

**I GEO-DSS:  
SISTEMI DI SUPPORTO  
ALLE DECISIONI TERRITORIALI**

*Rapporto Interno C95-3*

*4 Gennaio 1995*

**Paolo Basile  
Edoardo Bracci  
Guglielmo Cresci  
Carlo Magnarapa**



**I Geo-DSS:**

**sistemi di supporto alle decisioni territoriali**

### Ringraziamenti

In questo rapporto sono raccolte considerazioni e valutazioni elaborate a margine di attività progettuali a cui hanno collaborato ricercatori e tecnici che non figurano tra gli autori. Ad essi va un doveroso ringraziamento per i contributi di idee e di partecipazione all'implementazione.

Ringraziamo in particolare Paolo Mogorovich per la sua attività di supervisione e di indirizzo e Sandro Mazzotta per l'implementazione dei prodotti.

## Indice

<b>Introduzione</b>	pag. 1
<b>Capitolo 1: I sistemi di supporto alle decisioni</b>	
Evoluzione dei DSS	pag. 3
Architettura di un DSS	pag. 4
Aspettative degli utenti	pag. 5
Ruolo dell'interfaccia utente	pag. 6
Struttura logica di un DSS	pag. 7
Valutazione costo-benefici	pag. 8
<b>Capitolo 2: Gli elementi territoriali nei processi decisionali</b>	
Gli utenti dei Geo-DSS	pag. 9
Lo stato della tecnologia	pag. 11
Approcci a più viste	pag. 12
Implementazione di un approccio a più viste	pag. 12
Viste logiche	pag. 13
Estrattore fisico	pag. 13
<b>Capitolo 3: Geo-DSS</b>	
Componenti logici di un DSS	pag. 16
Componenti logici di un GIS	pag. 17
Integrazione delle funzionalità nei Geo-DSS	pag. 17
Ruolo della modellistica nei Geo-DSS	pag. 19
Ruolo dell'informazione geografica	pag. 21
<b>Capitolo 4: Un'applicazione significativa</b>	
Il contesto	pag. 23
Le fonti dei dati	pag. 24
Il modello logico dei dati idrogeologici	pag. 25
La soluzione adottata	pag. 25
<b>Capitolo 5: La soluzione Geo-DSS</b>	
Architettura logica	pag. 29
Il livello di estrazione	pag. 30
Il livello supervisore	pag. 31
Il livello di presentazione	pag. 31
La navigazione geografica	pag. 31
La navigazione statistica	pag. 33
La modellistica	pag. 35

<b>Capitolo 6: La soluzione GIS</b>	
Funzionalità . . . . .	pag. 37
Caratteristiche dell'implementazione . . . . .	pag. 41
<b>Capitolo 7: Considerazioni conclusive</b> . . . . .	pag. 43
<b>Bibliografia</b> . . . . .	pag. 45

## **Introduzione**

L'uso dell'informatica nei processi produttivi è tradizionalmente legato allo svolgimento di compiti che richiedono alta ripetitività, calcoli complessi, rapidità di esecuzione ed elevata precisione. Tale uso è progressivamente evoluto per affrontare attività sempre più complesse; negli ultimi anni sono state affrontate tematiche nuove, meno ripetitive e procedurali, più integrate nel tessuto organizzativo e produttivo della realtà in cui operano. Queste attività richiedono, in genere, una stretta cooperazione tra l'elemento umano e l'elaboratore<sup>1</sup>, che, scambiandosi informazioni, giungono a identificare le possibili soluzioni a problemi che non ammettono una soluzione unica, raggiungibile con un processo matematico.

I processi decisionali sono tipici problemi in cui esiste molteplicità di soluzione e non esistono processi algoritmici in grado di risolverli compiutamente. Infatti, in questi casi esistono sempre margini di incertezza e di precisione che impediscono il raggiungimento di una soluzione matematica. Peraltro la conoscenza di tutti gli elementi al contorno, la possibilità di formulare scenari alternativi e verificarne gli effetti più probabili (ancorché non certi), è di notevole aiuto al processo decisionale che ne risulta migliorato in termini di qualità e che può concludersi in tempi più contenuti.

Le applicazioni informatiche che forniscono supporti di questo tipo vengono genericamente definite: Sistemi di Supporto alle Decisioni (Decision Support Systems: DSS). Ad una loro descrizione generale è dedicato il primo Capitolo di questo Rapporto.

Taluni processi decisionali coinvolgono informazioni che non si limitano ad aspetti numerici, ma trattano ambiti con forti valenze geografiche. Essi beneficiano in modo sostanziale di un approccio di tipo territoriale che consenta di rappresentare i fenomeni su uno sfondo geografico, di muoversi (navigare) tra gli elementi territoriali, di valutare gli effetti di azioni e ipotesi di lavoro su una base cartografica. In questi casi ci si può avvalere di strumenti che sono solitamente riferiti come Geo-DSS o Spatial DSS (SDSS).

Pur essendo studiati da una quindicina d'anni, i DSS hanno cominciato a diffondersi solo in tempi recenti a causa di limiti culturali e soprattutto tecnologici. Quanto detto vale, a maggior ragione, per i Geo-DSS che presentano ancora problemi implementativi irrisolti.

Questo rapporto descrive le caratteristiche dei Geo-DSS a partire dalle esperienze precedenti operate con i sistemi di supporto alle decisioni e con i Sistemi Informativi Territoriali (Geographical Information Systems: GIS).

---

<sup>1</sup>Inteso come insieme di hardware, software di base e di ambiente e programmi applicativi.

## **I Geo-DSS: sistemi di supporto alle decisioni territoriali**

La prima parte del Rapporto fornisce elementi introduttivi e generali fondamentalmente orientati a definire obiettivi, caratteristiche e tecniche di implementazione dei Geo-DSS.

La seconda descrive invece i problemi incontrati nell'implementazione di un Geo-DSS e i risultati conseguiti nell'ambito di un'esperienza condotta dal CNUCE per conto del Ministero dell'Ambiente.

## **Capitolo 1**

### **I sistemi di supporto alle decisioni**

Fino agli inizi degli anni '70 i centri di elaborazione dati costituivano un'isola all'interno dell'azienda; essi erano gestiti da esperti che spesso venivano visti dagli utenti come una controparte cui inoltrare richieste di elaborazioni che raramente venivano esaudite nei tempi e nei modi desiderati. I dati aziendali erano considerati un patrimonio prezioso da custodire e proteggere piuttosto che un bene comune, direttamente fruibile da tutti i livelli aziendali.

Il progresso della tecnologia e la diffusione della cultura informatica fecero rapidamente crescere la domanda degli utenti di poter accedere direttamente ai dati, usando applicazioni il più possibile semplici. In particolar modo i vertici aziendali cominciarono a manifestare l'esigenza di disporre di validi strumenti informatici in grado di supportarli nell'azione di conduzione aziendale.

Questa esigenza è cresciuta negli anni e ha dato origine ad una serie di prodotti che, sotto sigle diverse e con momenti di maggiore o minor successo, hanno contribuito a diffondere il convincimento che una conoscenza tempestiva dei dati aziendali globali è un fattore critico di successo.

Sono così apparsi, in tempi successivi, i Management Information System (MIS) [Gor71], i Decision Support System (DSS) [Kee77], gli Intelligent Decision System (IDS) [Hol89], gli Spatial Decision Support System (SDSS) [Den89], gli Executive Information System (EIS).

### **Evoluzione dei DSS**

All'inizio degli anni 70 comparvero i primi articoli tecnici che introdussero le tecniche di MIS. A questi articoli fece seguito una serie di realizzazioni prototipali, realizzate in genere da aziende medio-grandi su potenti mainframe. I MIS possono definirsi come applicazioni aventi il fine di fornire, ai vari livelli dirigenziali, informazioni aggiornate di supporto allo svolgimento delle funzioni di loro competenza [DAT92].

Tipicamente essi operavano direttamente su tutti i dati aziendali e, in funzione della loro destinazione, potevano esistere diversi all'interno della stessa azienda; ad esempio il MIS per l'ufficio personale, quello per l'ufficio produzione, ecc.

Nonostante che i MIS abbiano aperto una nuova era di diffusione dell'informazione, il loro principale limite è stato quello di essere ancora troppo legati al tradizionale modo di programmazione procedurale, rigida e legata alla organizzazione fisica dei dati.

La disponibilità di informazioni in tempo reale fece rapidamente capire ai dirigenti l'importanza di poter accedere direttamente ai dati e creò una nuova esigenza: quella di usare i dati non più come

elemento passivo di pura conoscenza, ma come strumento attivo cioè in grado di condizionare decisioni anche di tipo strategico. Così a metà degli anni '70 si crearono le premesse per la nascita dei primi DSS.

Essi possono definirsi come sistemi automatizzati aventi il fine di aiutare l'alta dirigenza ad accedere alle informazioni necessarie per fornire un supporto nel prendere le decisioni [DAT92].

Risulta evidente che l'approccio procedurale non si presta a risolvere queste problematiche in quanto risulta impossibile descrivere in dettaglio tutte le fasi del processo decisionale prima che questo avvenga.

Così uno degli elementi irrinunciabili di un DSS è la capacità di essere flessibile; esso deve mettere in grado l'utente di esplorare i dati secondo diversi punti di vista che l'utente stesso può scegliere e modificare in funzione delle esigenze.

Lo sviluppo tecnologico avvenuto in questi anni e la necessità, sempre crescente per tutti i livelli decisionali dell'azienda, di ottenere informazioni aggiornate, hanno consentito di estendere il concetto di DSS creando una nuova famiglia di sistemi denominata EIS che possono definirsi come sistemi automatizzati aventi il fine di aiutare i vari livelli aziendali ad accedere alle informazioni ad essi necessarie [DAT92].

In altre parole lo scopo degli EIS è quello di rendere disponibile l'informazione giusta alla persona giusta nel momento giusto; il tutto con l'obiettivo di metterlo in grado di prendere la decisione corretta [Cav90].

Le definizioni fornite, per quanto sufficientemente precise, non sempre sono rispettate anche perché i confini tra sistemi DSS e EIS non sono sempre netti e chiari. Nelle considerazioni che seguono questa distinzione non viene mantenuta, perché irrilevante ai fini dell'esposizione, e si fa riferimento unicamente al termine DSS.

Il ruolo dei DSS è destinato ad evolvere rapidamente nei prossimi anni. L'affermarsi delle architetture client/server da un lato e la definizione della Data warehouse [DAT92] dall'altro, dovrebbero permettere di accedere a dati eterogenei in modo trasparente, indipendente dai sistemi operativi, dalle piattaforme hardware e dal tipo di database.

I DSS si avviano ad essere uno strumento che, superando le barriere tecnologiche esistenti tra reparti diversi di una stessa azienda o tra diversi fornitori di informazioni, sarà in grado di produrre informazione in modo più rapido e meno costoso, accrescendo notevolmente i benefici che il loro uso può apportare all'azienda.

### **Architettura di un DSS**

Sono state definite molte architetture su cui fondare un DSS; tuttavia quella che ha più inciso sullo sviluppo di questi sistemi è stata presentata da Sprague e Carlson in [Spra82]. Secondo questi autori un DSS ha tre livelli funzionali, che corrispondono a tre livelli tecnologici:

- a livello alto esiste uno specifico DSS con cui viene affrontato il processo decisionale;
- a livello intermedio esiste un generatore di DSS, ovvero una serie di moduli hardware e/o software con i quali può essere assemblato un DSS in modo semplice e veloce;
- a livello basso è disponibile una serie di componenti di base (hardware e software) che possono essere assemblati per costruire direttamente uno specifico DSS o un generatore di DSS.

Quando uno specifico DSS è ritenuto insufficiente per compiere una analisi, si rendono necessarie delle modifiche che, per essere efficaci, devono essere implementate rapidamente, possibilmente

## **I sistemi di supporto alle decisioni**

durante lo stesso processo decisionale. Questo risulta più semplice se si riesce ad usare il livello tecnologico intermedio (il generatore di DSS) piuttosto che gli strumenti di base.

Maggiore è la rapidità con cui possono venire implementate queste modifiche adattative maggiore è la flessibilità ed il grado di fruibilità di un DSS.

Purtroppo, quando questo schema fu ideato, non esistevano ancora dei prodotti commerciali che generassero rapidamente i DSS, né erano comparsi i linguaggi di quarta generazione (se si esclude l'APL citato dagli autori) a livello basso.

Nel 1986, riprendendo l'architettura precedente, venne sviluppato il concetto di generatore di DSS. L'architettura proposta [Arm86] era composta da 5 moduli software integrati, in grado di potersi scambiare dati; ognuno di essi era specializzato per un particolare compito. Furono identificati i seguenti moduli:

- gestore dei database;
- gestore della base di modelli;
- generatore di uscite grafiche;
- generatore di tabulati;
- interfaccia utente.

L'utente interagisce solo con il modulo di interfaccia e vede gli altri come un'unica entità.

Questa architettura è quella maggiormente seguita, in quanto l'evoluzione tecnologica delle piattaforme hardware e la disponibilità di potenti strumenti software la rendono attuabile concretamente.

## **Aspettative degli utenti**

Le aspettative degli utenti nei confronti di un DSS rientrano in tre aree distinte[Cav90]: operatività del sistema, praticità di utilizzo e funzionalità; vediamo quindi le principali:

- il DSS deve essere facile da usarsi, flessibile ed intuitivo e deve richiedere un breve tempo di addestramento per essere usato. Esso deve supportare l'utente in tutte le fasi del processo decisionale, anche nel caso di processi solo parzialmente strutturati;
- i tempi di risposta devono essere buoni ed i dati su cui opera sempre disponibili;
- i risultati di una analisi non devono limitarsi allo schermo della stazione di lavoro su cui l'utente opera, ma l'informazione deve poter essere trasferita in diversi ambienti e riprodotta su diversi dispositivi hardware;
- il DSS deve possedere diversi tipi di tabulati e grafici che permettano una analisi molto veloce; in particolare devono essere ben evidenziati i dati che non rientrano entro valori limite che lo stesso utente può fissare e l'uso dei vari simboli grafici e dei colori deve essere standardizzato, nel senso che deve esserci una corrispondenza fissa fra un fenomeno e la sua rappresentazione;
- devono essere previste investigazioni dinamiche sui dati con ampia possibilità di navigare su di essi; spesso il risultato di una analisi (ad esempio un istogramma o un tabulato) può costituire l'inizio di una nuova investigazione tramite tecniche oggi assai diffuse note come drill-down, hotspot, zoom, ecc.;
- il DSS deve disporre di un'ampia gamma di strumenti modellistici che devono essere direttamente controllati dall'utente ed integrati con le altre funzioni del DSS. Fra di essi devono comparire sia strumenti di tipo generale, (ad esempio per elaborare modelli previsionali, esaminare serie storiche, ecc.) sia di tipo specialistico nel caso che il DSS operi in un'area particolare come ad esempio quella ambientale;
- deve essere possibile accedere in modo più trasparente possibile a fonti diverse di dati provenienti anche dall'esterno dell'azienda.

Probabilmente nessuna implementazione pratica riuscirà a soddisfare tutte le richieste in quanto alcune di esse sono palesemente in contrasto con altre; è quindi importante, prima di procedere alla progettazione di un DSS, verificare quali sono le priorità da soddisfare ed i vincoli cui sottostare.

### **Ruolo dell'interfaccia utente**

La facilità e la flessibilità di uso compaiono al primo posto fra le aspettative degli utenti; un DSS viene spesso giudicato più dalle modalità di interazione con l'elaboratore che dalle intrinseche potenzialità. L'interfaccia utente gioca così un ruolo determinante nell'accettazione del sistema e deve essere particolarmente curata fin dalla fase di progettazione.

Purtroppo non esiste ancora un approccio metodologico sufficientemente formalizzato che aiuti a sviluppare interfacce utente; il principale motivo di questa carenza risiede nel fatto che questo settore applicativo è fortemente condizionato dagli sviluppi tecnologici e, conseguentemente, dipende da fattori esterni mutevoli e poco prevedibili.

Basti pensare all'evoluzione che questo settore ha avuto nel giro di pochi anni; dalle interfacce testuali tipiche delle applicazioni su mainframe (a comandi o a menu'), si è giunti recentemente ad interfacce esclusivamente grafiche ed object oriented che fanno ampio uso di icone e già si intravedono nuove frontiere, come l'uso di comandi dettati direttamente a voce.

Indipendentemente dalla tecnologia usata, il problema di fondo di tutte le interfacce è quello di creare un ponte che leghi i due modelli della realtà che hanno il progettista e l'utente; mentre quello del progettista è solitamente più rigido e viene riflesso nella soluzione informatica adottata, il modello utente è molto più dinamico e variabile.

Questa variabilità è particolarmente accentuata nei DSS dove le problematiche da trattare sono, per loro natura, poco strutturate e difficilmente schematizzabili. Per capire se c'è corrispondenza fra il modello del progettista e le aspettative dell'utente, spesso vengono sviluppati, con varie tecnologie, dei prototipi di interfaccia che, in quasi tutti i progetti di una certa complessità, diventano i primi prodotti disponibili per l'utente.

In effetti quando i primi DSS furono sviluppati, la tecnologia non era ancora matura per soddisfare le aspettative dell'utente; solo negli ultimi anni, l'avvento di nuovi strumenti software e soprattutto l'accresciuta potenza delle stazioni di lavoro, hanno permesso di sviluppare interfacce facendo uso di modelli di riferimento, noti come metafore, che mascherano l'applicazione dietro ambienti familiari all'utente come un ufficio, una biblioteca, ecc.

Così, nel caso dei DSS, alcune delle metafore più usate sono quelle del viaggio o dell'orientamento che agevolano il compito dell'utente durante le fasi di navigazione; esse devono poter rispondere in qualunque momento, tramite opportune mappe di navigazione, a domande del tipo in quale livello di interrogazione mi trovo?, posso ancora approfondire la ricerca?, come posso tornare indietro?, ecc.

Oltre alla fase di esplorazione dati, qualunque DSS deve prevedere una fase in cui l'utente deve scegliere sia i dati che il tipo di analisi. Una componente del modulo di interfaccia ha il compito di attivare queste selezioni, utilizzando una terminologia vicina alle professionalità degli utenti e cercando di evitare ogni riferimento di natura informatica. Lo stesso modulo si deve preoccupare, in modo del tutto trasparente per l'utente, di verificare l'esistenza dei dati necessari, eseguire controlli di coerenza ed infine passare la richiesta all'applicazione.

## Struttura logica di un DSS

La definizione del ruolo e delle funzioni tipiche dei diversi componenti di un sistema presuppone:

- da un lato la capacità di suddividere il sistema in sottosistemi logici indipendenti di cui devono essere specificate le caratteristiche funzionali;
- dall'altro l'individuazione di criteri che guidano la valutazione. Tali criteri derivano da un'analisi delle esigenze che il sistema è chiamato a soddisfare. La loro definizione implica pertanto una conoscenza approfondita dell'ambiente.

L'articolazione logica di un DSS, definita da tempo [Spr82] e unanimemente condivisa, è riconducibile allo schema riportato in Fig. 1 dove compaiono cinque componenti:

- 1) **Interfaccia verso i dati.** Si incarica di accedere alle informazioni in ingresso al DSS che possono risiedere in archivi diversi, interni ed esterni all'azienda, e di risolvere tutti i problemi connessi alla gestione dei canali di comunicazione e al trasferimento di dati.
- 2) **Funzioni di navigazione e elaborazione.** Si incaricano di operare selezioni sui dati (navigazione) e di elaborare i sottoinsiemi di dati selezionati con funzioni statistiche anche molto sofisticate.
- 3) **Interfaccia utente.** Gestisce il colloquio dell'utente con l'applicazione e la restituzione dei risultati. È un componente critico perché deve trasmettere le informazioni elaborate in modo che siano facilmente acquisite dall'utente. Quest'ultimo spesso identifica il DSS con l'interfaccia utente e ne giudica l'utilità e l'efficacia solo basandosi su questo componente.
- 4) **Funzioni di modellistica.** Ogni DSS dispone di più applicazioni modellistiche (banca dati dei modelli) tra le quali l'utente può scegliere quella più idonea alle proprie esigenze ed eseguirla sui dati che ha precedentemente selezionato.

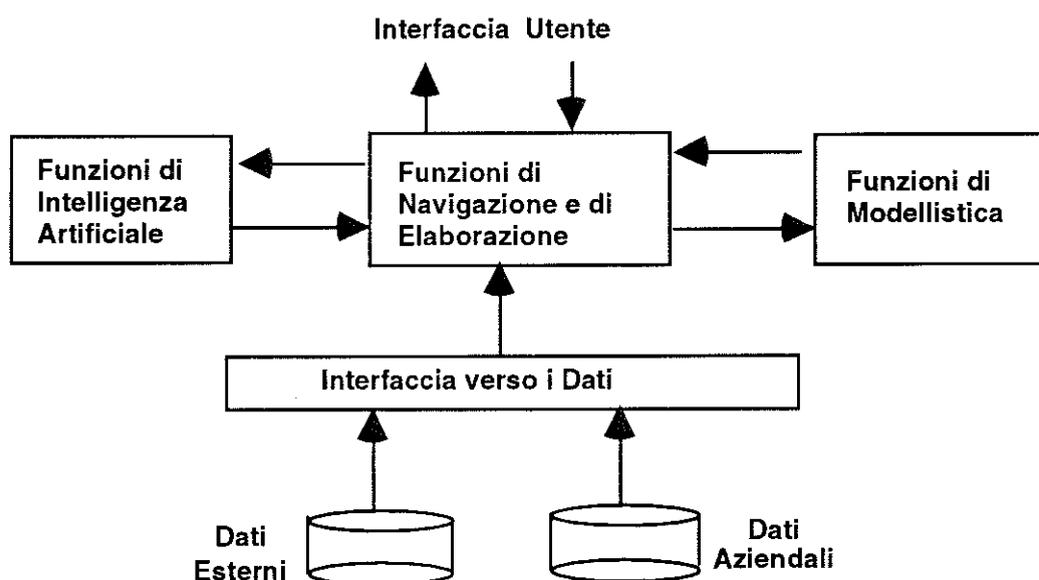


Figura 6

- 5) **Funzioni di intelligenza artificiale.** In generale le tecniche di intelligenza artificiale, e in particolare

i sistemi esperti, si prestano ad integrare i componenti algoritmici dei DSS poiché dispongono di funzioni adatte a trattare problemi non strutturati o poco strutturati. Sono utilizzate per rendere il sistema adattabile alle esigenze dell'utente.

### **Valutazione costo - benefici**

Come per tutte le applicazioni informatiche, anche per i DSS è opportuno eseguire un bilancio costo - benefici per valutare l'utilità dell'investimento e i ritorni che esso procura all'azienda. Questa operazione comporta sempre difficoltà sia sul piano della valutazione dei costi che, soprattutto, su quello della individuazione e quantificazione dei benefici. Le difficoltà sono particolarmente ardue in applicazioni, quali i DSS, dove giocano un ruolo determinante elementi che esulano dall'ambito strettamente informatico e coinvolgono altre componenti aziendali [Bra93].

Per quanto attiene ai costi è necessario operare una prima distinzione tra costi di gestione e altri costi. Relativamente ai primi si può affermare che, in generale, essi non rappresentano un elemento di estrema rilevanza in considerazione del fatto che le attuali architetture elaborative mettono a disposizione degli strumenti di costo limitato e che il numero di utenti delle applicazioni DSS è sempre molto contenuto.

Maggiore attenzione richiedono altri costi quali quelli relativi all'implementazione dell'applicazione e, soprattutto, alla creazione di una cultura che consenta lo sfruttamento ottimale dello strumento. Implementazione e istruzione degli utenti sono due aspetti complementari che possono richiedere investimenti di una certa consistenza e tempi di realizzazione cospicui.

Nonostante tutto la determinazione dei costi rappresenta l'aspetto più semplice del problema, infatti la quantificazione dei benefici è certamente più complessa. In questo campo le esperienze maturate con applicazioni informatiche più tradizionali è di poco aiuto e non esistono metodi generali applicabili a tutte le realtà. È pertanto necessario operare con cautela e buon senso, coinvolgendo nel processo di valutazione tutte le componenti aziendali. Le applicazioni DSS vanno infatti valutate non tanto e non solo dal punto di vista informatico (quantità di alternative che presentano, soddisfazione degli utenti, tempi di risposta, ecc.) ma soprattutto dal punto di vista della qualità delle risposte che danno all'azienda cioè dai vantaggi che l'azienda trae dal loro impiego.

Questi sono specifici di ogni realtà, quindi non è possibile definire regole generali ma è preferibile procedere caso per caso lasciandosi guidare dagli obiettivi aziendali e dalle peculiarità dell'ambiente in cui si opera.

## Capitolo 2

### Gli elementi territoriali nei processi decisionali

Come si è già avuto modo di affermare i sistemi di supporto a processi decisionali con valenza geografica devono mettere a disposizione funzioni tipiche dei Sistemi Informativi Territoriali (GIS) integrate con quelle classiche dell'ambiente DSS; in questi casi si parla di Geo-DSS o di Spatial DSS (SDSS).

I Geo-DSS sono applicazioni apparse in tempi recenti che non hanno ancora raggiunto grande diffusione e maturità implementativa. Quanto è stato fatto fino ad oggi è frutto di iniziative singole che non sono ancora approdate a pacchetti commerciali. In questo stato di cose il tema dei Geo-DSS è stato affrontato sempre in modo parziale, spesso poco organico e generale perché finalizzato al soddisfacimento di un'esigenza immediata e di settore.

In questo Capitolo si vuole inquadrare il tema, evidenziando i diversi modi di intendere e le implicazioni che essi hanno sulle scelte implementative e sulle caratteristiche delle applicazioni che si realizzano.

#### Gli utenti dei Geo-DSS

Poiché i processi decisionali investono una serie molto ampia di campi di applicazione, le loro finalità e caratteristiche sono notevolmente diversificate. Anche i dati geografici coinvolti in questi processi svolgono un ruolo diverso in funzione degli obiettivi e delle caratteristiche del Geo-DSS.

Un primo elemento da considerare è relativo agli utenti dell'applicazione che, spesso, hanno interessi e approcci diversi e parzialmente contrastanti. Tipicamente in una organizzazione di grandi dimensioni, sia essa un'azienda privata o un'amministrazione pubblica, esiste sempre una varietà di persone che sono coinvolte in processi decisionali. Tale varietà è influenzata:

- dalla tipologia del lavoro svolto che spazia da compiti strettamente connessi alla gestione spicciola e ad attività di respiro temporale limitato al giorno per giorno, fino ad attività di pianificazione strategica di lungo periodo.
- dalla cultura e dal modo di pensare della persona che è legato all'attività che esso svolge nell'azienda ma che risente anche di una serie di altri fattori quali la cultura generale, il curriculum scolastico e quello lavorativo.

Da un punto di vista strettamente funzionale alla nostra esposizione possiamo procedere alla seguente classificazione:

- I livelli direttivi (manager) che necessitano di informazioni di sintesi estremamente semplici, ottenibili in modo rapido senza richiedere specifiche competenze informatiche. In genere essi navigano sui dati alla ricerca dell'informazione giusta semplicemente selezionando e richiamando dati già disponibili, quindi senza eseguire elaborazioni.
- I quadri tecnici senza esperienza d'uso degli elaboratori ma con conoscenze tecniche ed esperienza specifiche di un settore. Come i precedenti, essi necessitano di funzioni di navigazione sui dati ma anche di elaborazioni che investono sia le informazioni alfanumeriche (per esempio per eseguire analisi statistiche) che quelle geografiche. Questi utenti richiedono all'applicazione facilità d'uso e semplicità.
- I tecnici con conoscenze informatiche tali da renderli capaci di personalizzare le funzionalità delle applicazioni per migliorare i risultati del proprio lavoro. Questi ultimi, contrariamente ai precedenti, non necessitano di dati pre-elaborati e di interfacce utente semplificate poiché sono in grado di accedere in maniera nativa a dati e applicazioni.

Questa classificazione considera il tipo di approccio all'applicazione DSS, ma altre possono essere pensate per esempio riferendosi al ruolo svolto dai dati geografici:

- Alcuni utenti possono richiedere l'informazione geografica unicamente per visualizzare il fenomeno in esame su uno sfondo cartografico. In questo caso il dato geografico svolge solo un ruolo passivo e non partecipa al processo, limitandosi unicamente a fornire una rappresentazione dei risultati più completa e comprensibile di una tabella o di un grafico.
- Altri richiedono invece un uso attivo dell'elemento geografico per operare su di esso selezioni e navigazione oltreché carte tematiche.
- Altri infine possono richiedere anche l'esecuzione di elaborazioni geografiche vere e proprie quali calcoli di inclusione, di distanza e query geografiche<sup>2</sup>.

Un altro criterio di classificazione che riveste notevole importanza è rappresentato dal livello di dettaglio cioè dalla scala dei dati geografici. Da questo punto di vista possiamo trovare:

- utenti che operano su scala molto piccola, perché legati a problemi dell'ambiente gestionale quali quelli connessi all'ottimizzazione delle risorse;
- utenti che operano a scala molto grande perché si occupano prevalentemente di rendicontazione e pianificazione ad alto livello. In questi casi spesso l'approccio al dato geografico è di tipo multimediale<sup>3</sup>.
- utenti che operano su scale intermedie per esempio con applicazioni di modellistica.

Nonostante le diverse esigenze, che le classificazioni precedenti evidenziano, tutti gli utenti sono estremamente vincolati dall'interfaccia utente dell'applicazione. Infatti l'interfaccia utente rappresenta il modo con cui l'utente vede l'applicazione al punto tale che, talvolta, egli identifica l'applicazione con la sua interfaccia utente.

La necessità di servire utenti diversi implica quindi la necessità di prevedere interfacce utente appropriate per ciascuna tipologia di utenti; il problema non è di facile soluzione perché sulle interfacce utente non esistono standard di riferimento, ma solo orientamenti generali per di più

---

<sup>2</sup> Col termine *query geografica* intendiamo una funzione che seleziona i dati tramite l'esecuzione di operazioni geografiche. A titolo di esempio citiamo la ricerca di tutte le sorgenti che distano meno di 10 Km da un punto di cui si forniscono le coordinate.

<sup>3</sup> Nel senso che non vengono eseguite elaborazioni sui dati ma semplicemente selezioni e visualizzazione di informazioni già presenti negli archivi.

## Gli elementi territoriali nei processi decisionali

estremamente sensibili all'evoluzione tecnologica.

La modellistica è un altro elemento di differenziazione tra gli utenti; essa è infatti legata al modo di intendere i dati, cioè al loro modello concettuale all'interno del data base, oltre che alle funzioni che su di essi devono essere eseguite. Gli strumenti GIS forniscono alcune funzioni di base in quest'area, ma solitamente non supportano la modellistica in modo completo, come invece avviene in ambito DSS.

## Lo stato della tecnologia

Consideriamo ora l'architettura del sistema informativo di una grande organizzazione che utilizza anche dati territoriali. Questi sono organizzati in uno o più sistemi GIS che possono gestire anche dati alfanumerici legati a quelli geografici. In casi più complessi gli archivi alfanumerici risiedono su data base diversi da quelli geografici a cui possono essere collegati tramite appositi strumenti software.

Le applicazioni strettamente geografiche operano sotto l'egida dei sistemi GIS, quelle statistiche operano sui dati alfanumerici e quindi, di solito, sono eseguite fuori dall'ambiente GIS. In entrambi gli ambienti (statistico e GIS) si eseguono operazioni di consultazione, o selezione, ed elaborazioni. A fianco a questi due approcci è necessario considerarne un altro che interessa sia i dati alfanumerici che quelli geografici e che non prevede elaborazioni, ma soltanto consultazione e selezione di informazioni già presenti negli archivi. Si tratta di un approccio di tipo multimediale, che può trattare anche altre tipologie di dati (immagini e

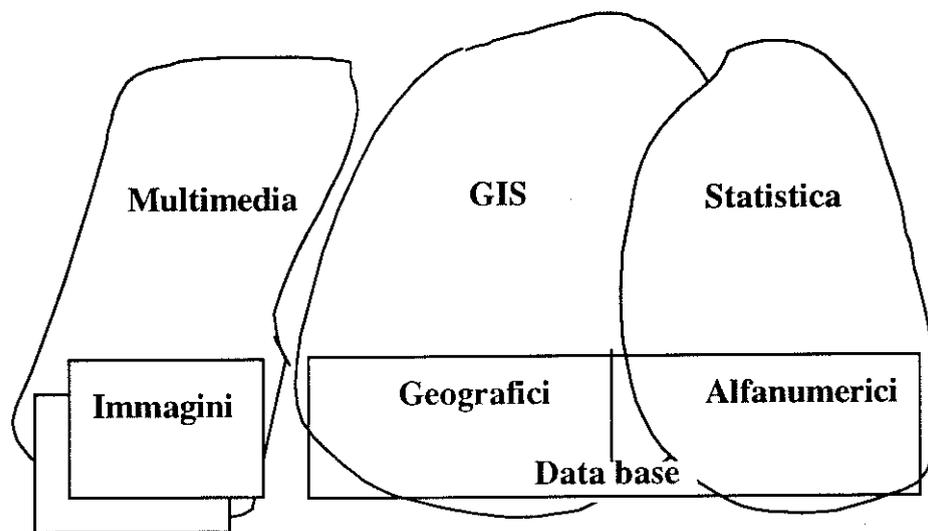


Figura 2

suoni) e i cui rapporti con gli archivi geografici e alfanumerici sono complessi poiché questa tipologia di applicazioni dovrebbe integrare dati provenienti da ambienti diversi e, soprattutto, strutturati in modo profondamente diverso.

La figura 2 schematizza graficamente la situazione che normalmente si verifica e che non consente di risolvere in modo integrato tutte le esigenze d'utente discusse al paragrafo precedente. In altri termini possiamo affermare che esistono limitazioni, dovute alla tecnologia attualmente disponibile, che non consentono un approccio unitario a tutti i problemi posti dagli utenti, ovvero che, a seconda dell'ambiente in cui si opera, si ha una vista solo parziale dei dati.

### Approcci a più viste

Per superare le limitazioni brevemente descritte al paragrafo precedente, è necessario ricorrere ad un approccio che consenta all'utente di accedere ai dati attraverso viste diverse in funzione degli obiettivi, delle aree tematiche e del livello di conoscenza dell'utente stesso.

La Figura 3 schematizza un simile approccio: le viste sono considerate come interfacce che si interpongono tra i dati e le applicazioni e sono implementate tramite l'uso di strumenti software. Il loro obiettivo è quello di fornire la migliore risposta alle esigenze elaborative e all'efficacia dell'interfaccia utente.

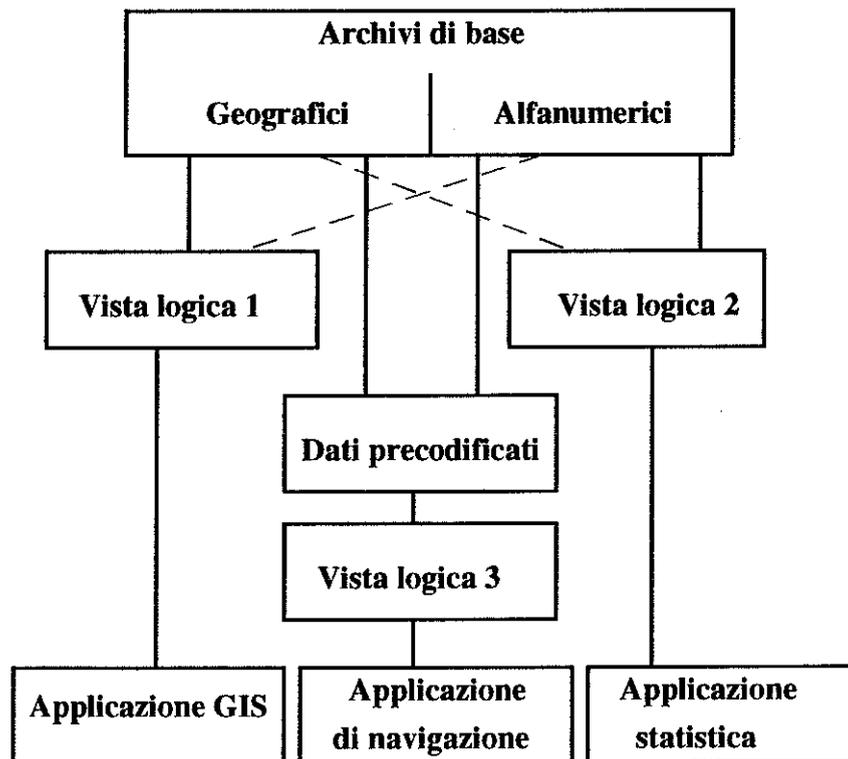


Figura 3

I tre approcci interpretano i dati di base in modo notevolmente diverso:

- l'approccio GIS privilegia i dati geografici rispetto a quelli alfanumerici (attributi);
- la situazione opposta si verifica nell'approccio statistico;
- l'approccio di navigazione opera su dati pre-confezionati che prevedono componenti alfanumeriche e geografiche.

Essi non sono completamente separati infatti le analisi GIS prevedono anche alcune elaborazioni statistiche, queste ultime consentono di navigare sui dati in modo multimediale, ecc.

### Implementazione di un approccio a più viste

La struttura logica descritta al paragrafo precedente può essere implementata in due diversi modi:

## **Gli elementi territoriali nei processi decisionali**

- attraverso viste logiche sui dati;
- facendo ricorso ad un estrattore fisico.

### **Viste logiche**

In questo caso non sono richieste duplicazioni di informazioni; tutti i dati risiedono negli archivi di base e le applicazioni li accedono tramite viste logiche. La creazione di queste viste può essere effettuata selezionando un sottoinsieme di attributi da una singola relazione o tramite aggregazioni da relazioni multiple in funzione del problema da risolvere; in questo secondo caso è indispensabile definire dei modelli logici adatti a supportarle.

In questa ipotesi le applicazioni possono risiedere tutte sui sistemi host e gli utenti possono accedere a dati e applicazioni anche tramite terminali privi di capacità elaborative locali. È ovviamente possibile operare in logica client/server con parte dell'elaborazione svolta in locale e parte eseguita sugli host.

Questo tipo di implementazione presenta alcuni vantaggi:

- non è necessario duplicare dati quindi l'aggiornamento delle informazioni è automaticamente garantito;
- tutte le risorse elaborative possono essere concentrate sugli host, quindi le stazioni d'utente possono essere più semplici cioè meno costose;
- la gestione di una struttura elaborativa centralizzata richiede minor impegno organizzativo.

Essa presenta peraltro anche difetti quali:

- la variabilità dei tempi di risposta di un'applicazione che, eseguendo in concorrenza con altre, sperimenta tempi di risposta diversi in funzione della concorrenza;
- i tempi di risposta a query complesse possono diventare inaccettabili se il carico della macchina è elevato;
- il dimensionamento degli host deve consentire di supportare tutto il carico elaborativo richiesto dagli utenti.

### **Estrattore fisico**

Le applicazioni degli utenti non accedono agli archivi primari, ma a data base intermedi creati a partire dai dati primari e periodicamente aggiornati. Questa modalità di funzionamento implica una fase di estrazione asincrona dei dati che vanno a popolare i data base intermedi durante la quale possono essere eseguite aggregazioni e pre-elaborazioni specifiche. Nei data base intermedi, ospitati in un server dedicato, i dati sono archiviati in formati predefiniti che possono essere acceduti da applicazioni diverse gestite direttamente dagli utenti.

Questo modo di operare consente di:

- svincolare le applicazioni dalle caratteristiche degli host infatti esse risiedono sulla stazione dell'utente;
- separarle fisicamente da altre applicazioni in modo da garantire le prestazioni;
- garantire l'integrità degli archivi primari;
- disporre di un'architettura flessibile e modulare più adatta a gestire un elevato numero di utenti.

A questi aspetti positivi fanno riscontro:

- l'impossibilità di mantenere il perfetto allineamento tra archivi primari e data base intermedio che sarà aggiornato periodicamente;
- le maggiori risorse necessarie a gestire la duplicazione dei dati;
- le difficoltà tecniche e organizzative per mantenere la coerenza tra i dati dei due livelli di archiviazione; primario e intermedio;
- le difficoltà connesse ad un'implementazione più complessa.

In particolare, la complessità dell'architettura e i maggiori costi implementativi giustificano il ricorso a questa architettura solo quando il numero di utenti è elevato e le applicazioni sono usate in modo intensivo e/o rivestono primaria importanza per l'azienda. Viceversa l'approccio a viste logiche è preferibile se il numero di utenti è ridotto e se si opera su dati disaggregati cioè non è necessario eseguire elaborazioni sui dati archiviati nei data base primari.

## **Capitolo 3**

### **I Geo-DSS**

Le aree di applicazione degli strumenti GIS (Geographical Information Systems) si possono suddividere in due grandi categorie:

- le applicazioni di tipo gestionale utilizzate per supportare attività tecniche per esempio in imprese che operano nel campo delle reti di distribuzione (di energia, telefoniche, ecc.);
- le applicazioni di tipo esplorativo utilizzate per supportare processi decisionali con valenza territoriale che spaziano dal supporto all'attività gestionale fino alla pianificazione strategica.

Questa seconda area di applicazione, di più recente diffusione dell'altra, presenta molte analogie con i Sistemi di Supporto alle Decisioni descritti al Capitolo 1.

Naturalmente tipo, qualità e quantità dei dati trattati sono in relazione agli obiettivi che si intendono raggiungere [Gri94]; questi includono:

- Processi decisionali operativi generalmente mirati all'ottimizzazione delle risorse o alla minimizzazione dei costi. Utilizzano informazioni monotematiche, dettagliate ed hanno validità temporale solitamente limitata.
- Processi decisionali strategici che investono le strategie aziendali e la pianificazione di lungo periodo. Utilizzano informazioni pluritematiche, di sintesi ed investono archi di tempo molto ampi.
- Processi decisionali tattici. Si collocano a livello intermedio tra i primi due sia in termini di complessità che di quantità e varietà di informazioni trattate.

Le considerazioni che seguono sono relative a GIS di tipo esplorativo e a DSS per processi decisionali strategici. Queste due tipologie di applicazioni, pur ponendosi obiettivi analoghi, hanno matrici diverse ed hanno avuto evoluzione separata. L'integrazione dei due ambienti presenta ancora aspetti da investigare e problemi tecnici da risolvere.

La questione più comune, e fondamentale, è stabilire quale ruolo debba giocare l'informazione geografica [Abb93]. Infatti quanto più questo ruolo è marginale, tanto più conveniente sarà l'approccio DSS integrato con funzionalità proprie di un GIS.

Viceversa, quanto più importante è l'informazione geografica, tanto più sarà opportuno sposare una filosofia GIS in cui si integrano alcune funzionalità tipiche dei DSS quali l'analisi statistica, e la modellistica.

## Componenti logici di un DSS

Riprendiamo in esame lo schema riportato in Fig. 1 per analizzare in maggior dettaglio i componenti che vi figurano. Alcuni di essi possono essere ulteriormente specializzati infatti:

- Le funzioni di navigazione sono logicamente separate da quelle di elaborazione. Nel primo caso si tratta infatti di costruire delle interrogazioni sugli archivi, nel secondo non si accede agli archivi ma si manipolano i dati selezionati.
- Le elaborazioni possono essere a loro volta articolate sia in funzione del tipo di uscita prodotta (grafica o tabellare), sia della loro destinazione (pura consultazione o punto di partenza per nuove analisi), sia infine del tipo di elaborazione (statistica o modellistica). Quest'ultima, nello schema di Fig. 1, era inclusa nelle funzioni di modellistica insieme alla banca dati dei modelli.
- L'interfaccia utente può essere a sua volta articolata in:
  - colloquio utente - applicazione per scambiare le informazioni necessarie a pilotare l'esecuzione;
  - restituzione di risultati che possono essere presentati in forma varia, tabellare o grafica, ma anche archiviati per successive elaborazioni.

Bisogna considerare che questi due ruoli sono strettamente interconnessi perché la presentazione di un risultato spesso non è un'operazione passiva, ma diviene un elemento attivo su cui si effettuano le selezioni che innescano la richiesta successiva.

Alla luce di queste precisazioni lo schema della Fig. 1 può essere trasformato in quello di Fig. 4 dove bisogna considerare che le funzioni di intelligenza artificiale possono interagire con tutti gli altri componenti del sistema.

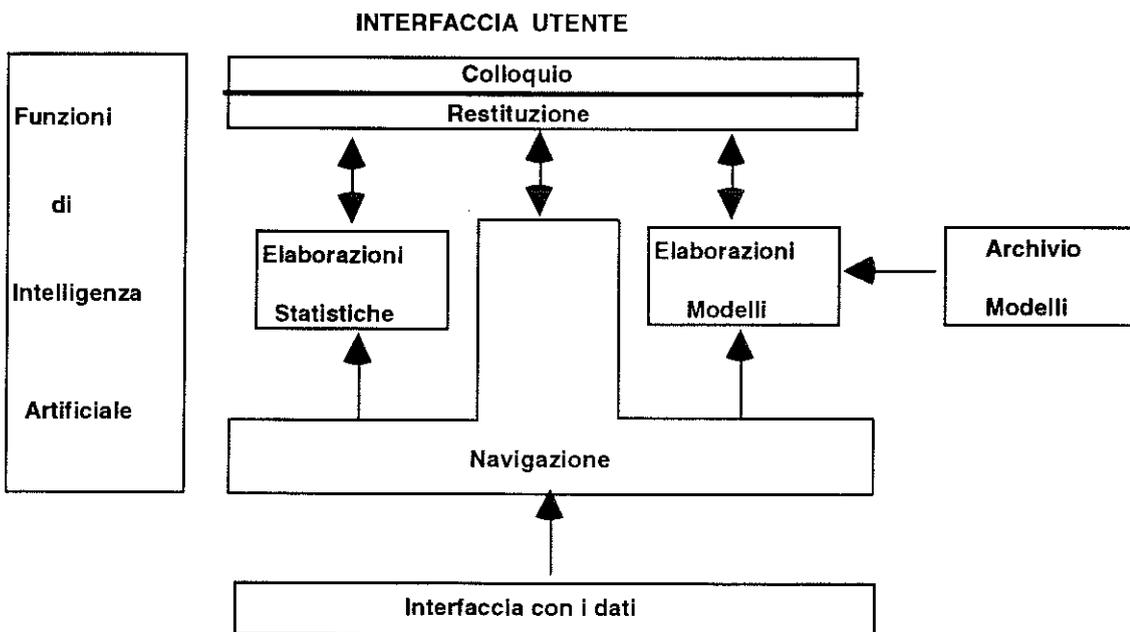


Figura 4

Nelle considerazioni che seguono tali funzioni sono volutamente trascurate perché in ambito ambientale è particolarmente difficile costruire regole di validità generale sia per la complessità della maggior parte dei problemi, sia per le conoscenze ancora poco approfondite, sia infine per la carenza di informazioni obiettive (i dati misurati sono spesso difficili da acquisire o reperire).

Nella maggior parte dei casi pratici l'intelligenza del sistema è tutta concentrata nell'utente e questo rappresenta un limite all'utilizzo degli strumenti che, per essere produttivi, devono essere affidati ad esperti che, tra l'altro, non abbondano.

### **Componenti logici di un GIS**

Se analizziamo l'articolazione logica di un GIS di tipo esplorativo, ci rendiamo conto che essa presenta molte analogie con quella appena descritta. Tutti i GIS prevedono infatti funzioni di interfaccia verso i dati, di navigazione, di elaborazione e un'interfaccia utente.

I componenti logici di modellistica e intelligenza artificiale solitamente non figurano nei GIS. Trascuriamo per il momento questi ultimi e approfondiamo l'analisi degli altri sulla falsariga di quanto abbiamo fatto per i DSS.

- 1) Interfaccia verso i dati. Le informazioni di ingresso prevedono componenti alfanumerici e geografici. Questa differenziazione logica non ha conseguenze pratiche significative poiché si manifesta con la necessità di interfacciare, a fianco di tradizionali gestori di archivi alfanumerici, ambienti elaborativi specializzati nel trattamento di informazioni geografiche. Tali ambienti spesso accolgono anche l'informazione alfanumerica; in questi casi essi sono l'unica fonte di dati per il GIS.
- 2) Le funzioni di navigazione interessano sia i dati alfanumerici che quelli geografici con una spiccata prevalenza per questi ultimi. Esistono quindi specifiche operazioni geografiche (inclusione, calcolo di distanza e di area, zoom intelligente<sup>4</sup>, ecc.) che assistono la navigazione.
- 3) L'interfaccia utente è perfettamente analoga a quella dei DSS per la parte che gestisce il colloquio utente - applicazione relativamente ai dati alfanumerici, mentre è notevolmente diversa negli strumenti e nelle funzioni di restituzione che sono sostanzialmente specializzati nella presentazione geografica.
- 4) Elaborazioni statistiche sono generalmente presenti, ma in genere si limitano a funzioni non particolarmente sofisticate.

### **Integrazione delle funzionalità nei Geo-DSS**

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti emerge una situazione di parziale sovrapposizione di funzioni tra GIS esplorativi e DSS ed esistono alcuni elementi peculiari che è opportuno evidenziare:

- l'attitudine dei GIS a gestire una particolare tipologia di dati (quelli geografici) che, per loro natura, richiedono elaborazioni specifiche prevalentemente connesse alla navigazione e alla presentazione;
- la presenza nei DSS di funzioni (statistiche e modellistiche) che non figurano nei GIS.

---

<sup>4</sup>Con il termine *zoom intelligente* si intende una funzione che, al variare della scala, aumenta o diminuisce il dettaglio delle informazioni visualizzate su una mappa per esempio infittendo o sfoltendo le curve di livello.

Per alcune applicazioni, aventi l'obiettivo di supportare processi decisionali con un forte impatto territoriale, si rende necessario unire le caratteristiche dei GIS con quelle dei DSS dando vita ad un nuovo tipo di strumenti che prendono il nome di Geo-DSS. Dal punto di vista dei componenti logici, la struttura di un Geo-DSS non differisce sostanzialmente da quella di un DSS.

A questo proposito è necessario osservare che sia nei GIS che nei DSS esiste un nucleo di funzioni che, per quanto articolabili in componenti diversi (tipicamente interfaccia utente e navigazione), sono strettamente integrate tra loro e rappresentano il motore di tutta l'applicazione.

L'attuale offerta di mercato non prevede ancora prodotti che realizzano le funzioni di un Geo-DSS; pertanto queste funzioni devono essere realizzate integrando gli ambienti GIS e DSS.

L'integrazione è relativamente semplice se si limita ad inserire componenti che figurano solo in uno dei due impianti (GIS o DSS) e che sono sufficientemente autonomi, cioè non hanno scambi frequenti di informazioni con gli altri componenti del sistema. Questo è vero per alcune funzioni statistiche e modellistiche che, ricevuti i dati di ingresso, operano in modo sostanzialmente indipendente fino alla restituzione dei risultati.

Il problema si complica se si tratta di integrare tra loro due componenti già presenti, con diverse caratteristiche, in entrambi gli ambienti di partenza. Questa situazione si verifica in quel nucleo di funzioni di interfaccia utente e navigazione che abbiamo detto costituiscono il motore delle applicazioni GIS e DSS.

Va altresì considerato che le differenze nei motori GIS e DSS non si limitano al trattamento dell'informazione geografica ma investono la filosofia stessa dell'interfaccia utente.

I GIS, anche se sono utilizzati per scopi esplorativi, hanno interfacce utente più adatte a tecnici specializzati che ai quadri o ai dirigenti coinvolti nei processi decisionali. Si tratta di interfacce molto sofisticate nelle funzioni di rappresentazione cartografica ma spesso complesse e di difficile interpretazione per i non addetti ai lavori.

Bisogna infatti ricordare che la presentazione geografica non può prescindere da regole e convenzioni della cartografia tradizionale consolidate in decenni di uso.

Gli strumenti informatici tendono a mantenere questa impostazione per presentare agli utenti ambienti, simbologie e modi di rappresentazione ad essi abituali, col fine ultimo di favorire il trasferimento dell'informazione [Ber94], [Ame94].

A questa necessità vengono anche sacrificate le possibilità del mezzo informatico che talvolta potrebbe fornire rappresentazioni più efficaci e semplici da implementare; se tali rappresentazioni risultano estranee alla cultura degli utenti, esse non sono adottate.

Ad ulteriore conferma di quanto detto si consideri infine che molti dati di ingresso dei GIS provengono da cartografia e che parte dei risultati forniti da questi strumenti è pure costituita da cartografie.

L'impostazione dell'interfaccia utente di un GIS è quindi molto diversa da quella dei DSS dove si pone un'enfasi particolare sulla semplicità, la comprensibilità e la gestibilità anche da parte di soggetti senza competenze tecniche specifiche.

Pertanto il problema centrale che un Geo-DSS deve risolvere è quello di far interagire nel modo più stretto possibile gli ambienti alfanumerico e geografico, in modo che le fasi di navigazione e di elaborazione sull'uno si riflettano, a livello di presentazione e successiva elaborazione anche sull'altro. Così, ad esempio, l'identificazione di un oggetto sul territorio (una stazione di misura, una città, un impianto industriale) deve risultare da una navigazione geografica e non da una selezione su tabelle.

## **I Geo-DSS**

In modo analogo, i risultati di un'operazione condotta sull'oggetto (un'analisi statistica o modellistica) devono essere presentati, oltre che con tradizionali grafici e tabelle, anche con carte tematiche sulle quali deve essere possibile operare selezioni e innescare ulteriori analisi.

Per fornire queste possibilità, l'interfaccia utente di un Geo-DSS dovrebbe prevedere la presenza di 5 finestre fra di loro interagenti, tre per impostare le scelte e due per visualizzare i risultati [Den91], che permettano le seguenti funzioni:

- individuazione dell'area geografica da indagare; in funzione delle esigenze applicative la finestra può contenere strumenti di analisi GIS con vari livelli di sofisticazione;
- selezione degli elementi tematici da analizzare; questa finestra deve permettere la navigazione all'interno di basi di dati alfanumeriche che devono avere dei riferimenti territoriali;
- impostazione dei parametri dei modelli e simulazione di nuovi scenari tramite tabelle what-if;
- visualizzazione dei risultati delle query o dei modelli tramite tabelle o grafici di tipo tradizionale (istogrammi, diagrammi cartesiani, ecc.);
- visualizzazione dei risultati delle query o dei modelli tramite carte tematiche.

I prodotti disponibili oggi sul mercato non dispongono di tutte queste funzioni che, pertanto, devono essere realizzate partendo da strumenti DSS e GIS già esistenti. L'integrazione dei due ambienti può avvenire in modi diversi in funzione delle esigenze specifiche; è infatti possibile:

- 1) Rinunciare, in toto o in parte, alle funzionalità geografiche utilizzando un impianto DSS integrato da funzioni di presentazione cartografica passiva (su cui non è possibile effettuare selezioni e interrogazioni).
- 2) Rinunciare alla semplicità dell'interfaccia utente e alla completezza delle funzioni statistiche e modellistiche dei DSS appoggiandosi ad uno strumento GIS. In questo caso può essere relativamente semplice inserire nel GIS funzioni statistiche e modellistiche che operano soltanto su dati alfanumerici. Per questo motivo questa tipologia di soluzione è largamente utilizzata.
- 3) Realizzare impianti più complessi dove convivono sia l'ambiente GIS che quello DSS implementando funzioni che consentano il colloquio tra i due ambienti. In funzione della complessità dei dati da gestire il colloquio può avvenire in maniera sincrona [Ame94] o asincrona.

Delle tre tipologie di soluzione solo le prime due sono esclusive, mentre la terza può essere perseguita congiuntamente a una delle prime due.

## **Ruolo della modellistica nei Geo-DSS**

La modellistica è un componente fondamentale dei DSS che mette a disposizione di colui che deve assumere una decisione una serie di strumenti con cui formulare più ipotesi ed ottenere in risposta, semplicemente e rapidamente, altrettanti possibili scenari.

È un'area interdisciplinare dove confluiscono competenze tematiche, matematiche e informatiche per costruire uno o più modelli della realtà in esame.

La tipologia, la complessità e la struttura interna dei modelli sono estremamente diversificate in funzione degli obiettivi che ci si propone di raggiungere.

Gli stessi risultati ottenibili sono funzioni, oltre che della capacità del modello di interpretare la realtà, anche della quantità e della qualità dei dati in ingresso, della capacità di interpretarne i risultati e del tipo di problema che si affronta.

In generale si può affermare che i risultati sono tanto migliori quanto maggiore è la disponibilità di dati e minore è lo scostamento dalla situazione misurata. Viceversa quando queste ipotesi non sono più verificate, la qualità dei risultati ottenibili diminuisce e questo può rappresentare un problema per talune applicazioni.

Per ovviare a inconvenienti di questo tipo e per fornire all'utilizzatore più possibilità di indagine, un DSS deve rendere disponibile un ampio numero di strumenti modellistici diversi. In questo modo è possibile selezionare gli strumenti più adatti al problema in esame e confrontare i risultati forniti.

In linea generale, esistono diversi tipi di modelli che possono essere utilizzati in funzione del tipo di indagine che l'utente intende condurre. Limitandoci all'ambito ambientale, in cui si collocano le applicazioni descritte nei Capitoli successivi, possiamo individuare le seguenti categorie[Gua89]:

- Modelli di simulazione e previsione. Possono essere ancora articolati in:
  - Modelli fisici che consentono una riproduzione in scala geometrica del sistema reale, eventualmente limitata ad alcuni aspetti specifici.
  - Modelli analogici nei quali il sistema reale viene rappresentato da un altro sistema, fisicamente diverso, ma regolato dalle stesse leggi e dalle stesse espressioni formali.
  - Modelli deterministici con cui viene simulata l'evoluzione temporale di un fenomeno (ad esempio la dispersione di un inquinante in un corpo idrico).
- Modelli di programmazione che usano tecniche di programmazione lineare e vengono utilizzati per problemi di natura gestionale (per esempio per minimizzare i costi di distribuzione dell'acqua potabile).
- Modelli di pianificazione (o di screening) che vengono utilizzati per caratterizzare territori ampi con pochi parametri di sintesi quali il carico inquinante medio per individuo residente. Si tratta di strumenti che forniscono indicazioni di massima e di tendenza senza precise garanzie sul livello di errore nei risultati.
- Modelli stocastici o statistici che necessitano di serie storiche affidabili che utilizzano per fare previsioni di evoluzione del sistema nel breve periodo.

Spesso la soluzione di problemi reali richiede di combinare vari tipi di modelli in funzione delle esigenze d'utente, della scala a cui si opera, della disponibilità di dati di ingresso, ecc. In generale è oltremodo utile poter disporre di strumenti diversi per confrontarne i risultati e valutare il grado di affidabilità delle risposte fornite. Per questo motivo i DSS solitamente dispongono di librerie di strumenti modellistici che offrono all'utente molte alternative.

Tutte queste considerazioni si applicano anche ai Geo-DSS i quali presentano anche aspetti specifici tra cui citiamo:

- La quantità di dati in ingresso. È un fenomeno frequente nella modellistica che viene esaltato dalla componente geografica.

## I Geo-DSS

- L'area geografica di interesse che spazia da dimensioni ridotte (p. es. uno stabilimento industriale) a superfici molto grandi (p. es. una regione o un bacino idrografico).
- L'esistenza o meno di confini precisi all'area di interesse [Gua89]. In molti casi i limiti dell'area di interesse non confinano i fenomeni in esame (l'inquinamento atmosferico di un'area influenza ed è influenzato da quello delle aree circostanti) per cui è necessario utilizzare modelli che gestiscano le condizioni al contorno.

Elemento caratterizzante di un modello operante in un Geo-DSS è la sua componente geografica: questo non significa necessariamente che debbano essere compiute elaborazioni di tipo geografico. In molti casi è infatti possibile prescindere da tale componente; questo avviene per esempio in studi sull'inquinamento atmosferico in cui si stimano contributi unitari (per persona residente, per addetto ad un certo tipo di lavorazione industriale o di attività agricola) e si valutano gli effetti sulla qualità dell'aria in funzione di possibili variazioni del numero di unità (popolazione residente, ecc.) che si ritiene uniformemente distribuita sul territorio.

In altri casi invece il ruolo della componente geografica è fondamentale: per esempio in presenza di sorgenti puntiformi di inquinamento è necessario conoscere la posizione di tali sorgenti sul territorio nonché le caratteristiche del mezzo in cui avviene la propagazione degli inquinanti.

### Ruolo dell'informazione geografica

I Geo-DSS trattano sia dati alfanumerici che dati aventi attributi geografici. Il livello di interazione con l'informazione geografica dipende dalle esigenze specifiche e pone problemi implementativi di complessità crescente.

In termini generali possiamo individuare tre diversi livelli di trattamento del dato geografico [Bon94] [Bra94]:

- Gestione del dato geografico nella presentazione. In questo caso la navigazione e il colloquio tra utente e applicazione prescindono dalle informazioni geografiche. Queste rappresentano soltanto degli sfondi su cui vengono rappresentati i fenomeni per renderli più facilmente comprensibili. Nonostante questo ruolo sostanzialmente passivo, la presentazione geografica offre vantaggi per chiarire l'evoluzione dei fenomeni e il loro impatto territoriale. L'implementazione di un simile livello di interazione non è particolarmente complessa poiché richiede soltanto il supporto di capacità (hardware e software) grafiche. Essa non richiede di gestire topologie né necessita di operare selezioni su elementi geografici; per questi motivi è possibile integrare questo livello di trattamento dei dati geografici in applicazioni DSS classiche.
- Gestione del dato geografico nella navigazione. In questo caso l'elemento geografico svolge un ruolo attivo nel colloquio tra utente e applicazione poiché è possibile selezionare elementi geografici realizzando una vera e propria navigazione geografica. L'implementazione di questo livello di interazione pone problemi per la necessità di eseguire alcune semplici operazioni geografiche quali l'inclusione e perché, di fatto, richiede l'implementazione di funzioni accessorie quali lo zoom. Tali funzionalità sono difficilmente integrabili in un impianto DSS e, in genere, impongono il ricorso a pacchetti espressamente progettati che cominciano ad essere disponibili sul mercato ma devono ancora essere sperimentati.
- Gestione di tutte le funzionalità geografiche. Se alla possibilità di navigare sui dati si aggiunge anche la capacità di eseguire query geografiche, si ottiene un trattamento completo dell'informazione geografica. Questo livello rappresenta il massimo dell'integrazione tra gli

ambienti DSS e GIS ma comporta difficoltà di implementazione perché implica la gestione delle topologie. La tecnologia disponibile non ha ancora risolto tutte le implicazioni tecniche connesse ad un approccio di questo tipo.

In considerazione delle difficoltà crescenti che il trattamento dell'informazione geografica comporta, dell'immaturità della tecnologia e delle risorse elaborative necessarie a gestire i casi più completi, è opportuno scegliere il tipo di approccio in funzione delle reali esigenze, al fine di limitare i costi di implementazione e gestione salvaguardando i risultati da conseguire.

## Capitolo 4

### Un'applicazione significativa

I concetti e le tipologie di soluzione descritte nei Capitoli precedenti sono state sperimentate in un'implementazione pilota che il CNUCE ha realizzato per conto del Ministero dell'Ambiente.

L'applicazione realizzata ha il compito di fornire supporto decisionale alla pianificazione strategica di risorse ambientali su scala nazionale. L'obiettivo da perseguire è particolarmente arduo sia per le carenze di cultura ancora presenti in molti settori connessi alla tutela delle risorse ambientali, sia per il respiro spaziale (scala nazionale) e temporale (pianificazione strategica) dell'iniziativa.

Quanto è stato realizzato si inserisce in una struttura denominata SINA (Servizio Informativo Nazionale e di monitoraggio Ambientale) che ha il compito di raccogliere, elaborare e rendere disponibili a tutte le strutture interessate (centrali e periferiche) i dati necessari a fornire una visione omogenea e integrata a livello nazionale dei fenomeni con valenza ambientale.

#### Il contesto

Il Ministero dell'Ambiente ha attivato tre reti nazionali di monitoraggio per il controllo delle acque superficiali, delle acque sotterranee e dell'aria.

Ciascuna delle tre reti prevede l'individuazione di alcune centinaia di punti di misura posizionati sul territorio, scelti in modo che ciascuno sia significativo di un'area e di una specifica realtà (una formazione acquifera, un bacino idrogeologico, una concentrazione industriale o urbana, ecc.).

I dati di qualità, campionati periodicamente nelle stazioni di misura, sono raccolti e archiviati presso il SINA, unitamente ad altre informazioni di interesse ambientale sia tematiche (dati sulla popolazione, attività agricole e industriali provenienti da censimenti ISTAT, ecc.) sia geografiche (coperture idrografiche e idrogeologiche, usi del suolo, reti stradali, ecc.).

Le informazioni presenti negli archivi del SINA sono utilizzate per analisi sullo stato di una risorsa (ad es. acqua superficiale, acqua sotterranea, ecc.), per correlare tale stato con i fattori di pressione, per ipotizzare scenari di evoluzione dei fenomeni di inquinamento e per valutare l'effetto di possibili interventi di tutela o ripristino.

Per conseguire questi obiettivi il Ministero ha deciso di dotarsi di uno strumento informatico di supporto ai processi decisionali. Tale strumento deve operare nei tre comparti: acque superficiali, acque sotterranee e aria con uguali modalità, interfaccia utente omogenea e una architettura comune. Il CNUCE ha avuto l'incarico di gestire il comparto delle acque sotterranee, ma ha curato anche il coordinamento generale delle implementazioni, al fine di garantire l'omogeneità dell'interfaccia utente e un'architettura unitaria.

Le applicazioni devono supportare l'attività esplorativa considerando le seguenti aree di interesse:

- *Stato della risorsa.* Devono essere possibili indagini (prevalentemente statistiche) sullo stato

della risorsa. Tali indagini si svolgono sulle misure di qualità e quantità che provengono dalle reti di monitoraggio.

- *Fattori di pressione.* Rappresentano le cause reali o potenziali di alterazione dello stato della risorsa; i dati provengono da fonti diverse tra cui sono rilevanti i censimenti ISTAT che forniscono molti elementi sulla popolazione e le attività produttive. Gli strumenti realizzati devono supportare i tecnici nell'instaurare relazioni tra l'evoluzione dei fattori di pressione e lo stato della risorsa.
- *Elementi descrittivi.* Con questo termine si intendono le informazioni geografiche e alfanumeriche che caratterizzano una realtà specifica (una formazione acquifera, un punto di misura, ecc.). Gli elementi descrittivi della realtà specifica e delle condizioni in cui questa è valutata influenzano le relazioni tra fattori di pressione e stato della risorsa.
- *Interventi* di tutela e ripristino operati dal Ministero o da altri Enti. Deve essere possibile valutarne l'impatto sullo stato della risorsa.

La Fig. 5 schematizza la logica descritta evidenziando le relazioni esistenti tra le aree di interesse considerate.

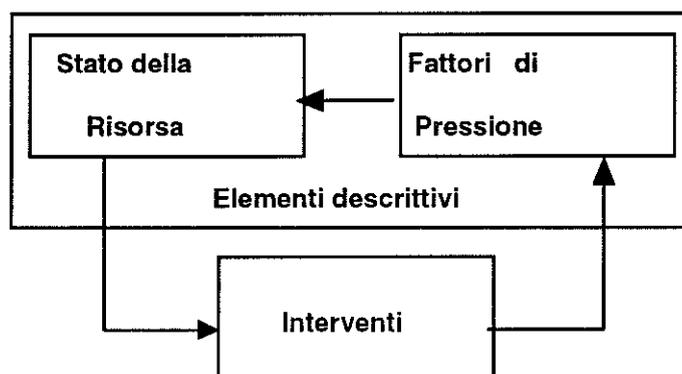


Figura 5

### Le fonti dei dati

Come si è già avuto modo di osservare il comparto curato dal CNUCE era relativo alla risorsa ambientale acque sotterranee. Per realizzare le applicazioni era peraltro necessario disporre di una serie di informazioni relative a morfologia e caratteristiche delle formazioni acquifere che non erano disponibili in modo automatizzato.

Si è pertanto proceduto a ricercare una base cartografica adatta a descrivere la realtà idrogeologica del territorio nazionale. La scelta è caduta su uno studio su base nazionale commissionato dalla Comunità Europea all'inizio degli anni 80 e noto come Studio CMP dal nome della Ditta che ne coordinò la stesura (Compagnia Mediterranea Prospezioni: CMP).

Lo studio [CMP82] ha censito le formazioni acquifere rilevandone caratteristiche e utilizzi sulla base di documentazione di varia provenienza e col supporto di numerosi esperti. L'opera ha il pregio di fornire una visione omogenea del territorio italiano anche se la conoscenza raggiunge livelli di approfondimento diversi da zona a zona e i dati sugli utilizzi sono parziali e decisamente superati.

## **Un'applicazione significativa**

Lo studio è corredato da un insieme di cartografie articolate in 4 temi principali:

1. formazioni acquifere;
2. idrologia sotterranea;
3. prelievi;
4. disponibilità

da cui sono stati acquisiti i tematismi sui quali operano le applicazioni. Il territorio nazionale è mosaicato in 11 fogli a scala 1:500.000.

I dati idrogeologici di provenienza CMP, opportunamente digitalizzati e corretti, sono stati integrati con:

- uno strato (geo-litologia) derivato da quello delle formazioni acquifere per accorpamento su base litologica
- uno strato (geo-litologia) derivato da quello delle formazioni acquifere strato relativo alla rete di monitoraggio (circa 640 punti sparsi sul territorio nazionale) definita dal Ministero dell'Ambiente che contiene la posizione e le caratteristiche delle stazioni di misura. Poiché ogni stazione è rappresentativa di un'area geografica (detta *area sottesa*), questo strato contiene anche l'informazione relativa a tali aree.

## **Il modello logico dei dati idrogeologici**

Il modello logico dei dati, rappresentato schematicamente in Fig. 6, riporta tutte le entità coinvolte nel processo, ancorché non disponibili con gli elementi estratti dalle fonti citate. È questo il caso di alcune entità, rappresentate nella figura con contorno tratteggiato, che appartengono ad altri archivi del SINA.

I bacini idrogeologici invece, pur se inerenti il tema dell'idrogeologia, non sono estraibili dai dati CMP e, pertanto, non sono disponibili attualmente. Lo schema concettuale è tuttavia predisposto ad accoglierli.

In figura sono indicate anche le relazioni tra entità tramite frecce che riportano l'indicazione se trattasi di relazioni 1 a 1, 1 a n, n a m.

## **La soluzione adottata**

Prima di procedere all'implementazione vera e propria è stato necessario identificare gli utenti dell'applicazione per definire meglio le caratteristiche dell'interfaccia utente e le funzionalità che l'applicazione deve prevedere.

I dati archiviati nel SINA devono essere fruiti da tecnici e quadri di estrazione culturale diversa, con diversi livelli competenza tematica e informatica. I temi ambientali sono infatti tipicamente interdisciplinari; gli addetti ai lavori non dispongono di una cultura omogenea poiché mancano ancora percorsi formativi specifici. È pertanto necessario realizzare applicazioni adatte ad essere utilizzate da architetti, biologi, chimici, geologi, ingegneri ecc.

La diversificazione degli utenti non è confinata alle sole competenze tematiche, ma investe anche i ruoli che essi rivestono nell'Amministrazione. Tali ruoli, che spaziano dal dirigente, al quadro, al tecnico, comportano esigenze elaborative specifiche ed anche un diverso modo di approcciare i problemi.

È particolarmente difficile realizzare uno strumento capace di supportare attività tanto diversificate entrando in sintonia con culture e modi di pensare profondamente diversi e presentando a ciascun utente un ambiente amichevole e intuitivo.

Esistono poi difficoltà tecniche connesse all'ambito in cui si opera per la necessità di disporre di

funzioni e caratteristiche che non si trovano in unico prodotto commerciale; ad esempio si è già accennato alle difficoltà di operare con informazioni geografiche attraverso interfacce utente tanto semplici e intuitive da poter essere utilizzate da tutta la comunità degli utenti.

Poiché in commercio non esistono applicazioni simili, è necessario realizzarle in proprio personalizzando e integrando pacchetti esistenti.

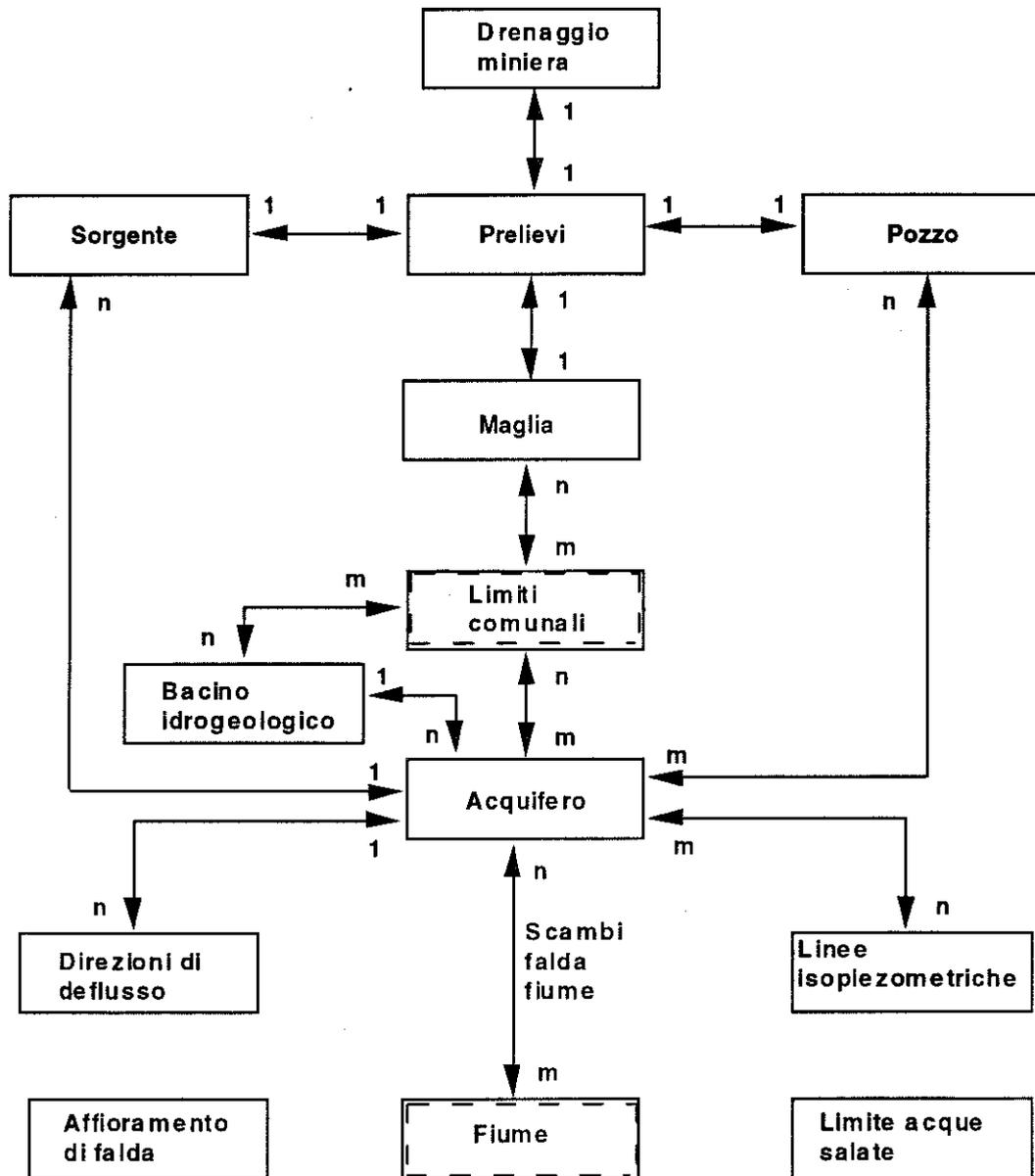


Figura 6

Nel caso specifico abbiamo operato in questa logica, perseguendo due diversi approcci, certamente complementari, al fine di coprire al meglio l'ampio spettro di esigenze elaborative che tali strumenti sono chiamati a risolvere.

- L'approccio Geo-DSS privilegia la semplicità e l'intuitività dell'interfaccia utente e può mettere a disposizione operazioni statistiche anche complesse e strumenti di modellistica che consentono

## Un'applicazione significativa

di formulare ipotesi di evoluzione futura dei fenomeni in esame.  
Tale approccio prevede:

- uno strumento GIS che, fuori linea, pre-elabora dati geografici eseguendo alcune operazioni quali inclusione, calcoli di superficie, ecc. e passa i risultati in ingresso al DSS;
- un impianto DSS per l'interfaccia utente, integrato da semplici funzioni di presentazione geografica con limitate possibilità di navigazione e interrogazione.

Operando in questo modo si introducono limitazioni perché le operazioni geografiche più complesse sono predefinite, non modificabili a discrezione dell'utente, il dato geografico è supportato solo in modo parziale sia in termini di accuratezza sia in termini di funzioni disponibili e la presentazione geografica è più scarna di quella disponibile in un GIS. D'altra parte si sfrutta al meglio la semplicità dell'interfaccia utente del DSS, non si appesantisce l'esecuzione con operazioni complesse, quindi si limitano le necessità elaborative.

Questa soluzione è elettivamente indirizzata agli utenti meno esperti (dirigenti e "decision makers") che non dispongono di approfondite competenze e, viceversa, hanno necessità di eseguire analisi rapide e sintetiche o di acquisire informative generali.

È implementato con il sistema SAS su Personal Computer, in ambiente DOS WINDOWS, connesso in rete con un sistema GIS che gli fornisce i dati ingresso; una volta terminata l'importazione dei dati, l'applicazione esegue esclusivamente su PC. Questo funzionamento consente l'uso dello strumento in rete sia locale che remota.

- L'approccio GIS si propone di salvaguardare tutte le peculiarità dei sistemi informativi territoriali, integrando in essi un'interfaccia utente meno complessa di quella nativa e studiata per sopperire alle esigenze specifiche.

Esso è più adatto a quadri e tecnici con approfondite competenze tematiche e senza specifiche conoscenze informatiche che richiedono l'esecuzione di operazioni geografiche e accuratezza di presentazione cartografica. Lo strumento consente anche l'esecuzione di semplici funzioni statistiche.

È implementato su Workstation UNIX, integrato nell'ambiente ARC/INFO di cui sfrutta tutte le potenzialità.



## **Capitolo 5**

### **La soluzione Geo-DSS**

Nel seguito sono descritti gli aspetti tecnico - funzionali del Geo-DSS che investono non soltanto la parte dell'applicazione che interfaccia l'utente, ma anche le parti che vengono eseguite a monte. Tali operazioni hanno richiesto un consistente investimento di risorse a causa della complessità dell'architettura dell'applicazione e della struttura dei dati.

#### **Architettura logica**

Lo schema architetturale è articolato in tre livelli logici come mostra la Fig.7.

a) Livello di estrazione dei dati

Interfaccia gli archivi centrali e dispone di funzioni che, prelevando dati da tali archivi, operano pre-elaborazioni che hanno lo scopo di snellire le elaborazioni successive.

Produce una serie di archivi intermedi che vengono mantenuti in un server.

È logicamente integrato con l'ambiente degli elaboratori centrali che gestiscono gli archivi geografici e alfanumerici.

In questa fase sono svolte le operazioni più pesanti (e più lunghe) quali operazioni geografiche di inclusione e, ove necessario, una prima sintesi dei dati.

Tali operazioni sono asincrone rispetto alle interrogazioni degli utenti e, pertanto, non hanno impatto sui tempi di risposta.

b) Livello di gestione dei dati (supervisore)

La gestione dei dati richiede una specifica funzione che si incarichi di mantenere la coerenza tra gli archivi centrali e gli archivi utilizzati dal Geo-DSS, riportando su questi ultimi tutte le variazioni che intervengono sui primi. La soluzione adottata automatizza al massimo i processi per cui, all'atto pratico, il supervisore esegue tutti gli aggiornamenti necessari, lasciando all'utente il solo incarico di avviare il processo di aggiornamento.

Nella maggior parte dei casi tale processo sarà periodico in funzione della disponibilità di nuove misure o di nuovi dati sui fattori di pressione (p. es. a seguito di un nuovo censimento), in altri casi avverrà in modo estemporaneo per esempio a seguito della definizione di un nuovo punto di una rete di monitoraggio.

c) Livello di presentazione e elaborazione

È logicamente separato dagli elaboratori centrali dai quali riceve, tramite il server, i dati pre-elaborati necessari all'indagine specifica.

Sono implementate funzioni che garantiscono l'aggiornamento dei dati residenti su personal computer notificando eventuali variazioni intervenute negli archivi centrali e rendendo disponibili funzioni per l'aggiornamento. Quando questo è avvenuto, tutte le elaborazioni si svolgono operando su dati locali.

In questa fase, l'aspetto territoriale svolge un ruolo prevalente di sfondo anche se sono possibili elaborazioni geografiche quali la presentazione di mappe con la possibilità di rappresentazione di più strati informativi selezionati dall'utente.

L'applicazione risiede su personal computer e dialoga con il server DSS per importare i dati necessari all'analisi.

L'articolazione del sistema in tre livelli logici consente l'uso di pacchetti software diversi nei vari ambienti.

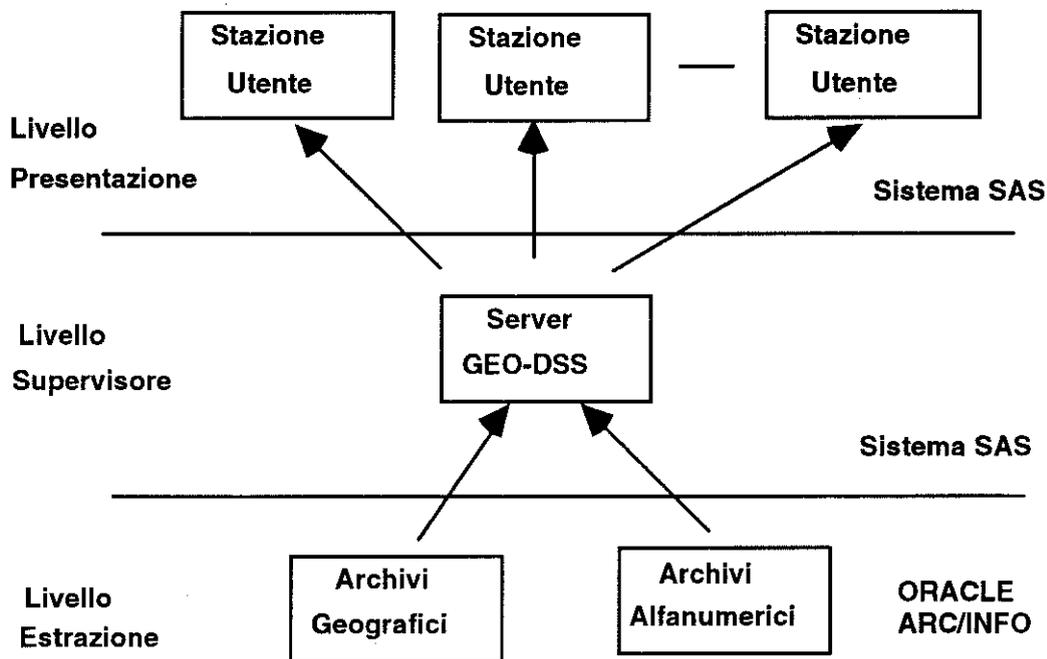


Figura 7

### Il livello di estrazione

In particolare il livello di estrazione impone vincoli precisi sull'ambiente software poiché è necessario accedere ai dati residenti negli archivi del Ministero che sono gestiti dai prodotti ORACLE (per le componenti alfanumeriche) e ARC/INFO (per quelle geografiche).

In questa situazione è opportuno che le elaborazioni richieste sul livello di estrazione siano eseguite, a meno di esigenze particolari, in questi ambienti.

La fase di estrazione viene attivata da un evento particolare e provvede ad estrarre informazioni sia dalle banche dati numeriche che da quelle geografiche. In particolare essa consente di:

- prelevare dati da archivi monotematici (coperture geografiche degli acquiferi, punti di misura, limiti amministrativi, dati di fonte ISTAT, misure di qualità, ecc.);

## **La soluzione Geo-DSS**

- compiere una serie di pre-elaborazioni di carattere geografico (ad esempio a calcolare la superficie di tutti i comuni i cui confini intersecano un'area);
- memorizzare i dati sul server.

Ad esempio, ogni volta che viene definita una nuova area sottesa, si rende necessario estrarre dalla Banca Dati Alfanumerica una serie di attributi (popolazione, industrie, ecc.) relative ai comuni che interessano l'area. Per raggiungere questo risultato viene attivata prima di tutto una applicazione ARC/INFO che determina tutti i comuni che intersecano l'area e, per ciascuna, calcola la superficie che ricade all'interno dell'area.

Successivamente viene costruita e sottomessa all'ambiente ORACLE una query che richiede una serie di attributi alfanumerici, relativi ai comuni interessati.

L'insieme degli attributi alfanumerici e di quelli geografici (nell'esempio la superficie che interseca l'area) viene infine memorizzata sul server.

## **Il livello supervisore**

Il livello supervisore del Geo-DSS opera sul server omonimo realizzato anch'esso con un personal computer avente capacità di memorizzazione su disco adeguata. Tale modulo ha il compito di:

- adattare le informazioni geografiche ed alfanumeriche, provenienti dalla fase di estrazione, ad una struttura dati predefinita dal modulo di presentazione;
- modificare le modalità di aggregazione dei dati che, per comodità d'uso e per esigenze di rapidità di risposta, sono aggregati per punto di misura;
- predisporre strumenti di gestione dell'ambiente (inizializzazioni, modifica di alcune caratteristiche di elementi dell'interfaccia utente, ecc.).

Per la realizzazione del modulo di supervisore è stato utilizzato il sistema SAS.

## **Il livello di presentazione**

Come si è già avuto modo di affermare, questo è l'unico livello di elaborazione che l'utente "vede". Esso prevede 2 fasi:

1. una navigazione geografica;
2. una navigazione statistica.

### **La navigazione geografica**

La navigazione geografica consente all'utente di scegliere la stazione di misura da investigare utilizzando carte con livelli di dettaglio crescente. Nell'applicazione sono previsti tre livelli di navigazione: visualizzazione della rete nazionale, visualizzazione di una rete regionale, selezione di una stazione di misura prescelta e dell'area di riferimento relativa.

Ciascuna carta può contenere elementi attivi ed elementi passivi:

- gli elementi attivi (o *hotspots*) possono essere selezionati con il mouse con il duplice scopo di ottenere informazioni territoriali relative all'elemento selezionato o di proseguire la navigazione richiamando una carta con livello di dettaglio superiore.  
Questi elementi possono essere aree (ad esempio una regione), linee (ad esempio un'asta di un fiume) o punti (ad esempio una stazioni di misura). Usualmente gli *hotspots* vengono rappresentati con elementi grafici particolari facilmente identificabili dall'utente;
- gli elemento passivi (o *layers*) rappresentano strati di sfondo con cui l'utente non può interagire

ma che forniscono un aiuto per comprendere i fenomeni da investigare. Anche in questo caso possono essere rappresentati punti, linee ed aree.

Nel caso delle acque sotterranee, sono stati inseriti i confini delle provincie, delle aree di riferimento, dei comuni che intersecano le aree, le linee di deflusso e le sorgenti.

Non ci sono limiti al numero di *layers* e di *hotspot* che l'implementazione supporta. Naturalmente la definizione di molti elementi geografici accresce:

- la complessità delle mappe con il duplice risultato che aumenta il tempo necessario a disegnarle e che può essere difficile interpretare una mappa che contiene troppi elementi. Nel caso specifico:
  - abbiamo sperimentato tempi di attesa compresi tra 15 e 30 secondi per il disegno di mappe complesse (Fig. 8) operando su una piattaforma 486 a 66 MHz con 16 MBytes di memoria;
  - abbiamo previsto semplici funzioni di zoom e pan per ingrandire parti delle mappe più complesse.
- la richiesta di spazio disco per contenere le informazioni che devono figurare sia negli archivi primari del SINA che nel server del Geo-DSS.

L'applicazione organizza lo schermo della stazione di lavoro in tre aree:

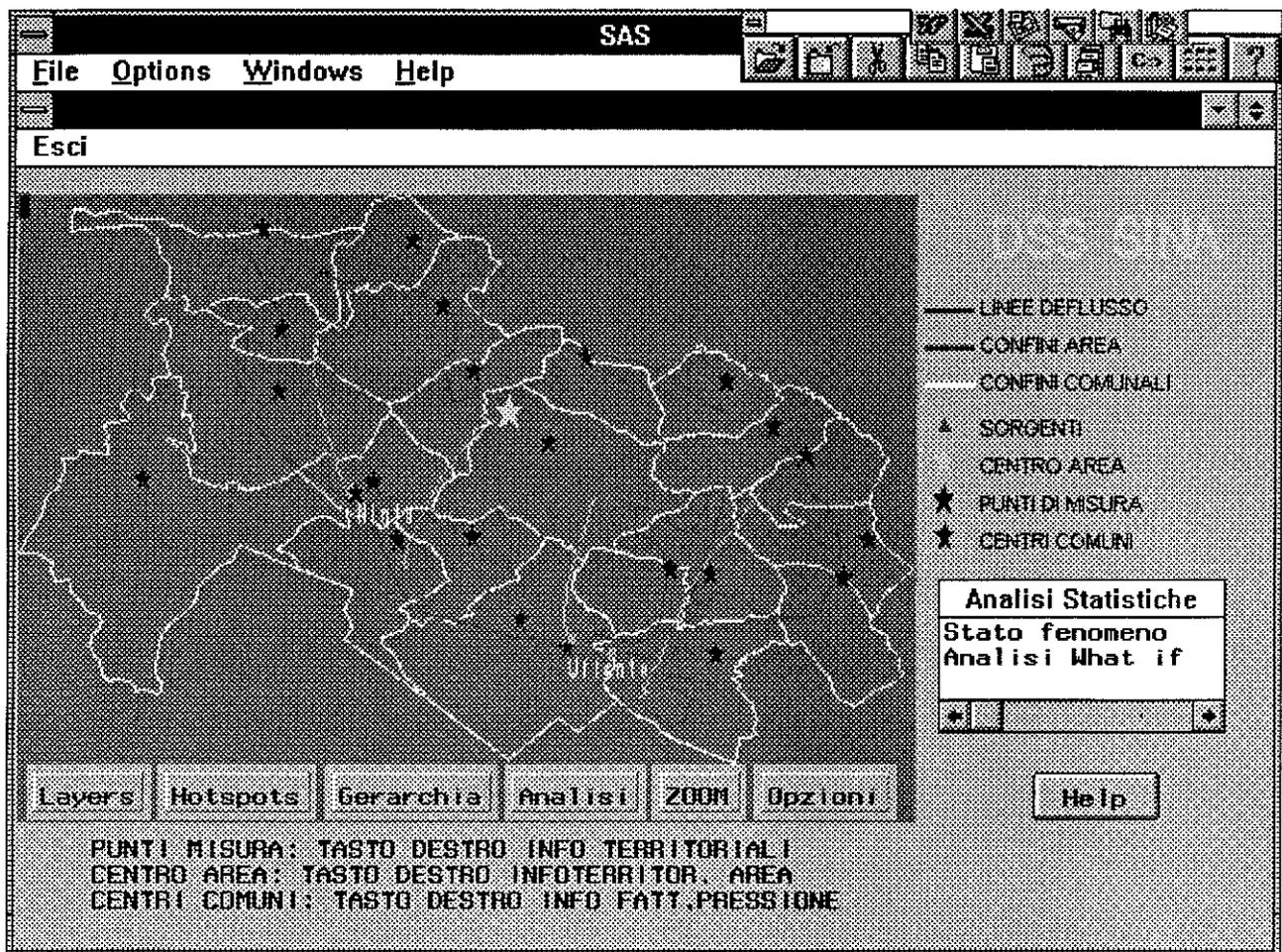


Figura 8

- La finestra geografica occupa l'area maggiore. In essa vengono rappresentate le mappe (Fig. 8) e una barra di strumenti dove figurano bottoni per:

## La soluzione Geo-DSS

- attivare e disattivare layers e hotspot;
  - tornare a livelli precedenti di navigazione;
  - disegnare mappe tematiche dopo aver selezionato una variabile di analisi;
  - allargare una porzione della mappa;
  - fornire un'indicazione di scala;
  - tornare alla mappa originaria eliminando gli effetti di eventuali operazioni di zoom.
- Di fianco alla finestra geografica è riservato lo spazio per la legenda.
  - Sotto la finestra geografica compaiono brevi descrizioni delle funzioni associate ai tasti del mouse; funzioni di aiuto più specifiche e dettagliate possono essere richiamate tramite un apposito tasto.

Con la visualizzazione dell'area associata ad un punto di misura termina la navigazione geografica e viene innescata la navigazione sui dati alfanumerici associati al punto di misura e all'area relativa.

## La navigazione statistica

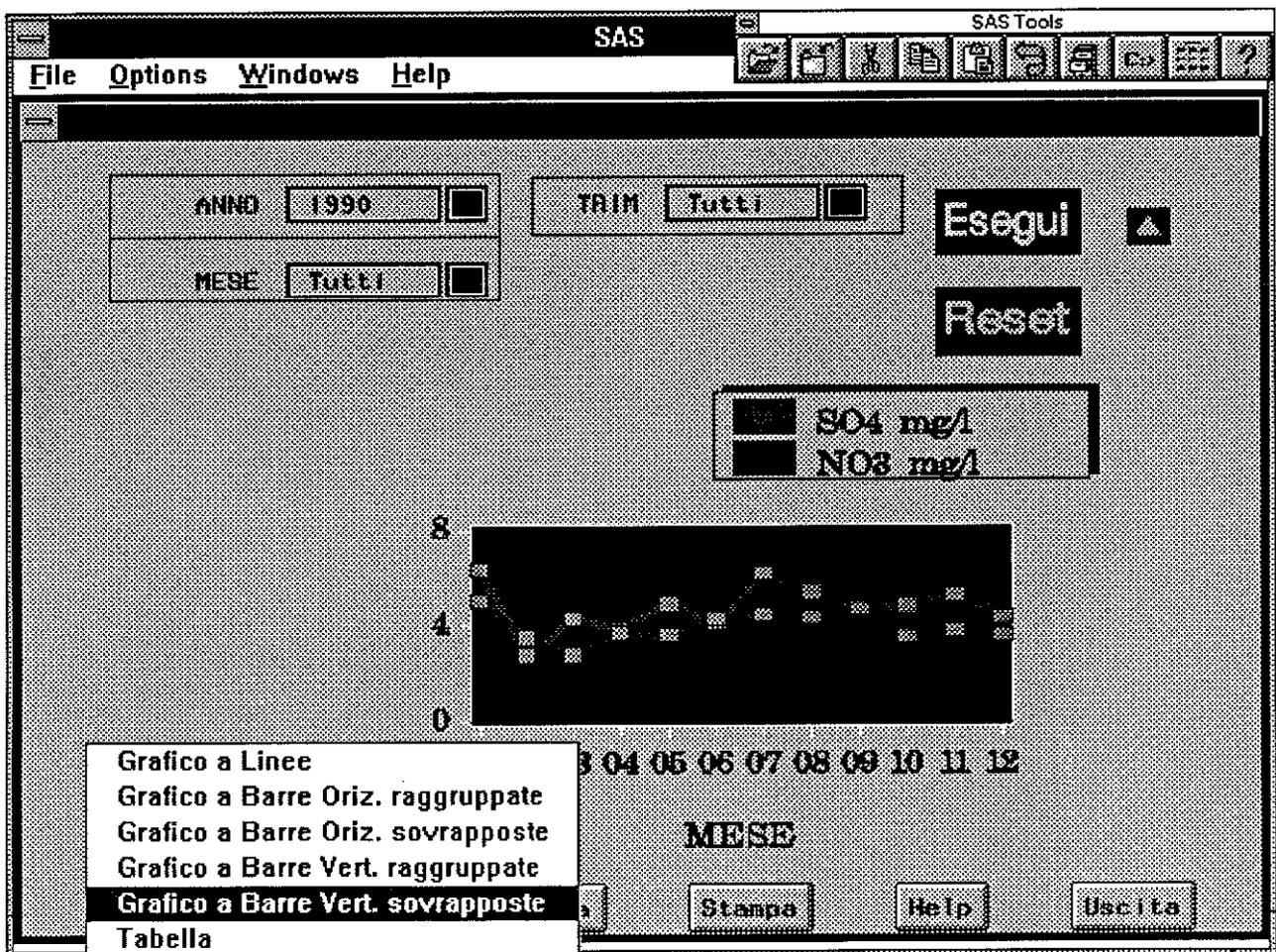


Figura 9

Questa fase consente principalmente di eseguire due tipi di operazioni:

- funzioni di navigazione;

- funzioni di visualizzazione.

Le “funzioni di navigazione” (Fig. 9) permettono all’utente di interagire in modo diretto con i dati rappresentati sia in forma grafica che tabulare permettendo di estendere l’indagine a livelli di dettaglio crescenti. L’interazione avviene selezionando una riga di una tabella o un elemento di un grafico.

In questo ambiente l’utente deve selezionare:

- i parametri interessati;
- il tipo di statistica descrittiva di interesse;
- il tipo di presentazione desiderata: tabellare o grafica (istogramma, diagramma cartesiano, ecc.).

Per ogni livello di dettaglio, l’utente potrà scegliere se proseguire nella navigazione o tornare ad un livello precedente; così, ad esempio, se vengono mostrati dei valori medi a livello trimestrale, l’utente potrà scegliere di esaminare i valori di dettaglio relativi a ciascun mese di un trimestre (livello di dettaglio successivo) selezionando il trimestre di riferimento o di esaminare i valori medi dell’anno di riferimento (livello di dettaglio precedente).

Non ci sono limiti al numero di livelli di dettaglio, che dipendono esclusivamente dalla granularità dei dati disponibili. Così, ad esempio, nei comparti delle acque sotterranee e di quelle superficiali il massimo livello di dettaglio è rappresentato dalle misure mensili, mentre per il comparto dell’aria si può arrivare fino al livello dell’ora.

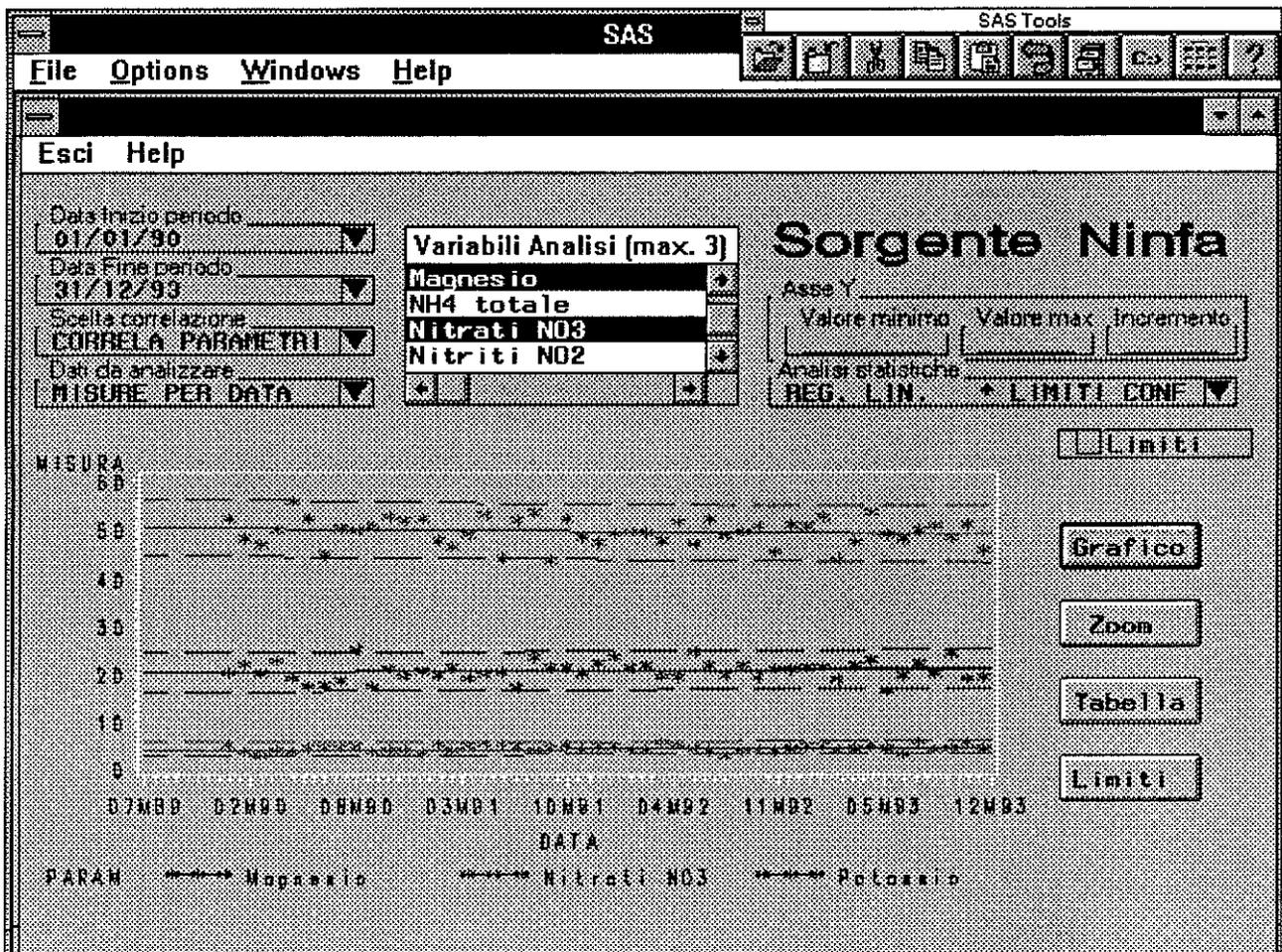


Figura 10

## La soluzione Geo-DSS

Le "funzioni di visualizzazione" (Fig. 10) permettono all'utente di rappresentare le serie storiche per mezzo di diagrammi cartesiani con l'aggiunta di strumenti di analisi statistica quali curve di regressione, limiti di confidenza, spline, box plot, ecc.; tuttavia queste uscite sono "passive" nel senso che l'utente non può interagire con esse ma può solo modificare dinamicamente una serie di parametri quali:

- gli intervalli di tempo su cui eseguire l'analisi;
- il livello di aggregazione temporale dei dati;
- i valori da inserire sulle scale degli assi cartesiani;
- la visualizzazione di limite di legge.

In funzione delle scelte effettuate l'utente può:

- confrontare le misure di più parametri in un determinato periodo;
- confrontare più serie storiche di un parametro rispetto ad uno stesso periodo (ad esempio l'andamento delle misure mensili relative a più anni);
- visualizzare le variazioni stagionali di un parametro;
- confrontare, utilizzando degli scatter plots, gli andamenti di una serie di parametri su più stazioni di misura per verificare l'esistenza o meno di correlazioni fra coppie di parametri o fra un parametro e un fattore di pressione.

L'utente può inoltre visualizzare i valori rappresentati nei grafici per mezzo di tabelle nelle quali sono evidenziati eventuali valori fuori norma.

Anche per il livello di presentazione è stato scelto il sistema SAS; l'applicazione fa uso della metodologia Object Oriented ed utilizza due classi espressamente realizzate per permettere all'utente di navigare fra i dati geografici e quelli alfanumerici in modo integrato.

Questa scelta deve essere considerata soltanto un fatto tattico in considerazione degli attuali limiti del SAS nel campo delle operazioni geografiche e in attesa che sia disponibile il modulo SAS/GIS che può fornire contributi determinanti per un'implementazione definitiva migliorando le fasi di importazione dei dati geografici, di navigazione e di presentazione.

## La modellistica

Nel caso specifico del Geo-DSS relativo alle acque sotterranee gli aspetti modellistici si presentano complessi e scientificamente ancora poco investigati per diversi motivi tra cui sono certamente rilevanti:

- 1) Gli aspetti geografici. L'interesse è focalizzato su aree molto estese (regionali o interregionali) mentre le applicazioni modellistiche più diffuse sono relative a fenomeni molto più circoscritti (un tratto di fiume, una città, un sito industriale). Aumentando le dimensioni dell'area in esame, aumenta la complessità al punto che è necessario operare drastiche semplificazioni non solo per limitare le quantità di dati e la complessità dell'elaborazione, ma più ancora per l'impossibilità pratica di raccogliere tutte le informazioni necessarie.
- 2) Gli aspetti temporali. Il Ministero opera prevalentemente in ottica di pianificazione a lungo termine. La modellistica più diffusa si presta a coprire archi temporali più brevi.
- 3) Gli aspetti ambientali. Se è vero che la modellistica è un'attività interdisciplinare, la modellistica ambientale lo è a maggior ragione perché coinvolge ed integra più competenze tematiche.
- 4) Gli aspetti politici. I risultati forniti dagli strumenti non sono mai gli unici elementi che

determinano la decisione; essi contribuiscono a definire meglio gli scenari e a chiarire le implicazioni di impostazioni diverse. In molti casi la decisione finale deve considerare anche elementi estranei all'ambito strettamente tecnico.

- 5) La cultura degli utenti. Gli strumenti modellistici sono spesso complicati, di difficile controllo e con risultati di complessa interpretazione; la loro esecuzione richiede pertanto personale esperto dell'ambito tematico trattato e delle caratteristiche dello strumento. In problemi ambientali, dove gli ambiti tematici coinvolti sono diversi, non si può presumere che gli utenti dispongano di tutte le competenze necessarie a sfruttare al meglio le potenzialità dei modelli. Pertanto questi ultimi devono essere dotati di supporti che facilitino il colloquio con l'utente in tutte le fasi di utilizzo e di interpretazione dei risultati.

Tenendo conto di queste considerazioni, per il Geo-DSS del Ministero dell'Ambiente è stato deciso di utilizzare la modellistica di screening partendo dai comparti aria e acque superficiali legando le fonti di inquinamento (popolazione, attività industriali, agricole e allevamento di bestiame, ecc.) ai parametri di qualità della risorsa.

## Capitolo 6

### La soluzione GIS

A complemento dell'applicazione Geo-DSS, ne è stata realizzata un'altra, denominata IdroVIEW [Bas94] che privilegia gli aspetti geografici e che integra le funzionalità della prima. Ovviamente esistono alcune funzioni disponibili in entrambe le applicazioni ma le caratteristiche di presentazione sono diverse perché rispondono a due diverse filosofie.

Siamo convinti che l'approccio seguito, pur se copre tutte le esigenze elaborative, può essere migliorato non solo nella ricchezza di funzioni ma, soprattutto, realizzando un unico approccio ai temi. La tecnologia attuale e i vincoli di tempo e risorse imposti all'implementazione non ci hanno consentito di operare in tale logica.

Poiché è in atto una rapida evoluzione tecnologica una soluzione unica potrà essere adottata in un futuro prossimo come risulta anche da alcune considerazioni del Capitolo successivo.

### Funzionalità

Le funzionalità realizzate focalizzano l'attenzione sugli aspetti geografici dei temi idrogeologici. Si mettono in risalto le caratteristiche tematiche di ciascuno strato informativo secondo una classificazione ed una legenda che derivano dallo studio CMP.

Le funzionalità sono raggruppate in 3 classi di menù:

- *covers*;
- *strumenti*;
- *funzioni*.

Il menù *covers* rappresenta lo strumento di controllo di tutto il sistema di visualizzazione ed analisi dei dati. Attraverso le sue funzionalità infatti è possibile definire l'ambiente operativo ovvero lo stato del sistema.

È organizzato per temi informativi ognuno dei quali è relativo ad una copertura, su base nazionale, contenuta nella carta CMP. Oltre a tali temi è presente la rete di monitoraggio costituita dai punti di controllo esistenti (circa 640) e dalle aree sottese da tali punti<sup>5</sup>.

L'applicazione, così com'è realizzata, gestisce 15 temi diversi, ma questo limite è dovuto soltanto ai dati disponibili negli archivi del SINA. Mano a mano che questi si arricchiranno di nuovi tematismi, sarà possibile integrare l'applicazione per consentirne la gestione.

Ad ogni tema informativo sono associati 4 controlli ed un campo di visualizzazione di tipo grafico: con tali strumenti è possibile conoscere le informazioni generali sul tematismo, disegnare gli elementi

---

<sup>5</sup>Queste ultime non sono altro che le formazioni acquifere di cui il punto o i punti della rete sono rappresentativi in termini di misure.

secondo il simbolo di default presente nel campo grafico oppure secondo una legenda che rispetta la classificazione standard e, infine, rendere il tema attivo rispetto alle funzioni di interrogazione ed analisi.

L'utente può interagire liberamente sui controlli di tutti i temi; il sistema provvede ad effettuare le operazioni di verifica di congruenza e rifiuta o accetta le scelte effettuate. In particolare un tema può essere rappresentato o con il disegno semplice oppure con quello tematizzato; un solo tema alla volta viene reso disponibile per l'analisi ed i temi di tipo poligonale sono visualizzabili in maniera mutuamente esclusiva se tematizzati. Questo ultimo vincolo è posto ovviamente per ragioni di leggibilità.

La Fig. 11 mostra una schermata tipica relativa al tema degli acquiferi dove compaiono: la finestra geografica, la legenda e i tre menù di tematismi, funzioni e strumenti. L'area mostrata in figura è situata nel basso Lazio.

Il menù *strumenti* contiene controlli che permettono di selezionare e listare le informazioni relative ad un elemento, di fare operazioni di zoom e pan, di valutare le coordinate di un punto, di calcolare lunghezze e superfici.

Il menù *funzioni* è in effetti una classe di menù (3) che vengono attivati individualmente in funzione del tema attivo in analisi ed interrogazione.

Nel caso più generale (13 temi su 15) esso è composto da un controllo di tipo *SQL*, da uno che attiva funzioni di calcolo di distribuzione e da uno che permette di realizzare semplici analisi statistiche.

Il controllo *SQL* attiva un complesso menù attraverso il quale si possono costruire espressioni *SQL*-like sugli attributi del tema; scelto un attributo da una lista completa, il sistema presenta tutti i relativi valori presenti.

Il risultato della selezione può essere ulteriormente elaborato con aggiunta di nuovi elementi o selezione di quelli complementari. Il risultato finale è esaminabile sia in termini di valori degli attributi degli elementi, sia attraverso una loro visualizzazione grafica in colore.

Vi è poi un controllo relativo al calcolo di funzioni di distribuzione. Esso permette di selezionare un attributo numerico del tema attivo e di scegliere una tipologia di grafico; si avranno nell'asse delle ascisse i valori della variabile e in quello delle ordinate il relativo numero di occorrenze.

Infine vi è il controllo delle funzioni statistiche le quali sono abilitate su tutti gli strati informativi. Le operazioni che possono essere realizzate sono: somma, minimo, massimo, media, deviazione standard.

Esistono poi, come già ricordato, altri due tipi di menù funzioni specializzati per le analisi sui punti della rete di monitoraggio e per le aree sottese, ovvero gli acquiferi. Essi hanno in comune la capacità di sfruttare la relazione che esiste tra i punti della rete e gli acquiferi sottesi in quanto, da un punto selezionato, si possono ricavare automaticamente le informazioni geografiche e descrittive degli acquiferi interessati e viceversa.

Il menù relativo alla rete di monitoraggio possiede, oltre alle funzioni *SQL* e statistiche, un controllo che permette di eseguire grafici dell'andamento della serie storica delle misure di qualità.

La Fig. 12 mostra la serie storica dei valori misurati su una stazione della rete di monitoraggio. Alla finestra geografica sono sovrapposte: una finestra grafica dove è visualizzata la serie storica e la finestra che consente la selezione del parametro (cloruri nel caso specifico).

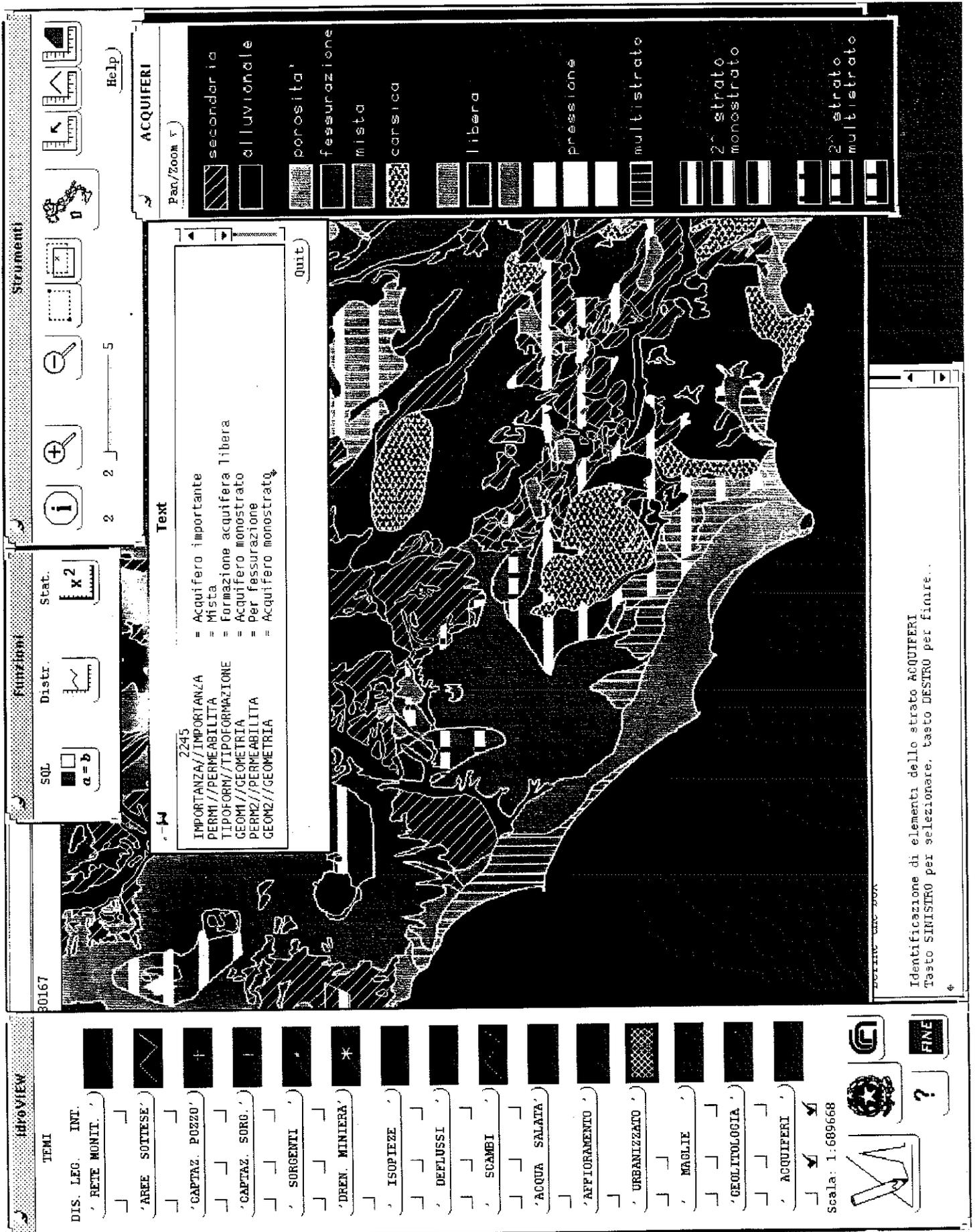


Figura 11

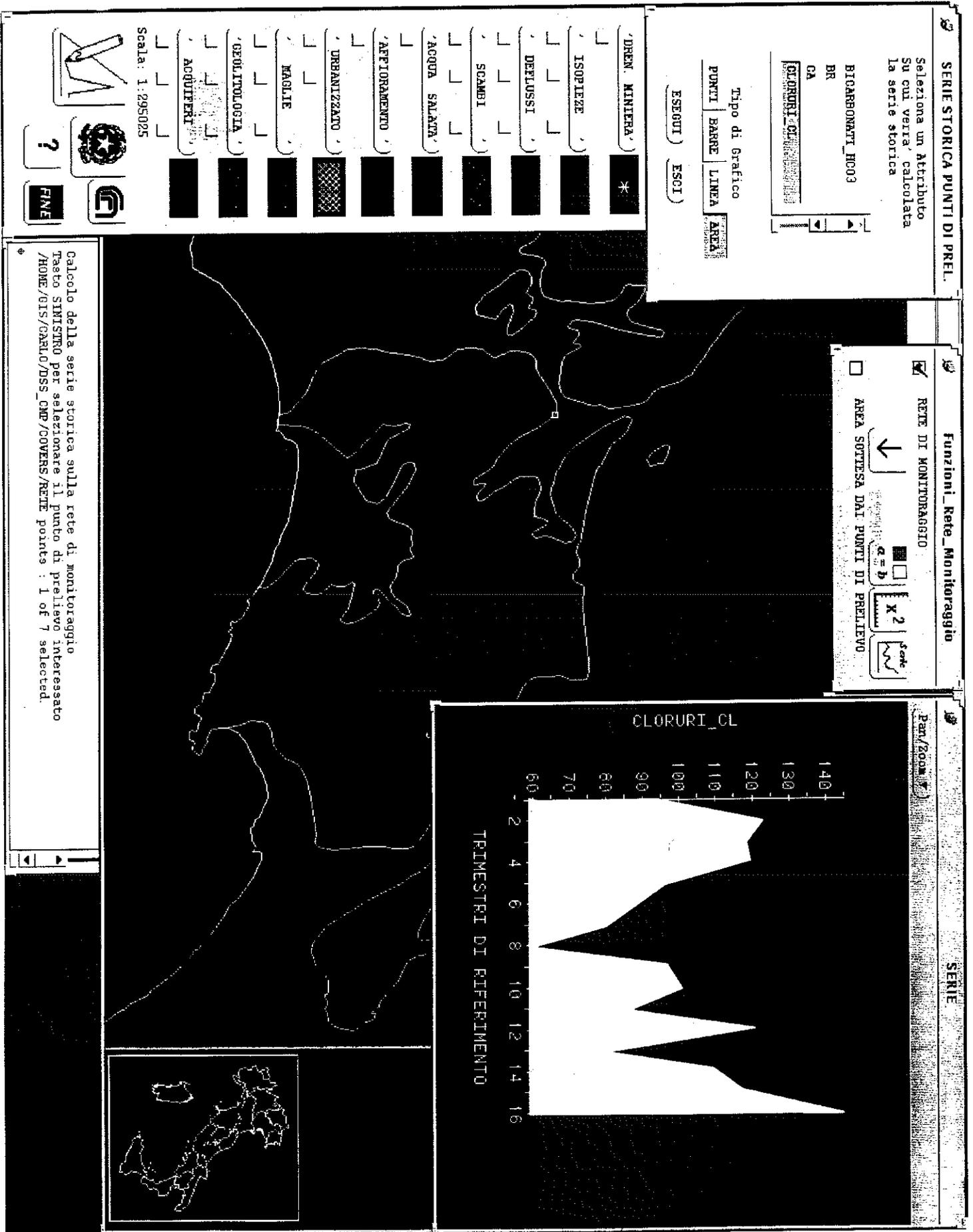


Figura 12

### **Caratteristiche dell'implementazione**

IdroVIEW è operativo su ARC/INFO Ver 6 in ambiente UNIX ed è sviluppato interamente in AML (Arc Macro Language): ciò garantisce la portabilità completa su qualsiasi sistema ARC/INFO.

L'interfaccia utente di tipo grafico (GUI) è sviluppata facendo ampio ricorso alle potenzialità dei *thread* ovvero di quei meccanismi di interazione e controllo degli input che permettono di interagire liberamente su più finestre grafiche secondo qualsiasi sequenza logica.

Le finestre grafiche contengono classi di funzioni che sono organizzate e raggruppate in insiemi logicamente omogenei.

L'utente ha di fronte una interfaccia:

- di semplice comprensione essendo organizzata a gruppi di funzioni;
- che consente una visione complessiva sia delle funzioni disponibili che dello stato del sistema (temi attivi e relative legende, scala di visualizzazione, area geografica interessata ecc.).

Il disegno complessivo della GUI è ispirato a quella classe di sistemi software di ultima generazione come, ad esempio, ArcView basati su concetti derivati dalla tecnologia *object oriented*. Infatti, in funzione dei temi attivati dall'utente, sono presenti nella GUI alcune classi di funzionalità che sono proprie degli elementi geografici in esame. Inoltre lo stato del sistema condiziona in ogni momento l'applicabilità degli strumenti.



## Capitolo 7

### Considerazioni conclusive

Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un risveglio di interesse per le applicazioni GIS, DSS e Geo-DSS favorito sia da una crescita della domanda, sia da evoluzioni tecnologiche che consentono di realizzare soluzioni interessanti a costi contenuti.

A fronte dell'interesse degli utenti per le applicazioni Geo-DSS, il mercato non ha ancora reso disponibili strumenti in grado di integrare compiutamente le funzionalità GIS e DSS.

Questa lacuna può essere colmata soltanto con realizzazioni ad hoc che, solitamente, si appoggiano ad un prodotto di mercato, opportunamente arricchito delle funzioni mancanti. In quest'operazione si può partire da:

- un impianto GIS, che garantisce un trattamento completo dei dati geografici, integrato con applicazioni tipiche dei DSS;
- un impianto DSS, modificato per gestire anche dati e funzioni geografiche.

Ciascuno dei due approcci privilegia gli aspetti specifici dell'impianto di partenza; in altri termini le funzionalità statistiche e modellistiche che possono essere inserite in un ambiente GIS sono meno complete e generali di quelle normalmente disponibili in un DSS. Viceversa in questi ultimi ambienti il trattamento dei dati geografici non raggiungerà i livelli di completezza che di solito si riscontrano in un prodotto GIS.

Anche l'interfaccia utente ha caratteristiche proprie dell'impianto base; è più tecnica, accurata e complessa in applicazioni basate su strumenti GIS, più semplice, intuitiva e scarna nell'altro approccio.

Il tipo di soluzione influenza quindi le potenzialità dello strumento; per questo motivo è importante chiarire bene i ruoli che i vari componenti del sistema assumono nell'ambiente a cui l'applicazione è destinata.

Per far ciò è necessario definire con esattezza le esigenze elaborative e le priorità con cui esse vanno affrontate: questo processo richiede la partecipazione attiva degli utenti.

Per quanto accurata e lungimirante possa essere la definizione delle esigenze elaborative, esistono sempre margini di rischio. Infatti, a priori, l'utente può non avere sufficientemente chiaro il contesto elaborativo, le esigenze possono mutare rapidamente per l'evoluzione della cultura degli utenti, per mutamenti nella realtà aziendale e nel mondo esterno.

Per ridurre il rischio di realizzare un'applicazione non perfettamente centrata sugli obiettivi è opportuno prevedere momenti di verifica che consentano di introdurre dei correttivi. Il più importante di questi momenti è certamente rappresentato dalle prime esperienze d'uso degli utenti. Per questo motivo l'uso di prototipi migliora decisamente la qualità del prodotto finale anche se comporta costi maggiori in fase di implementazione.

Questo modo di operare è stato seguito nella realizzazione dei Geo-DSS del Ministero dell'Ambiente descritto nella seconda parte del rapporto.

In termini di mercato si assiste ad una rapida evoluzione dei prodotti GIS e DSS che vengono progressivamente dotati di funzionalità tali da colmare le lacune ancora presenti nel settore dei Geo-DSS. Tali funzionalità sono specifiche dell'ambiente nel senso che entrambe le tipologie di prodotti tendono ad includere funzioni tipiche dell'altra tipologia.

Esiste tuttavia un altro piano di convergenza, assolutamente generale e meno evidente a prima vista, che risiede nella possibilità di far colloquiare applicazioni diverse secondo standard generali. Questo approccio può essere sfruttato per integrare i due ambienti ed ottenere il meglio di entrambi. Ovviamente lo sfruttamento di questa opportunità richiede interventi di programmazione specifici la cui opportunità deve essere valutata in relazione agli obiettivi da perseguire.

## **Bibliografia**

- [Abb93] R. Abbondanza, E. Bracci, G. Cresci, A. Di Domenicantonio, P. Mogorovich  
*GIS architecture for large organisations*  
Proceedings Eurocarto XI  
1993
- [Abb94] R. Abbondanza, G. Bonello, E. Bracci, G. Cresci, A. Di Domenicantonio  
*A decision support system in a geographical environment*  
Proceedings SEUGI - pagg. 95,119  
1994
- [Ame94] S. Amer, R. Sliuzas, Y. Sun  
*Spatial decision support systems for urban planning and management*  
Proceedings EGIS - pag. 116, 124  
1994
- [Arm86] M. P. Armstrong, P. J. Densham, G. Rushton  
*Architecture for a microcomputer based decision support system*  
Proceedings of 2nd International Symposium on Spatial Data Handling  
1986
- [Bas94] P. Basile, G. Cresci, C. Magnarapa, S. Mazzotta, P. Mogorovich  
*IdroVIEW: un sistema di visualizzazione di dati idrogeologici*  
Proceedings AM/FM  
1994
- [Ber94] K. V. Berdnikov, V. S. Tikunov  
*Data, information and knowledge in cartography and geoinformatics*  
Proceedings EGIS - pag. 1140, 1146  
1994
- [Bon94] G. Bonello, E. Bracci, G. Cresci, A. Di Domenicantonio  
*Il ruolo dei Geo-DSS come strumenti per integrare gli ambienti DSS e GIS*  
Proceedings AICA - pag. 1895, 1912  
1994

- [Bra93] E. Bracci, G. Cresci  
*Dai dati all'informazione: i sistemi di supporto alle decisioni*  
Proceedings CMG Italia  
1993
- [Bra94] E. Bracci, G. Cresci, A. Di Domenicantonio, C. Magnarapa  
*La rappresentazione geografica dei dati: evoluzione tecnologica e aspettative d'utente*  
Proceedings SUGItalia  
1994
- [Cav90] C. Cavedon, A. Russell, C. Drury  
*Using the SAS system as an executive information system*  
Proceedings SEUGI - pag. 446  
1990
- [CMP82]  
*Studio sulle risorse in acque sotterranee dell'Italia*  
Th. Schafer GmbH  
1982
- [DAT92]  
*User perspectives on enterprise integration*  
Datapro Information Services Group  
1992
- [Den89] P. J. Densham, M. F. Goodchild  
*Spatial decision support systems: a research agenda*  
Proceedings of GIS/LIS  
1989
- [Den91] P. J. Densham  
*Spatial decision support systems*  
Geographical information systems - pag. 403, 412  
Longman scientific & technical  
1991
- [Gor71] G. A. Gorry, M. S. Morton  
*A framework for management information systems*  
Sloan management review, n. 13 - pag. 56, 70  
1971
- [Gri94] D. J. Grimshaw  
*Using GIS for strategic decision making*  
Proceedings EGIS 94 - pag. 618, 625
- [Gua89] G. Guarisio, H. Werthner  
*Environmental decision support systems*  
Ellis Horwood Ltd., 1989

## Bibliografia

- [Hol89] S. Holtzmann  
*Intelligent decision systems*  
Addison Wesley  
1989
- [Kee78] P. G. W. Keen, M. S. Morton  
*Decision support systems: an organisational perspective*  
Addison Wesley  
1978
- [Spr82] R. H. Sprague, E. D. Carlson  
*Building effective decision support systems*  
Prentice Hall, 1982

