei programmi grafici in grado di disegnare sul video l'oggetto che il FRAME rappresenta. In questo modo si avrà una tabella (PLOTTER) dedicata alle relazioni tra descrizioni relazionali di parti dell'immagine (D-FRAME) e applicazioni per il trattamento delle immagini.

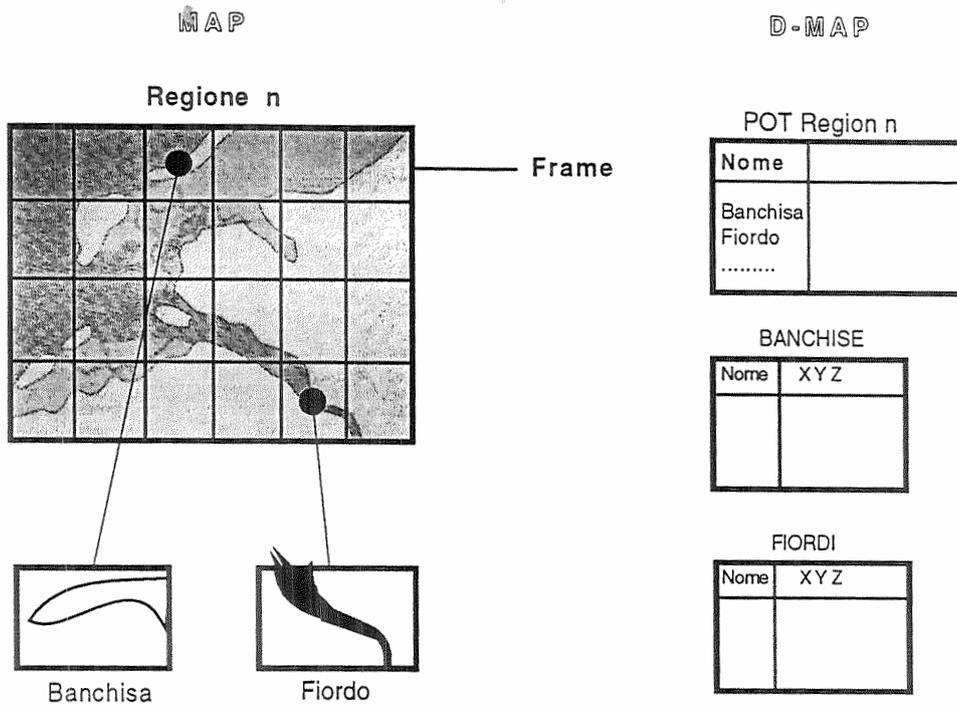


FIGURA 2: MAP SET E D-MAP SET.

Questo tipo di organizzazione dell'informazione può rendere possibili applicazioni di tipo ZOOM capaci di selezionare o evidenziare parti dell'immagine. Se ne distinguono due tipi.

- ZOOM VERTICALI: con questo termine si intendono le applicazioni capaci di selezionare l'informazione in modo sempre più dettagliato. Questo tipo di strumenti consentono all'utente di scendere nel dettaglio di una MAP, fino ad individuare le informazioni di interesse, grazie alla organizzazione gerarchica con la quale sono strutturate le informazioni (fig.3).

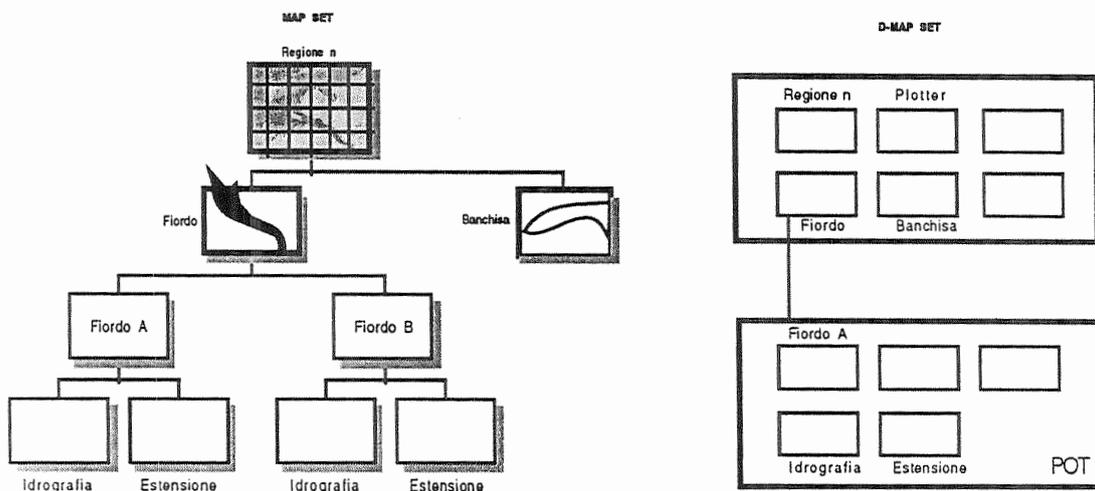


FIGURA 3: CORRISPONDENZA TRA MAP SET E D-MAP SET.

- **ZOOM ORIZZONTALI:** questo tipo di applicazioni si differenziano dalle precedenti perchè permettono di selezionare un sottoinsieme di oggetti appartenenti ad una immagine. Una zoom-window viene visualizzata sullo schermo e l'utente può individuare attraverso di essa le varie componenti di un file pittorico selezionato dal database RAIN. Questo meccanismo è supportato da un *indice di selezione* che individua singoli oggetti o gruppi di oggetti che compongono il file. L'indice viene implementato in base ad un particolare principio, ad esempio la somiglianza di un oggetto con un altro di riferimento.

L'utente può formulare una query attraverso il linguaggio GRAIN, specificando le caratteristiche dei dati immagine che intende richiedere. Questi valori vengono passati al sistema ISMS che li usa per ricercare nel database relazionale RAIN gli oggetti che corrispondono alla descrizione e presentarli in uscita all'utente.

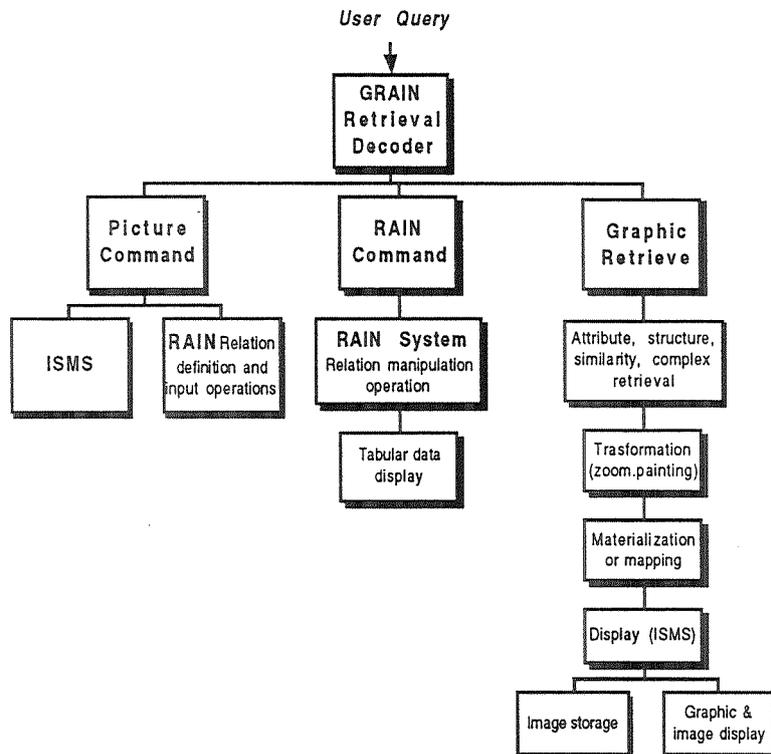


FIGURA 4: ARCHITETTURA DEL SISTEMA DIMAP.

2.2 REDI

Il sistema REDI² per il recupero strutturale dei dati immagine è stato proposto da Chang Fu. La struttura organizzativa del sistema ricorda quella del modello precedente. Infatti anche qui si hanno due livelli di trattamento dell'informazione: quello dell'informazione fisica, relativo al dato immagine digitale e quello dell'immagine logica gestito nella componente relazionale del sistema.

Le componenti del sistema sono le seguenti:

- un DBMS tradizionale che si occupa di descrivere le informazioni dal punto di vista logico, servendosi di normali tabelle. Questa parte gestisce le informazioni descrittive relative ai dati grafici residenti in memoria e sulle quali vengono poste le query come in un sistema relazionale;
- un sistema per la gestione delle immagini IUS (Image Understanding System) formato da due componenti: un modello di elaborazione immagini IPS (Image Processing System) e un modello per il riconoscimento delle immagini IRS (Image Recognition System). Questa parte del sistema si occupa dell'accesso fisico alle immagini e della loro interpretazione. Ad esso si collega poi un sistema per la memorizzazione delle immagini (fig.5).

Una immagine inserita nel sistema viene interpretata dal modulo IUS che la analizza e la scompone in sottoinsiemi che ne rappresentano le singole componenti di interesse. Ciascuna di queste componenti rappresenta regioni ben definite dell'immagine oppure caratteristiche geometriche (linee, cerchi, etc.). Queste unità di informazione, una volta interpretate vengono legate tra loro con associazioni fino a formare un *grafo relazionale* (fig.6). Un'immagine viene così filtrata ed interpretata fino ad essere scomposta in sottocomponenti logiche associate tra loro. Le associazioni tra entità riferiscono particolari caratteristiche di inclusione, con archi di tipo "parte di", o semplici connessioni, con archi del tipo "connesso a". Ad esempio una immagine geometrica verrà scomposta nelle proprie componenti geometriche tra loro associate.

² N. S. Chang, K. S. Fu "A relational database system for images", in Chien "Hierarchical data structures for picture storage, retrieval and classification". Vol. 80 Springer-Verlag, pag. 39-54.

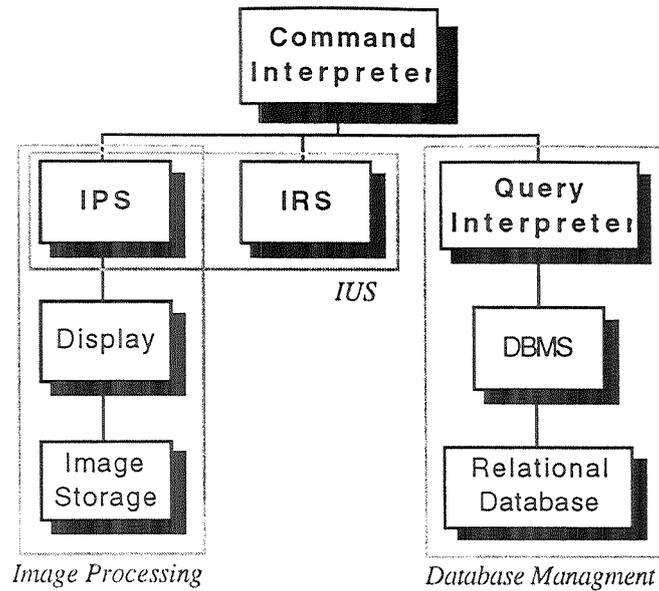


FIGURA 5: ARCHITETTURA DEL SISTEMA REDL.

Ogni grafo relazionale viene descritto da un'insieme di tabelle relazionali che ne descrivono le componenti in termini logici. Le interrogazioni a questo insieme di strutture descrittive vengono implementate da un linguaggio di tipo QPE (Query by Picture Exemple) attraverso il quale l'utente specifica l'obiettivo da ritrovare tramite un'immagine di riferimento, molto schematica, data in input.

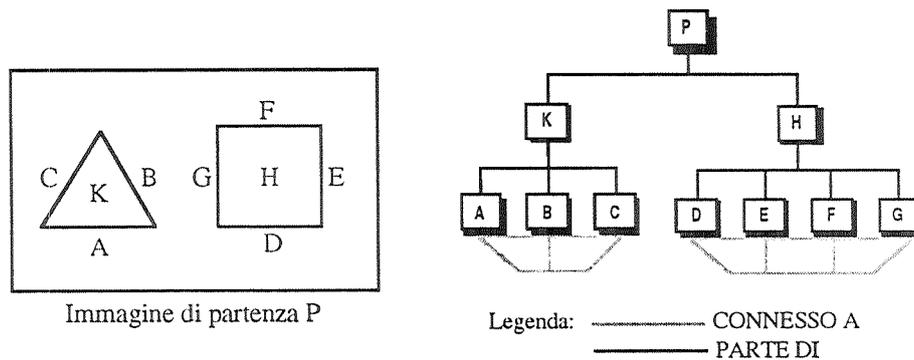


FIGURA 6: UN GRAFO RELAZIONALE.

Il sistema provvederà a selezionare le immagini sulla base della somiglianza con l'immagine in input, confrontando gli elementi di tipo "linea" o "punto", che essa contiene: in un primo passo si restringe l'insieme di immagini di interesse sulla base delle informazioni logiche delle

tabelle relazionali estratte dal campione; se tali informazioni sono sufficienti a selezionare tutte le immagini di interesse allora si recuperano dalla memoria, altrimenti si eseguono delle analisi puntuali sui dati immagine fino a restringere l'insieme alle sole componenti che soddisfano tutti i requisiti di somiglianza; se tuttavia le informazioni sulle tabelle relazionali sono insufficienti a selezionare un soprainsieme delle immagini obiettivo, allora le operazioni di analisi puntuale tra i dati digitali e l'immagine di riferimento devono essere applicati a tutti i dati pittorici in memoria.

2.3 Modello di TANG e GROSKY

Il modello proposto da Tang e Grosky³ presenta aspetti molto differenti rispetto a quelli visti in precedenza. Infatti qui il modello relazionale, che compare anche nei precedenti viene esteso con l'aggiunta di un dominio (PICTURE) che contiene tutte le informazioni per la gestione dei dati immagine. Il database tradizionale adesso contiene, oltre alle consuete tabelle per la gestione dei valori e delle relazioni tra dati, la tabella PICTURE che rappresenta i dati immagine attraverso i tre attributi $\langle M, N, B \rangle$: M rappresenta la larghezza dell'immagine e N la sua lunghezza, il parametro B contiene il numero di bit necessari per la rappresentazione dell'immagine (ad esempio i bit che sono destinati alla codifica e decodifica dei colori e dei vari livelli di grigio).

In tal modo le immagini vengono gestite nello stesso modo con cui un sistema relazionale gestisce le sue tabelle. Infatti il dato immagine è visto come una tabella e viene memorizzato accanto alla tripla che lo definisce, vengono cioè destinate le stesse risorse sia alle informazioni di tipo grafico che a quelle alfanumeriche. Vedremo nel seguito che questa organizzazione presenta delle grosse inefficienze.

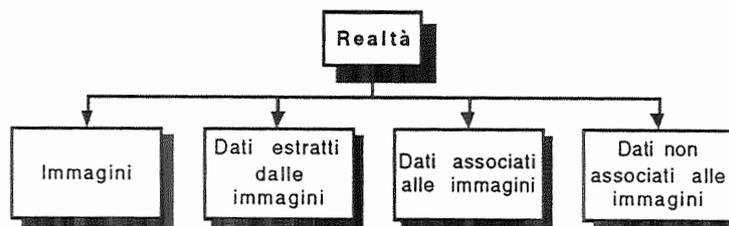


FIGURA 7: ORGANIZZAZIONE LOGICA DEI DATI.

³ W. Grosky "Toward a data model for integrated pictorial database". Computer Graphics and Image Processing, n. 25, 1986.

Nella figura 7 è evidenziata l'organizzazione logica dei dati. Si notano le varie classi di informazione che fanno parte della rappresentazione interna dei dati. Le uniche informazioni di tipo grafico sono le immagini, le rimanenti sono di tipo alfanumerico.

Il modello di Tang estende l'insieme delle relazioni con un nuovo dominio (DEVICE), destinato alla gestione delle informazioni riguardanti i vari dispositivi di input/output, come monitors e stampanti, e che consentono all'utente di richiedere al sistema le informazioni (anche grafiche o video) specificando il canale di uscita.

Il sistema fa uso di un'estensione del linguaggio relazionale SEQUEL, destinato alla gestione di dati alfanumerici, con in più le funzionalità che rendono possibile l'uso di dati immagine e la gestione di dispositivi di input/output.

Sono vari gli inconvenienti di tale modello:

- l'utilizzo dello stesso tipo di memoria sia per le immagini che per i dati alfanumerici risulta inconveniente in quanto i primi sono acceduti con minore frequenza dei secondi;
- la ridondanza delle informazioni che però può essere superata con la definizione di meccanismi per realizzare relazioni di tipo "sottoinsieme" tra immagini rendendo possibile tenere in memoria solo le parti indispensabili della figura, evitando ripetizioni e dettagli;
- l'impossibilità da parte di un utente di formulare interrogazioni basate esclusivamente su informazioni relative alle immagini. In ogni caso occorre riferirsi sempre alle chiavi delle tabelle alfanumeriche che contengono i riferimenti al dato immagine.

Quest'ultimo aspetto è stato in parte corretto da Grosky con l'uso di *surrogati*. Un surrogato è un identificatore di oggetti, generato da un contatore che associa ad ogni oggetto un valore numerico, incrementato ad ogni nuova entrata, che viene adoperato come chiave primaria per ogni oggetto del sistema. La differenza tra un surrogato e una TID (Tuple Identifier) consiste nel fatto che quest'ultimo identifica solo tuple fisiche mentre il primo ogni tipo di oggetto del sistema. Ogni tupla del sistema ha il suo surrogato, che in qualche modo la rappresenta. In questo modo è possibile rappresentare nuove relazioni tra oggetti presenti nel sistema associandogli proprietà ed informazioni.

2.4 EMIR

EMIR⁴ è un modello per la gestione e il recupero dei dati immagine in base al loro contenuto, che si ispira ai modelli *object-oriented*. Da questo tipo di sistemi viene preso il concetto generale di modellare l'informazione in unità che hanno specifiche caratteristiche. In particolare si eredita il concetto di incapsulamento dei dati e della gestione dei metodi. Ogni dato immagine viene interpretato in base al suo contenuto e inserito in una struttura gerarchica formata dalle singole componenti, modellate come oggetti, e dalle relazioni tra esse.

⁴ Gilles Halin, Noureddine Mouaddib "An object-oriented approach to design a content-based image retrieval model". SPIE Conference Proceedings, pag. 80-111, 1992.

Questo modello consente di formulare una struttura informativa in cui compaiono tutte le realtà presenti nell'immagine, specificando i meccanismi di associazione e classificazione. In EMIR si hanno soprattutto generalizzazioni dei concetti di classe e sottoclasse di informazione, specializzazione e generalizzazione di una classe presenti nei modelli ad oggetti.

EMIR presenta tre differenti livelli di astrazione attraverso cui modella tutta l'informazione (fig.8).

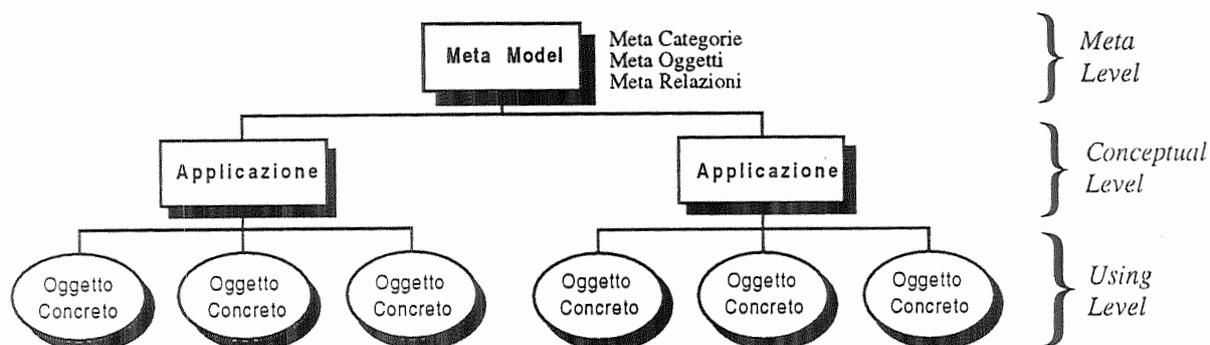


FIGURA 8: LIVELLI DI DESCRIZIONE LOGICA IN EMIR.

I tre livelli sono dedicati ad altrettanti modi di gestione dell'informazione pittorica. Al Meta Level appartengono le definizioni formali più generali, di tipo astratto: le Meta-Categorie, i Meta-Oggetti e le Meta-Relazioni tra essi. Il livello sottostante (Conceptual Level) contiene gli schemi di definizione dell'informazione, le strutture gerarchiche tra le componenti di una immagine e la sua descrizione. L'ultimo livello (Using Level) contiene le descrizioni logiche dei singoli oggetti che compongono l'immagine.

Il Meta-Model di EMIR utilizza i precedenti concetti e meccanismi e aggiunge la nozione di relazione semantica tra oggetti:

- CATEGORY CONCEPT
- CONCRETE OBJECT CONCEPT
- ATTRIBUTE CONCEPT
- NUANCED INFORMATION CONCEPT
- SEMANTIC RELATIONSHIP CONCEPT
- REALIZATION MECHANISM
- HERITAGE MECHANISM

Vediamoli in dettaglio:

- un CATEGORY CONCEPT è una astrazione di un oggetto reale. Le categorie sono organizzate in strutture gerarchiche che ne modellano le relazioni di generalizzazione e specializzazione, dando origine a link che rappresentano i collegamenti tra categorie specifiche e categorie generiche. In questo modo si modella una grossa parte di informazione. Questo

meccanismo consente di definire categorie e sottocategorie semplicemente aggiungendo specifiche e attributi. Ogni categoria fa parte di una classe di Meta-Category class (fig.9);

- un CONCRETE OBJECT CONCEPT rappresenta una entità reale e fa parte di una categoria. Ad esempio, una persona definita da un nome e un cognome è definita come un oggetto e fa parte della categoria "persone" (fig.9). Un oggetto concreto può essere un oggetto semplice o composto da altri oggetti concreti e fa parte della classe generale Meta-Object;

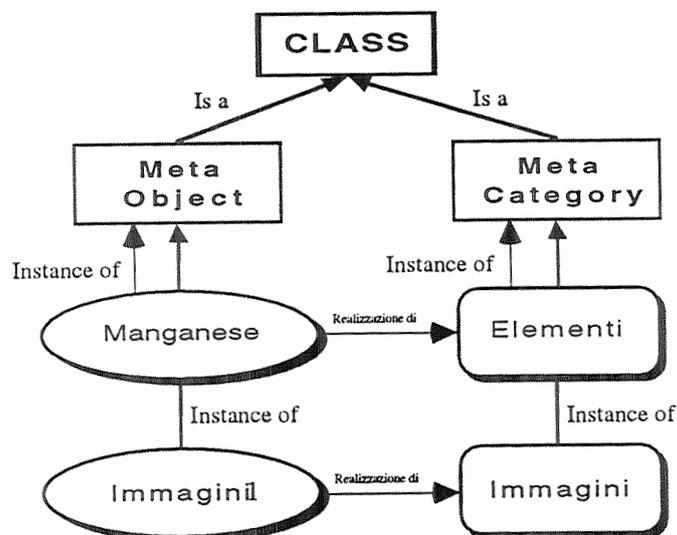


FIGURA 9: ESEMPIO DI REALIZZAZIONE.

- gli ATTRIBUTE CONCEPT hanno lo stesso significato che rivestono nei database tradizionali: definiscono le proprietà di una categoria;
- il NUANCED INFORMATION CONCEPT (informazione aggiuntiva) riveste un ruolo complementare rispetto agli attributi, infatti estende o limita il valore di questi ultimi;
- il SEMANTIC RELATIONSHIP CONCEPT è un link semantico tra due oggetti concreti. Attraverso di esse si modellano gerarchie di oggetti, basate sulla loro generalizzazione o specializzazione. Ogni relazione concreta fa parte della classe Meta-Relazioni.

Un'applicazione è una componente della classe applicazioni ed è formata da un lista di oggetti concreti (Object Base) e dalle categorie dell'applicazione e dalle possibili relazioni tra gli oggetti concreti (Object Model). L'applicazione è il concetto fondamentale attraverso il quale si definiscono le realtà che vengono gestite dal sistema, la analisi delle immagini, la loro scomposizione in sottoimmagini, descritte come unità a sè stanti attraverso gli oggetti. Per definire un'applicazione occorre definire le categorie e le relazioni, che servono alla descrizione degli oggetti concreti ed alle specifiche dell'applicazione stessa. La definizione si divide in descrizione concettuale del modello e definizione dell'using level.

Per quanto riguarda la *descrizione concettuale del modello* ci serviremo di un esempio per chiarire i vari passaggi della costruzione di un'applicazione. Supponiamo di voler descrivere la "geomorfologia di una data regione". Si può pensare di definirla distinguendo tre possibili categorie di appartenenza: carsismo, montagna e ghiacciaio. È possibile definire le relazioni che interverranno nel modello che stiamo costruendo, stabilendo una struttura gerarchica di relazioni del tipo di figura 10.

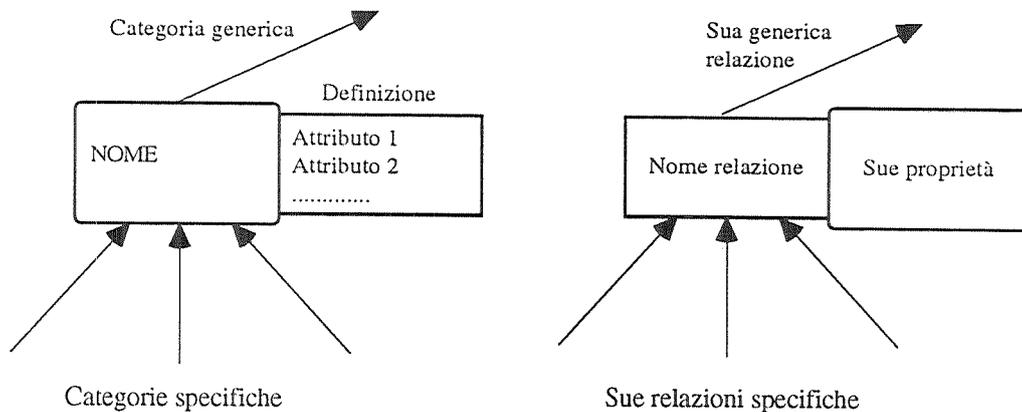


FIGURA 10: FORMALISMO GRAFICO PER LA DEFINIZIONE DI RELAZIONI.

A questo punto si può definire la categoria che descrive in modo completo la gerarchia di elementi che compongono una generica regione: le componenti "carsismo", "montagna" e "ghiacciaio" adesso vengono modellati attraverso attributi e valori, definendo le relazioni che intercorrono tra loro (fig.11). Dopo si potranno definire tutte le altre componenti: ad esempio la categoria "carsismo" contiene un insieme di oggetti del tipo inghiottitoio, dolina, uvala e frana, oltrechè una serie di elementi aggiuntivi. Ciascuna di queste potrà essere divisa in sottocomponenti, aggiungendo altri elementi caratterizzanti: ad esempio creando strutture logiche per i vari tipi di frane (crollo, scivolamento, scoscendimento o colamento).

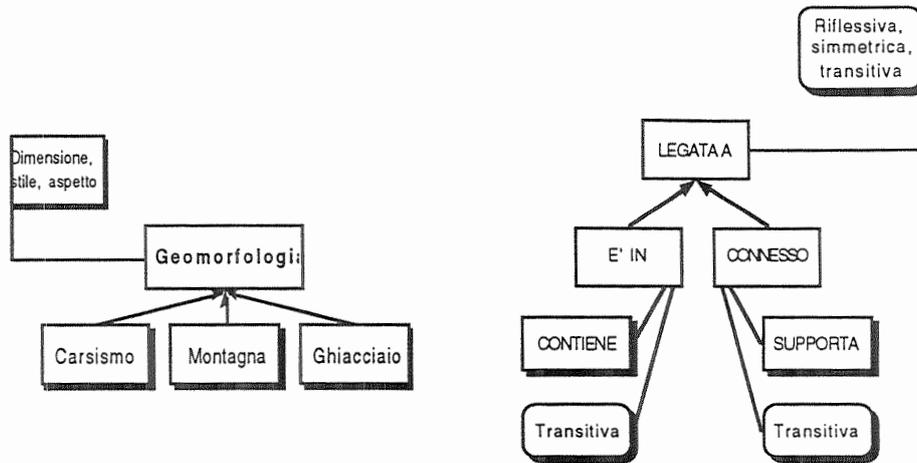


FIGURA 11: LA CATEGORIA GEOMORFOLOGIA E LE RELAZIONI TRA ESSE.

A questo punto è possibile creare una struttura gerarchica che rappresenti il carsismo in cui ogni componente sarà associata con altre attraverso le relazioni definite precedentemente. Una volta fatto questo, si è realizzato il livello concettuale del modello (fig.12).

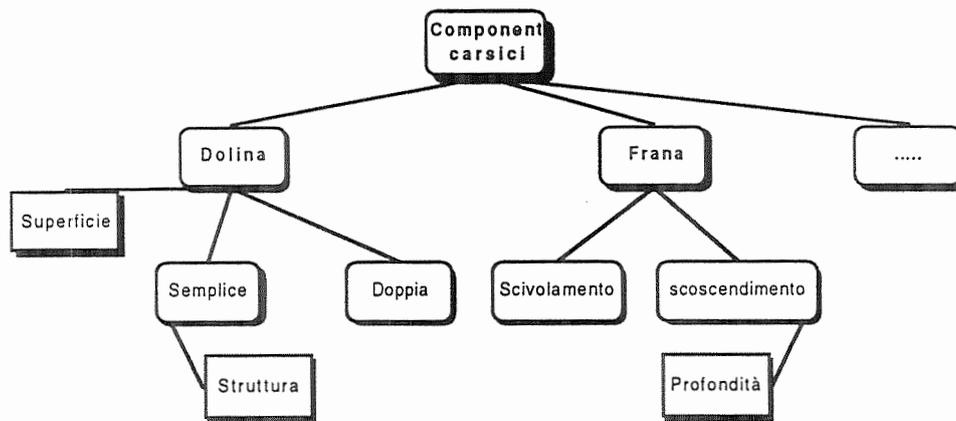


FIGURA 12: ESEMPIO DI DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA CARSIAMO.

Per quanto riguarda la definizione dell'*using level* ci occupiamo della definizione di immagini di tipo concreto. Ad esempio si può definire l'immagine di una zona ben specifica che compare in una immagine del sistema. La figura 13 descrive il formalismo grafico con cui descriviamo il nostro modello.

Consideriamo come esempio due immagini raffiguranti entrambe un inghiottitoio con un'uvula di fronte. La descrizione formale comprende tutti i concetti introdotti in precedenza; in ogni immagine si hanno due oggetti concreti distinti: lanca e fiordo (fig.14), entrambi appartenenti alla composizione dell'immagine. La lanca è legata all'oggetto fiordo attraverso

una relazione che abbiamo chiamato "S SO" (sud, sud-ovest). La descrizione dell'immagine avviene attraverso il meccanismo attributo/valore: nel nostro caso si descrive il sistema di archiviazione dell'immagine (SUN), l'anno di acquisizione dell'immagine (1994), la località di appartenenza (Victoria Land). Ciascuna descrizione logica di questo tipo riferisce un'entità della categoria immagini. Al fianco di questa descrizione dell'immagine si ha la descrizione del tipo di geomorfologia che essa rappresenta: si avranno tutte le componenti viste in precedenza in relazione tra loro, dove ciascuna di esse è descritta a parte nella definizione dell'oggetto concreto associato.

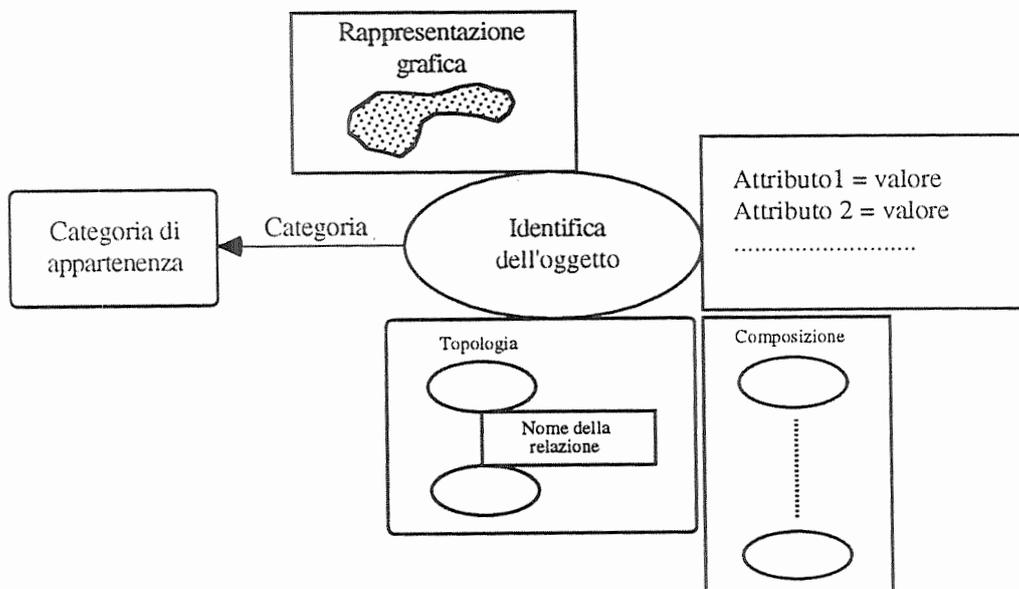


FIGURA 13: FORMALISMO GRAFICO DI DEFINIZIONE DELL'USING LEVEL.

In figura 14 si mettono in evidenza le varie componenti di una immagine, descritte da singole unità semantiche, scomponendo l'immagine nelle sottoimmagini che la formano: nel nostro esempio si ha una lanca ed un fiordo. Ciascuno di questi ultimi ha un oggetto concreto che lo descrive, in relazione con gli oggetti associati.

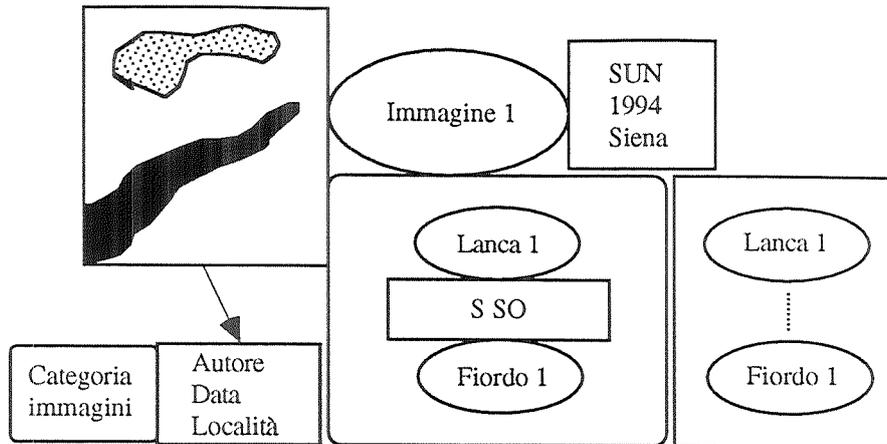


FIGURA 14: DESCRIZIONE DI UNA SINGOLA IMMAGINE.

Come descrizione logica di una singola componente, in figura 15 vediamo l'esempio di un fiume. Per ogni oggetto che compone l'immagine si ha un formalismo che lo descrive, mettendo in evidenza le componenti (nel nostro caso canale e meandro) e le relazioni tra essi.

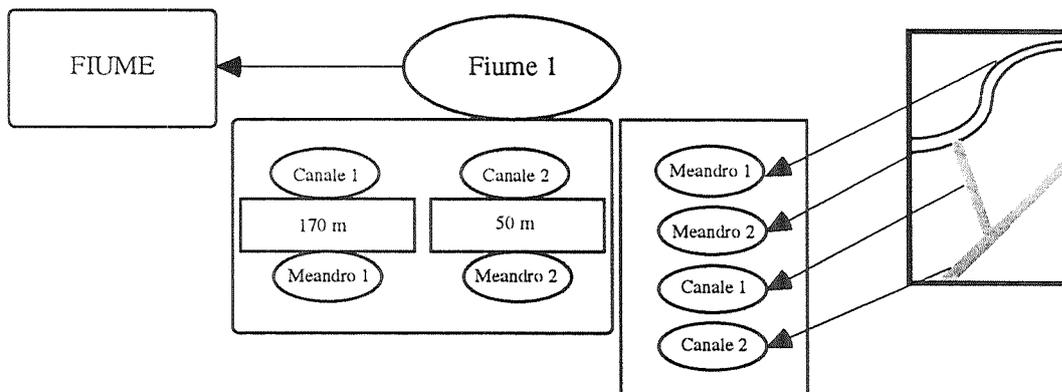


FIGURA 15: DESCRIZIONE DI UN INGHIOTTITOIO.

• *Search*

La funzionalità di ricerca con questo modello può essere di due tipi: il primo consiste nel mettere l'utente in grado di navigare attraverso queste strutture dati consentendo di interrogare le singole unità e recuperare quello che interessa; il secondo consiste nella formulazione da parte dell'utente di una query, in cui inserisce gli elementi caratterizzanti dell'immagine che intende recuperare: il sistema interrogherà le sue strutture dati fino a operare una selezione delle immagini e presentarle all'utente.

DEFINIZIONE DELLO SCHEMA

Vengono specificate le varie classi sulla base delle quali avviene il meccanismo di comprensione della singola immagine. Uno dei principali ostacoli che si incontrano è costituito infatti dall'ambiguità di classificazione della singola entità di dato. I criteri di inserimento di un dato immagine nel sistema devono essere univoci e devono indurre il meno possibile ad una interpretazione soggettiva.

Una immagine in input che viene interpretata deve essere inserita in contenitori semantici comuni a tutte le altre unità grafiche che il sistema stabilisce. In questo modo si cerca di dare all'utente uno schema di interpretazione che sia in qualche modo rigidamente definito e in base al quale classificare tutte le unità che entrano a far parte dell'archivio. Ad esempio si possono definire tutte le categorie fisico-geometriche che compongono le immagini. Si può avere una immagine grafica costituita da oggetti regolari classificati come rettangoli, circonferenze e triangoli (es: una foto planimetrica) oppure una costituita da parti irregolari che vanno descritte in termini alfanumerici o associate a simboli che ne caratterizzano l'aspetto principale (es. le montagne saranno rappresentate da una coppia di coni capovolti).

Questo sistema riduce in parte il fenomeno dell'ambiguità che caratterizza tutte le applicazioni in cui i meccanismi interpretativi sono in mano ad operatori diversi, ciascuno con le proprie conoscenze e con la propria sensibilità.

CLASSIFICAZIONE DELL'IMMAGINE

Vengono classificate le immagini in ingresso in base ai meccanismi di interpretazione definiti al passo precedente (fig.16).

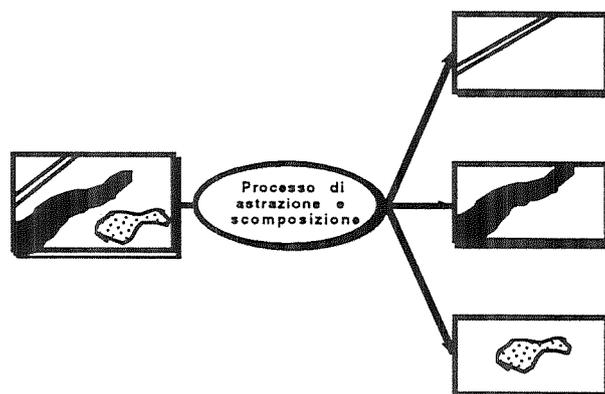


FIGURA 16: PROCESSO DI ASTRAZIONE E CLASSIFICAZIONE.

In pratica si analizza l'intera immagine in base alla sua rappresentazione estraendo quindi i singoli oggetti che la compongono come entità indipendenti. La descrizione del dato immagine comprende naturalmente una parte alfanumerica che viene specificata con il tradizionale meccanismo di attributo/valore. In questa fase si caratterizzano gli aspetti legati all'immagine che vanno al di là della semplice classificazione in categorie generali basate sull'aspetto esteriore. Ci riferiamo ad esempio alle informazioni sulle misure dell'oggetto, al colore e alla sua collocazione all'interno dell'immagine principale. Il risultato sarà inserito in un grafo che ne rappresenta la struttura semantica.

RELAZIONI SEMANTICHE ED ASSOCIAZIONI

Vengono definite relazioni semantiche tra gli oggetti semplici emersi al passo precedente e costituiti quindi degli oggetti composti. In questo modo ogni oggetto che è stato analizzato separatamente rispetto all'immagine di partenza, viene considerato parte dell'insieme semantico e correlato di link e associazioni. Un oggetto, facente parte di una figura, viene inserito nel contesto con l'uso di relazioni che ne determinano la posizione fisica rispetto agli altri. Ad esempio una montagna potrà essere completata da associazioni che ne definiscono l'adiacenza nei confronti di un altro oggetto (un fiume o la prospettiva rispetto alla costa).

Questa fase è estremamente delicata e importante. Attraverso di essa si regola infatti la predisposizione del sistema alla navigazione e interrogazione dell'utente. L'operatore in pratica modella la struttura principale del sistema e ne definisce gran parte del significato, ogni oggetto diventa da ora parte di un sistema informativo globale ed entra in una sorta di rete semantica costituita dagli altri oggetti e dalle loro relazioni.

INDICI E LISTE DI CONSULTAZIONE

Vengono costituiti gli strumenti per la navigazione nel grafo di relazioni e per la consultazione delle risorse. Si possono inserire indici implementati sulla base delle descrizioni relative agli oggetti che fanno parte dell'immagine e liste di accesso con i cammini attraverso cui accedere ad una certa classe di informazioni. Queste strutture costituiscono lo strumento di accesso al grafo per un recupero mirato dell'informazione.

La rete di associazioni che costituisce il grafo, in presenza di un gran numero di oggetti, diventerebbe dispersiva e presenterebbe grosse difficoltà per un utente esterno. Il sistema prevede allora un insieme di liste di accesso per argomento, liste di clusterizzazione e indici content-based. Il risultato di tutti questi passaggi è la costituzione di un modello che rappresenta una sorta di grafo semantico composto da insiemi di nodi e archi, cioè le unità

grafiche contenute nell'immagine e le loro relazioni. D'ora in poi useremo indifferentemente i termini nodo o scheda e link o associazione.

3.2 GRAFO DI CLASSIFICAZIONE

Il modello che stiamo definendo utilizza due entità principali per la gestione dell'informazione: NODI e LINK.

Tutta l'informazione archiviata viene ordinata e classificata secondo un'organizzazione che è mirata alla sua rappresentazione attraverso una struttura a grafo. Questi strumenti consentono una notevole flessibilità e garantiscono una esatta corrispondenza con la realtà rappresentata.

Noi vogliamo che il dato sia analizzato per essere inserito in una struttura logica che ne descriva il significato. L'organizzazione che implementiamo per la gestione delle risorse di carattere grafico prevede la classificazione delle unità di informazione in ingresso secondo due principali categorie: *nodi atomici* e *nodi composti*.

I nodi atomici sono stati introdotti per gestire le unità di base dell'informazione in ingresso. Tutto quello che viene archiviato nel sistema viene filtrato e scomposto nelle sue unità base o soggetti principali. Una fotografia, ad esempio, è vista come un assemblamento di entità grafiche, più o meno importanti: il soggetto, che costituisce il principale polo di attrazione della foto, cioè una *morena* o un *seracco*; oggetti che compaiono nella foto e che costituiscono l'ambiente in cui si svolge l'azione rappresentata: il riferimento metrico, il sito circostante. Questi sono esempi di entità atomiche.

I nodi composti rappresentano una collezione di entità (nodi e link). Questo tipo di oggetto è assimilato ad un insieme di oggetti elementari che lo costituiscono. La sua presenza caratterizza queste unità, che vengono inserite nel sistema come elementi distinti, determinando le loro proprietà comuni. In questo tipo di nodi infatti l'informazione specifica viene considerata come componente di un insieme unico di informazione le cui proprietà generali sono distribuite a tutte le sue componenti. Nell'esempio precedente il nodo composto è l'immagine finale, formata da tutti i soggetti che vi sono rappresentati. La sua presenza è legata alla composizione con gli altri elementi dell'immagine in quanto ne determina la natura generale e le proprietà.

Un nodo composto è la generalizzazione di due concetti importanti ai fini della classificazione: le *classi* ed i *cluster*.

La classe di nodi è una generalizzazione del concetto di nodo composto. Il grafo rappresenta le immagini come nodi/link. Ciascun nodo è una cellula di informazione indipendente dalle altre ma ad esse associata. Il concetto di classe interviene per definire un insieme di nodi del grafo con una caratteristica comune, o inseriti in una particolare modalità di gestione. Essa rappresenta quindi un particolare tipo di nodo composto, in cui compaiono

nodi che in qualche modo hanno caratteristiche comuni. Ad esempio un'immagine del tipo visto in precedenza può essere inserita nel grafo di una classe che definisce tutti i campioni di ghiaccio. Questa è una classe definita come un particolare nodo composto, i cui link e associazioni collegano alle singole componenti dello stesso tipo. In sostanza una classe indica la categoria semantica di appartenenza del nodo. Tale schema può essere generalizzato per includere sia immagini semplici che composte.

I cluster sono insiemi di entità composte o atomiche individuate da un nome e che costituiscono un particolare nodo composto del grafo. Gli elementi che vi appartengono sono considerati loro componenti. I cluster rappresentano cioè gli insiemi di informazione che appartengono al grafo e che sono messi in evidenza per facilitare un loro uso collettivo. In questo modo infatti l'utente che opera nel grafo riesce a vedere l'insieme di entità che lo compongono sia singolarmente, cioè come oggetti indipendenti in relazione tra loro, e sia come insiemi di entità.

3.3 IMMAGINI ATOMICHE

L'immagine da archiviare viene analizzata e scomposta nelle sue componenti principali. Un dato fisico quindi viene ad essere un insieme di oggetti, ciascuno dotato di propria identità ed autonomia, che vengono dette *immagini atomiche*. Queste unità rappresentano i concetti basilari dell'immagine di partenza. Possono essere la descrizione di oggetti elementari come figure geometriche o rappresentare sottoimmagini del dato iniziale.

La loro principale caratteristica consiste nell'essere singolarmente significative senza dover risultare dalla composizione di altri oggetti. In questo modo un'immagine del sistema appare sia globalmente che come composizione di elementi semplici, ciascuno dei quali possibile oggetto di consultazione ed accesso. Questo consente di implementare strutture di accesso basate su modalità "content-based", in cui l'utente può accedere alle immagini anche attraverso la specifica di suoi aspetti parziali.

Le immagini atomiche si dividono in due categorie: componenti dell'immagine globale e immagini atomiche di processi di aggregazione.

3.3.1 COMPONENTI DELL'IMMAGINE GLOBALE

Sono delle astrazioni che ci consentono di individuare in una immagine iniziale tutti gli elementi di contenuto rilevante che vi appartengono.

Quando una immagine viene inserita nel sistema, essa è sottoposta a un processo di analisi ed astrazione, mirato alla sua comprensione e alla estrazione delle sue componenti principali. Questo ha come scopo principale l'estrazione di tutti gli elementi caratterizzanti che

vi fanno parte, così da consentire all'utente di poter indicare l'oggetto di interesse in base al quale operare la ricerca.

Una foto ad esempio sarà vista dal sistema come una entità globale, cioè la foto stessa, collegata ad un insieme di unità che ne rappresentano i contenuti.

Il sistema gestisce le informazioni e le richieste dell'utente sulla base delle descrizioni alfanumeriche che ha a disposizione in modalità "content based". Si farà uso di indici che implementano liste di recupero proprio in base agli elementi che compongono l'immagine di partenza.

3.3.2 IMMAGINI ATOMICHE E PROCESSI DI AGGREGAZIONE

In alcuni casi le immagini atomiche non rappresentano le parti dell'immagine di partenza ma piuttosto ne costituiscono l'origine. Alcuni dati immagine infatti sono il risultato di complesse operazioni di composizione di singole unità. Come nel caso di scene che sono il risultato della presentazione di una sequenza cronologica di singole immagini. In questo caso l'immagine atomica rappresenta un tassello che deve essere aggregato necessariamente agli altri per dar luogo all'immagine: le singole unità saranno ordinate in base al "tempo di acquisizione"; ciascuna rappresenta una scena che sarà visualizzata sequenzialmente alle altre e darà luogo alla sensazione di movimento finale.

I dati caratteristici dell'immagine atomica sono:

- l' IDENTIFICATORE (TID): un numero progressivo;
- il NOME che identifica parte del significato;
- gli ASPETTI FISICI: in riferimento all'immagine digitale che rappresenta, si deve avere un'esatta informazione sulla natura fisica dell'immagine singola, il suo formato di memorizzazione, la sua grandezza, se è una immagine a colori o in bianco e nero;
- la PROVENIENZA: la data, l'autore e lo strumento di acquisizione (satellite, telecamera, macchina fotografica, etc.) e la località di provenienza;
- la DESCRIZIONE GENERALE: questa descrizione si basa sul meccanismo di classificazione visto in precedenza e può essere di due tipi: figure regolari o irregolari/astratte che non consentono di essere rappresentate in modo schematico da icone. In quest'ultimo caso la descrizione avviene a "testo libero" mediante un breve commento che identifica gli aspetti predominanti della figura. Nei casi in cui l'entità atomica non è autonoma ma fa parte di una entità composta, ne eredita tutte le proprietà di tipo "aspetto fisico" e "provenienza" e sarà allora possibile esprimere la definizione solo in base al nome e alla descrizione generale, considerando le altre informazioni come implicitamente ereditate dall'entità di cui fa parte;
- una RELAZIONE (link): consente il collegamento alle altre entità (vedremo nel seguito i vari tipi che si possono avere);
- il LINK FISICO: collega il nodo atomico all'immagine digitale corrispondente.

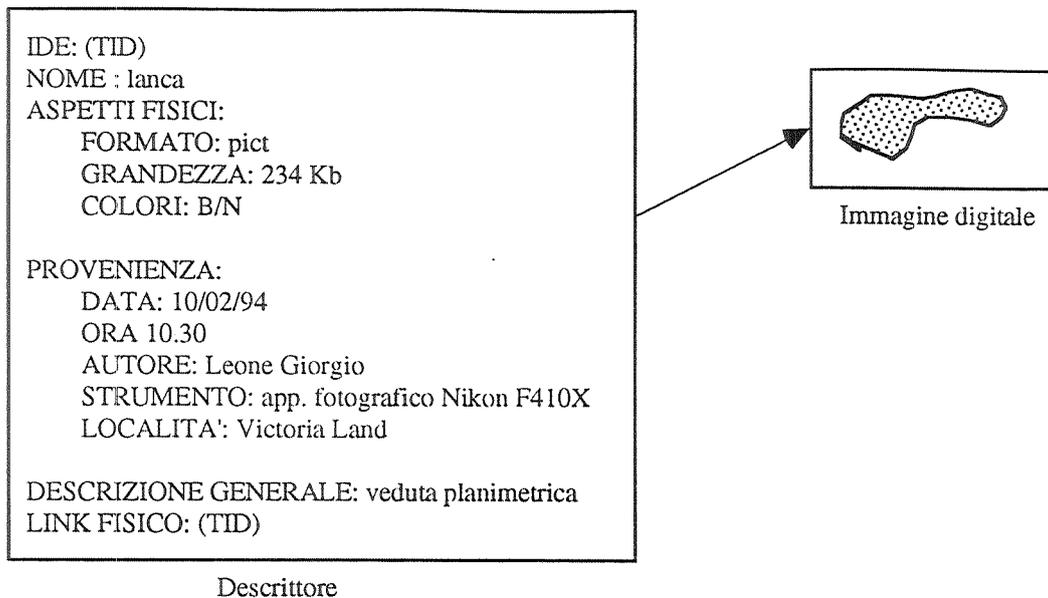


FIGURA 17: IMMAGINE SEMPLICE.

3.4 IMMAGINI COMPOSTE

Le immagini composte sono degli insiemi di immagini semplici: una fotografia, ad esempio, può contenere sia il soggetto principale che altri elementi, come il paesaggio sullo sfondo e gli oggetti che intervengono nella figura. Tutte queste sono singole unità di informazione che formano il nostro nodo composto.

Il sistema prevede una parte di definizione dello schema generale in cui si introducono le entità composte e atomiche che serviranno alla costituzione dello schema. Questo ha lo scopo di fornire aiuto agli utenti che devono classificare le immagini e limitare ridondanza e ripetizioni di categorie semantiche.

Un nodo composto si avvale della seguente definizione:

- un IDENTIFICATORE: un numero che la contraddistingue;
- un NOME: che definisce l'immagine nel suo significato principale;
- gli ASPETTI FISICI: descrivono lo stato dell'immagine fisica che risiede nell'archivio;
- la PROVENIENZA: contiene le informazioni sulla data, ora, strumento di acquisizione e nome dell'autore;
- la DESCRIZIONE GENERALE: contiene le informazioni circa il contenuto dell'immagine globale che è rappresentata da questa unità del grafo. La descrizione avviene attraverso un meccanismo grafico che visualizza in modo schematico le componenti e la struttura generale della figura, sulla base delle classi definite in precedenza, correlato ad una informazione a

testo libero. Si tratta di una composizione delle icone che rappresentano le singole componenti grafiche. Vi è anche una breve descrizione a testo libero, che si occupa di introdurre le caratteristiche generali del contenuto;

- RELAZIONI (link): fornisce l'associazione con gli altri nodi del grafo. A differenza dei nodi atomici, in questo tipo di link si possono aggiungere delle informazioni dovute al meccanismo di aggregazione: ad esempio, nel caso in cui il nodo composto sia il risultato di un processo di aggregazione basato sulla presentazione in sequenza temporale delle immagini componenti il link conterrà anche informazioni sul tempo di presentazione della singola unità ed eventualmente la durata (vedi i meccanismi di aggregazione);

- LINK FISICO: consente il collegamento all'immagine fisica contenuta in archivio, correlato dalla descrizione dei path; si vuole cioè fornire all'utente sia informazioni sulla collocazione del dato, sia informazioni sul percorso per raggiungerlo e sia la modalità di interrogazione nel linguaggio locale al sistema che lo contiene;

- TIPO: descrive il tipo di aggregazione che si ha nei confronti delle componenti. In alcuni casi l'immagine composta è semplicemente l'insieme delle sottoimmagini grafiche che fanno parte della figura, cioè si specifica che abbiamo un tipo di composizione "semplice". In altri casi invece le immagini composte sono il risultato di un meccanismo di aggregazione: ad esempio un meccanismo che realizza una sequenza cronologica di immagini semplici per dar luogo ad immagini in movimento oppure un meccanismo di costruzione di immagine tridimensionale finale a partire dalle sue componenti iniziali bidimensionali.

La figura 18 specifica attraverso un formalismo grafico la definizione di un'immagine composta.

3.4.1 MECCANISMI DI AGGREGAZIONE

Diamo adesso due esempi di possibili meccanismi di aggregazione che si possono avere nel caso dei nodi composti. Naturalmente essi sono solo indicativi delle possibilità del modello e possono essere estesi a nuove trattazioni. È importante comunque capire che questa organizzazione dell'informazione può facilmente supportare meccanismi di aggregazione tra singole unità, per formare un risultato grafico diverso, semplicemente agendo sul meccanismo di associazione: i link. Ogni volta che si intende adattare il sistema alla gestione di immagini composte di tipo diverso, basta modificare il meccanismo di collegamento tra il nodo composto e le sue componenti, che di volta in volta rappresentano i singoli fotogrammi di un video (le componenti di una immagine stereoscopica, etc.).

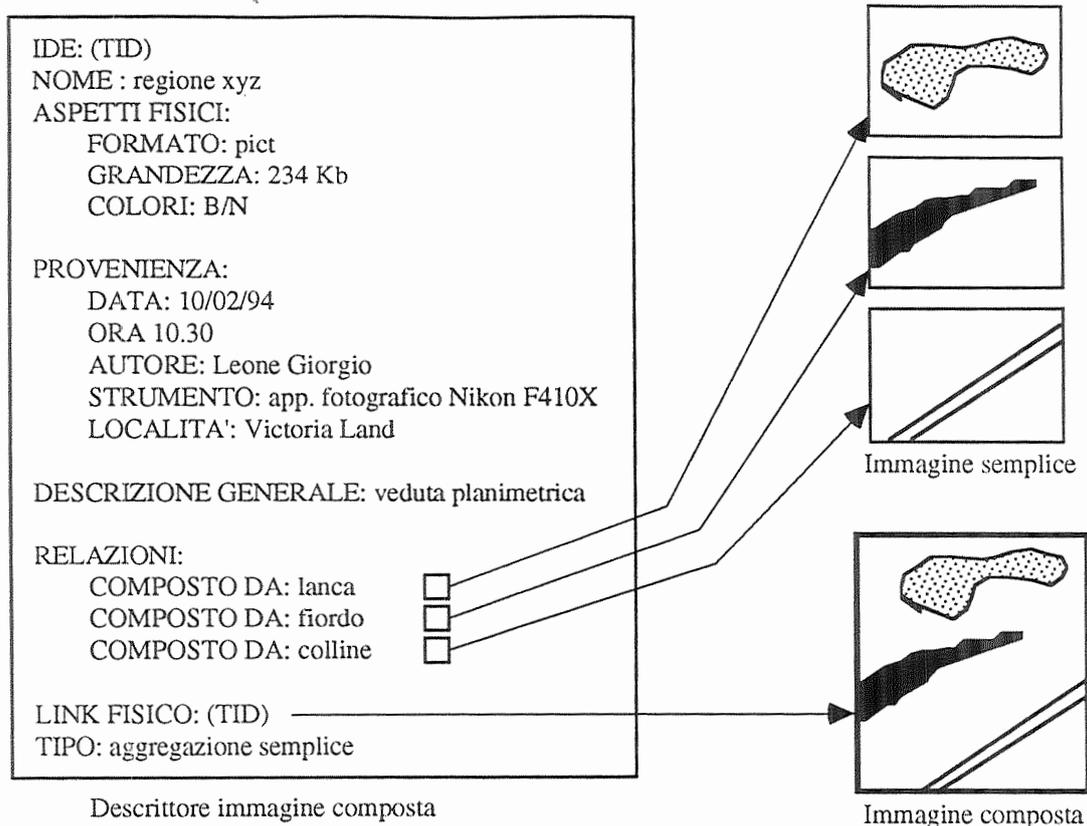


FIGURA 18: DESCRITTORE DI IMMAGINE COMPOSTA.

Esempio 1 Quando si vuole rappresentare una scena che si sviluppa nel tempo, essa viene immagazzinata come una sequenza di immagini digitali semplici. Ciascuna di esse rappresenta un ben preciso istante di rappresentazione finale della scena. Queste componenti rappresentano i singoli fotogrammi di un documento multimediale, che esprime il suo contenuto attraverso una sequenza animata a video. In alcuni casi è anche correlata con sorgenti sonore.

Il sistema deve prevedere un meccanismo di serializzazione capace di presentare le singole unità in una sequenza continua. Sarà necessario allora creare un meccanismo adatto ad ordinare tutti i singoli elementi atomici che ne rappresentano l'astrazione, sulla base del tempo e della durata di presentazione. L'elemento composto dovrà avere come tipo la "sequenza cronologica" ed essere correlato con una serie di entità atomiche in ordine temporale, cioè esisterà una lista di unità atomiche ordinate in base al parametro Time. Le unità saranno listate attraverso la tripla che rappresenta il LINK del nodo:

<NOME, TIME, LINK FISICO>.

In essa si specificano sia il nome del singolo elemento, che in questo caso è un link all'entità atomica, sia il tempo di presentazione. In questo modo si ha una descrizione della sequenza che forma la scena finale. Le immagini digitali potranno essere accedute singolarmente o in sequenza attraverso il LINK FISICO che le individua. L'utente può anche visionare i singoli nodi di rappresentazione sfruttando il link NOME. In questo modo una funzione di rappresentazione finale della scena sarà espressa come un ciclo di operazioni di accesso e presentazione delle immagini, seguendo l'ordinamento dato da TIME. Una volta lanciata, la funzione percorre tutta la lista di riferimento ed opera una serie di accessi alle unità fisiche dell'archivio, presentandole in sequenza.

Esempio 2 Una seconda aggregazione possibile consiste nella ricostruzione di una immagine tridimensionale attraverso una serie di unità bidimensionali. In questo caso l'oggetto raffigurato nel dato globale è stato immagazzinato come una coppia di immagini riprese da prospettive differenti. La rappresentazione di queste immagini in sovrapposizione può fornire un "effetto stereoscopico" di tridimensionalità: l'illusione della profondità di una immagine infatti è raggiunta anche ricreando il meccanismo stereoscopico creato dalla duplice visione degli occhi.

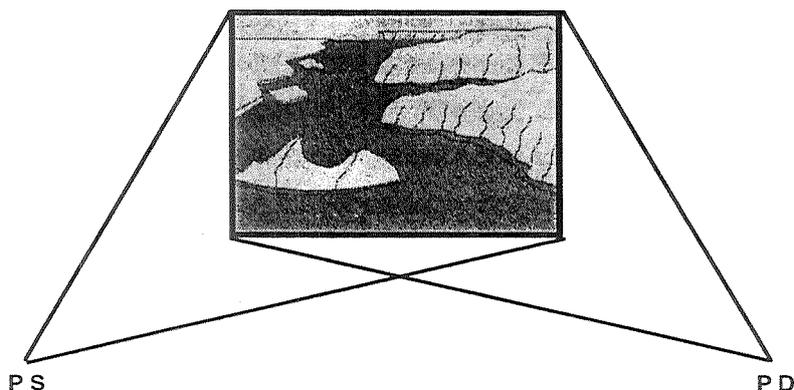


FIGURA 19: PROIEZIONE STEREOSCOPICA.

Infatti quando ci soffermiamo su un soggetto, l'immagine che riceviamo è il risultato di un processo di sovrapposizione dei punti di vista di ciascun occhio, e tale composizione di una stessa immagine può essere ricreata artificialmente proiettando assieme due distinte visioni dello stesso soggetto (fig.19).

Il sistema può supportare un'organizzazione di questo tipo. Il nodo composto può essere infatti di tipo "stereoscopico" ed avere i collegamenti con gli altri nodi che rappresentano le singole unità da visualizzare. Si avranno allora link come coppie del tipo:

<TID , LINK FISICO>

Ciascuno di essi riferisce la singola immagine componente: il TID riferisce il nodo atomico che rappresenta una delle sorgenti di informazione da proiettare; il LINK FISICO collega all'immagine digitale corrispondente. Tale coppia sarà inserita in un contesto che prevede la specifica dell'unità destra e sinistra e della distanza tra il soggetto e i singoli punti di ripresa e la distanza tra i punti di ripresa stessi. In questa aggregazione, infatti, al campo link del nodo composto si deve aggiungere l'informazione collegata al nodo componente, in particolare la distanza dal soggetto e la distanza tra i due punti di vista. Si ha cioè un link finale rappresentato da una tupla di questo tipo:

```
<<DESTRO, <TID, LINK FISICO>>,
<SINISTRO,<TID, LINK FISICO>>,
DISTANZA_SOGGETTO,DISTANZA_INTEROCULARE>
```

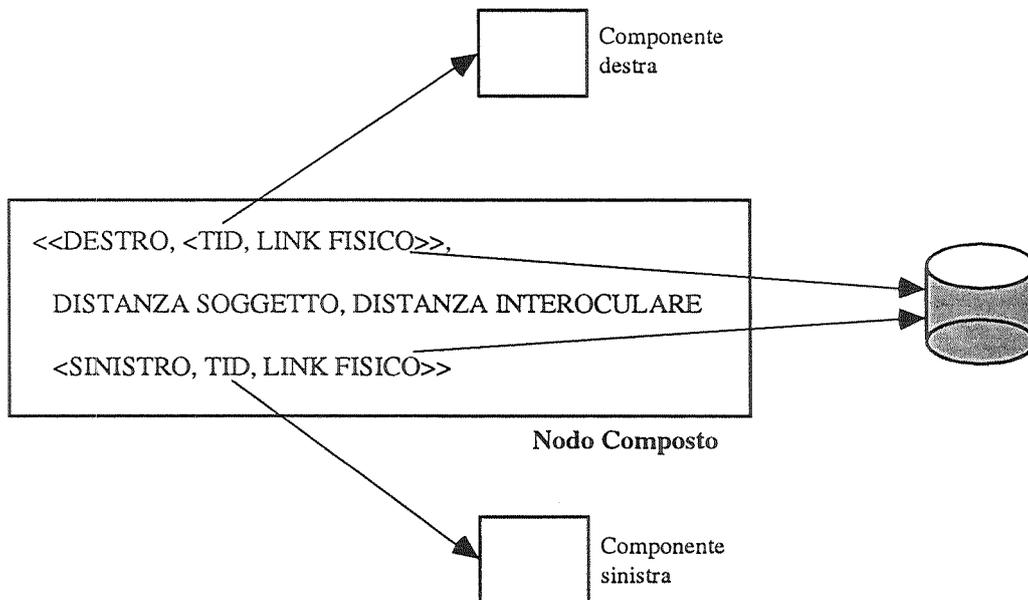


FIGURA 20: COLLEGAMENTI PER LA VISIONE STEREOSCOPICA.

Queste informazioni sono indispensabili perchè in queste applicazioni si devono ricreare per la proiezione le stesse condizioni di ripresa, la stessa distanza tra il soggetto e l'operatore, la stessa distanza dei due punti di ripresa. Una funzione di rappresentazione sarà costituita da una coppia di accessi in archivio per il recupero delle singole unità e un processo di visualizzazione contemporanea.

3.5 RELAZIONI SEMANTICHE

Il grafo che stiamo definendo risulta modellato attraverso la composizione di nodi semplici e nodi composti. Questo meccanismo risulta essere il fondamentale strumento per realizzare la specializzazione dei nodi composti nei componenti che lo generano.

Attraverso il meccanismo dei LINK si riesce a costruire una rete di nuclei di informazione che interagiscono e si associano tra loro, si possono modellare relazioni gerarchiche tra nodi-padre e nodi-figlio, classificazioni e clusterizzazioni. Ogni link ha associato un attributo che lo identifica e ne attribuisce il significato, e sono orientati dal nodo origine al nodo destinazione. Descriviamo di seguito i vari tipi di link che si possono avere e con i quali si organizza l'informazione.

- *Link di aggregazione*

I link di aggregazione rappresentano il meccanismo che consente di creare una relazione tra un'entità composta e le sue componenti. Viene chiamata *inclusione attiva* quando si orienta dal nodo origine al nodo destinazione, altrimenti si chiamerà *inclusione passiva* quando il nodo sorgente è semanticamente parte del nodo destinazione. Naturalmente il link viene contraddistinto da etichette che ne definiscono il significato, rispettivamente:

- COMPOSTO DA: link che indica le componenti che formano il nodo sorgente;
- COMPONENTE DI: link che vanno dall'entità atomica all'entità composta da essa.

In questo modo è possibile rappresentare entrambe le relazioni di inclusione nel caso di una immagine scomposta nelle sue sottoimmagini. Si può avere infatti l'immagine globale con tutti i link che la collegano alle entità componenti. Viceversa, si hanno le singole entità che riferiscono l'immagine globale.

- *Link di relazione*

Questi link forniscono tutti i meccanismi di relazione tra entità della stessa sorgente. Ad esempio, dall'analisi di una immagine potranno essere estratte le componenti che raffigurano i singoli oggetti che compaiono nella foto. Questi link stabiliscono la relazione spaziali tra di essi. Avremo dei link che collegano gli elementi in base alla distanza o alla prospettiva, specificando l'unità che risiede fisicamente al fianco di un'altra, etc. Si hanno i seguenti link:

- UNITO A: simboleggia la relazione tra due entità che sono collegate attraverso gli estremi. Ad esempio nel caso del cono, che può essere descritto come una figura composta dalla

congiunzione in sequenza di tre segmenti. Le entità in sequenza formano un angolo che definisce l'attributo associato al link;

- COLLEGATO A: rappresenta un link che unisce una coppia di oggetti che sono in contatto tra loro ma non attraverso le loro estremità. Anche in questo caso al link viene associata una informazione legata all'angolo tra le due entità;

- A SINISTRA/DESTRA DI: questa particolare relazione costituisce un collegamento per la definizione della collocazione spaziale di un oggetto nei confronti degli altri che compongono la figura, inserendola nel contesto globale. L'attributo che ne definisce la natura rappresenta la distanza tra l'oggetto di partenza e l'oggetto di arrivo del link. In mancanza di figure regolari provviste di un centro, la distanza viene presa considerando il baricentro dei due oggetti;

- DI FRONTE A: è il collegamento che rappresenta la posizione di predominanza prospettica di un oggetto nei confronti di un altro.

- *Link di classificazione*

Questi link sono necessari a modellare il meccanismo delle classi. Le varie entità che fanno parte del grafo vengono considerate parti di classi generali a cui appartengono oggetti con caratteristiche semantiche simili. Questi elementi hanno proprietà in comune e possono essere oggetto di applicazioni specifiche. L'inclusione logica di cui stiamo parlando è ad esempio tra un'immagine raffigurante una dolina e la classe carsismo. Essa si esprime con l'espressione "istanza di" e ciascuna classe viene rappresentata da un descrittore composto da:

- un identificatore (TID);
- il nome della classe;
- un campo descrizione a testo libero sul tipo di contenuto della classe stessa;
- un insieme di TID alle unità descrittive delle immagini classificate al fine di operare delle ricerche di tutte le componenti che fanno parte della classe stessa;
- un link di collegamento con eventuale superclasse.

In questo modo ogni classe sarà rappresentata da un descrittore su cui effettuare le funzioni di recupero di tutte le immagini che vi appartengono. D'altra parte ciascun descrittore di immagine avrà un link al descrittore della classe per consentire l'operazione inversa (conoscere la classe di appartenenza di una immagine selezionata).

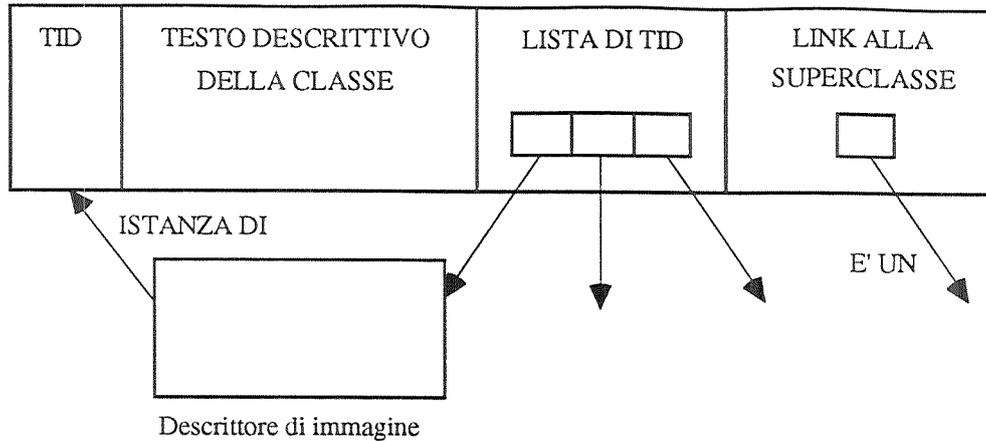


FIGURA 21: DESCRITTORE DI CLASSE.

In questi casi si ha un link del tipo:

- ISTANZA DI: la relazione tra un nodo e la classe di appartenenza;
- É UN: si ha tra una classe di oggetti e la superclasse di appartenenza e definisce il concetto di generalizzazione.

- *Link di clusterizzazione*

I link possono costituire anche un mezzo di associazione tra nodi di tipo eterogeneo. In modo analogo a quanto visto precedentemente per il meccanismo della classificazione, si possono costituire infatti dei sottoinsiemi del grafo di partenza in base a caratteristiche specifiche. Questi insiemi sono detti **CLUSTER** di nodi. In sostanza l'operatore può avere la necessità di creare delle partizioni dei nodi del grafo, cioè dei gruppi di unità che soddisfano in qualche modo proprietà comuni, o semplicemente nodi che l'operatore desidera distinguere dagli altri. In questo modo è possibile creare delle fasce di informazione distinte, destinate ad uno specifico insieme di applicazioni o ad una specifica fascia di utenza. Tali insiemi di nodi rappresentano delle distinte zone di informazione su cui si applicano definizioni e funzioni locali.

Il cluster è una entità che aggrega più entità atomiche o composte attraverso degli archi associativi. I cluster possono a loro volta associarsi tra loro per dar vita ad formazioni più complesse. Ogni cluster è caratterizzato da:

- **NOME**: indica il generico tipo di informazione contenuta;
- **CLUSTER-PADRE**: questo dato è presente quando un cluster è definito come componente di un altro cluster. Ad esempio, se esistono due cluster C1 e C2, con C1 che ingloba C2, si dice che C2 ha come cluster-padre C1;

- CLUSTER-LINK: i cluster sono modellati attraverso la definizione di una serie di link che formano la rete di associazioni che unisce tutte le unità/nodi che entrano a far parte di esso. Questi link sono della stessa natura dei link visti in precedenza, contraddistinti da una etichetta che descrive il contenuto e un cluster che definisce la natura dell'associazione.

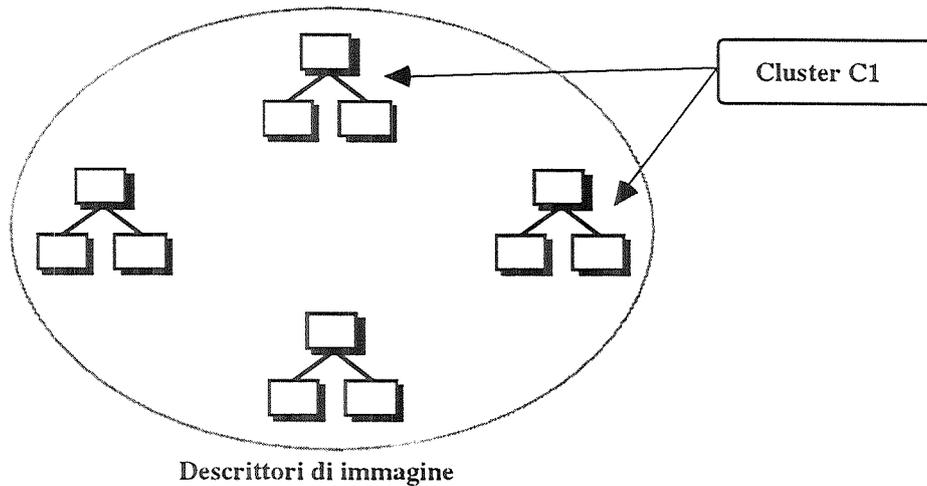


FIGURA 22: CREAZIONE DI UN SOTTOINSIEME CON CLUSTER.

I cluster allora possono essere descritti in *tabelle di clusterizzazione* contenenti i nomi, gli archi, le strutture gerarchiche e di inclusione che ne modellano il meccanismo. Potranno essere memorizzate liste di link che collegano tutti i nodi facenti parte dello stesso nucleo logico ed in questo modo le ricerche orientate al recupero di una informazione settoriale ben definita possono essere facilitate dall'uso di questi percorsi. Tutti i nodi che appartengono ad una specifica categoria semantica, o che hanno delle caratteristiche comuni, saranno recuperabili in successione senza dover seguire il tracciato del grafo alla loro ricerca. I cluster assumono allora il significato di struttura per la gestione degli accessi: l'utente che è interessato al recupero di una certa informazione tematica, potrà consultare queste tabelle e cercarvi l'argomento corrispondente; successivamente si seguirà il tracciato per operare la consultazione di tali cluster, cioè di tutti i nodi che contengono le informazioni di interesse.

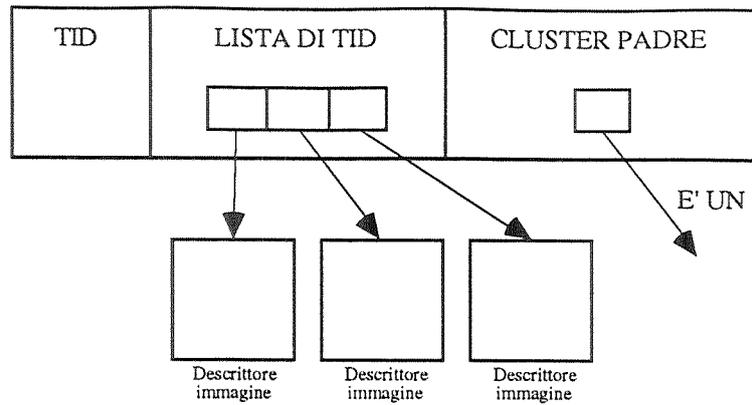


FIGURA 23: CLUSTER DI IMMAGINI.

3.6 UN'APPLICAZIONE PRATICA

Descriviamo di seguito un esempio su come questi meccanismi si sviluppano per consentire la gestione delle immagini e l'integrazione delle loro componenti.

Consideriamo la mappa geologica della regione "Terra Nova Bay", la quale mostra componenti litologiche, fratture, simboli strutturali, etc.

Inizialmente occorre dare le prime nozioni semantiche con cui classificare le informazioni inserite in input nel sistema. Questa procedura fa parte della prima fase della definizione dello schema semantico. Si definisce quindi l'insieme di nodi (entità) che verranno utilizzati nella definizione di grafo.

L'inserimento di una immagine e la sua rappresentazione è frutto di una fase di analisi e di astrazione. La figura deve essere descritta in termini generici da una parte di tipo testo, e deve essere scomposta nelle sue parti più significative. Questo prevede la definizione di concetti generali su cui basarsi per fare la scomposizione. Nel nostro caso l'immagine riguarda una mappa geologica con tre soggetti di riferimento: una componente litologica, una frattura ed un simbolo strutturale rappresentante una base. Per rappresentare le relazioni tra essi saranno sufficienti le seguenti relazioni semantiche: ogni singolo soggetto dell'immagine rientra in una delle classi dello schema generale che abbiamo definito.

[LITOLOGIA] - (S.S.O. DA) --> [FRATTURA]

[BASE] - (S.S.E. DA)-> [FRATTURA]

[LITOLOGIA] - (O. DA) --> [BASE]

Questa notazione semantica dello schema si traduce nel grafo di figura 24.

Ogni singola immagine risulta essere in definitiva un insieme di oggetti, ciascuno dei quali rappresenta una parte dell'immagine di partenza. Occorre tenere conto della difficoltà di realizzazione di un mapping di questo tipo.

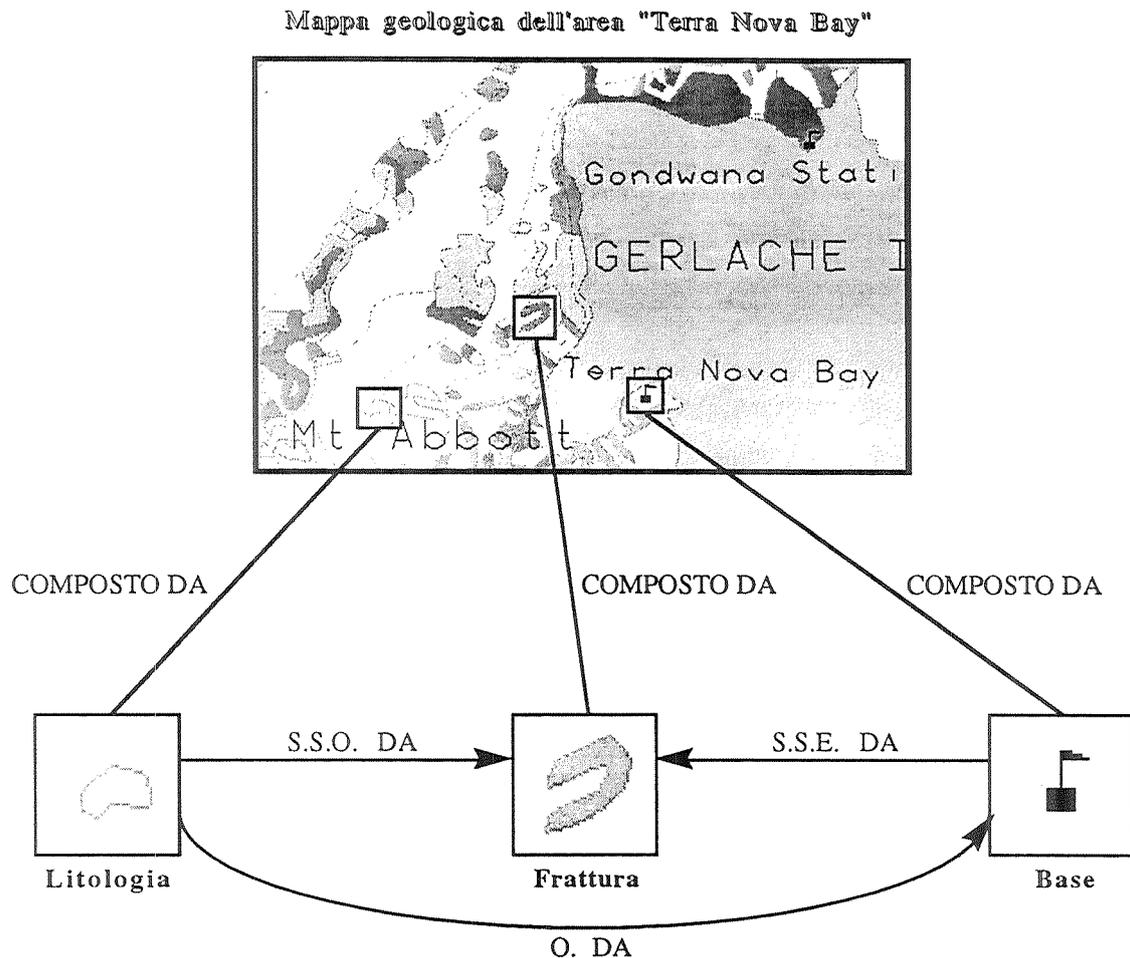


FIGURA 24: RELAZIONI TRA LE COMPONENTI DI UN IMMAGINE COMPOSTA.

-Innanzitutto bisogna considerare che tutto questo avviene in base a principi abbastanza soggettivi, legati cioè alla sensibilità dell'operatore. La realizzazione delle classi con cui catalogare le immagini e il loro contenuto viene realizzata secondo un processo di astrazione in cui l'artefice mira ad evidenziare maggiormente le componenti di maggiore interesse. Questo naturalmente si basa su propri canoni di classificazione, che magari risultano insufficienti o addirittura in conflitto con la visione di altri operatori.

Non bisogna infine dimenticare che tutto questo lavoro è mirato alla realizzazione di uno strumento efficiente in grado di fornire la possibilità di consultazione ed eventualmente accesso alla fonte di informazione. Questo in pratica significa orientare la classificazione al raggiungimento di due obiettivi principali: il primo è l'esattezza dell'informazione (ciascuna

fonte di informazione deve essere rappresentata in modo puntuale ed esauriente); il secondo è la dinamicità del sistema (occorre che la capillarità di informazione del modello non si traduca in pesantezza e ridondanza, diventando di fatto più un ostacolo che un vantaggio).

Bibliografia

- A. Albano, R. Orsini, *"Basi di Dati"*, Boringhieri-Torino, 1985.
- A. Albano, *"Basi di Dati: Strutture e Algoritmi"*, Addison-Wesley Masson, 1992.
- S. Biagioni, C. Carlesi, *"Banca Dati Antartide: scheda informativa Catalogo South Pole"*, Prog. PNRA, N.I. B4-60, IEI-CNR, 1990.
- S. Biagioni, C. Carlesi, A. Carpené, M.C. Ramorino, L. Rossi, S. Schiarini, *"PNRA. South Pole Directory"*, Prog. PNRA, N.I. B4-44, IEI-CNR, 1992.
- S. Biagioni, C. Carlesi, F. Fabbrini, G. Leone, S. Russo, O. Salvetti, *"Sistema Informativo South Pole - Disegno e sperimentazione di una interfaccia orientata all'acquisizione di informazioni distribuite"*, Prog. PNRA, N.I. B4-36, IEI-CNR, 1994.
- S. Biagioni, C. Carlesi, F. Fabbrini, A. Romani, O. Salvetti, *"Sistema Informativo South Pole - Disegno e sperimentazione di un sistema per l'accesso a informazione distribuita ed eterogenea"*, Prog. PNRA, N.I. B4-37, IEI-CNR, 1994.
- S. Biagioni, C. Carlesi, F. Fabbrini, O. Salvetti, L. Spanedda, *"Banca Dati Antartide: attivita' tecnico-scientifica e linee di sviluppo"*, Prog. PNRA, N.I. B4-61, IEI-CNR, 1990.
- S. Biagioni, C. Carlesi, M.C. Ramorino, L. Rossi, *"South Pole. A progress report on the Italian system for Antarctic data exchange"*, Proc. 4th Workshop 'Italian Research on

Antarctic Atmosphere', Porano, M. Colacino, G. Giovanelli, L. Stefanutti Eds., SIF, pp. 295-300, 1992.

- S. Biagioni, C. Carlesi, G. Romano, L. Rossi, D. Vannozi, "*PNRA. The South Pole Directory: user's manual*", Prog. PNRA, N.I. B4-42, IEI-CNR, 1992.
- S.Chang, T.Kunii, "*Pictorial Data-Base Systems*", Computer-November 1981.
- S.Chang, S.Liu, "*Picture Indexing and Abstraction Technique For Pictorial Databases*", IEEE trans.on Pattern Analisis and Machine Intelligence, July 1984.
- Y.Chien, "*Hierarchical Data Structures for Picture Storage, Retrieval and Classification*", L.N.I.C.S Vol.80/Springer Verlag 1980.
- B.Czejdo,R.Elmastrì,M.Rusinkiewicz,D.W.Embley, "*A Graphical Data Manipulation Language for an Extended Entity Relationship Model*", Computer-March 1990.
- W.Grosky, Y.Lu, "*Iconic Indexing Using generalized Pattern Matching Techniques*", Computer Vision, Graphics and Image Processing, n.35, 1986.
- V.Quint, I.Vatton, "*An Abstract Model For Interactive Pictures*", Human-Computer Interaction, Interact-1987; H-J Bullinger And B.Shackel ed. North-Holland sept 1987.
- SPIE Conference Proceedings 1662 Held at SPIE/IS & T'Symposium on Electronic Imaging Science and Technology, "*Image Storage and Retrieval System*", San Jose, California, Bellingham, Washington-SPIE, 1992.
- G.Tang, "*A Management System for an Integrated Database of Pictures and Alphanumerical Data*", Computer Vision Graphics and Image Processing, n.16, 1981.
- G.Vernazza, A.N.Venetsanopoulos, G.Braccini, "*Image Processing: Theory and Applications*", Amsterdam, Elsevier, 1993.