

# UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER LE VALLI DI COMACCHIO

(Piero De Sabbata, Maria Litido)

## PREMESSA

**I**l territorio e l'ambiente rappresentano una ricchezza fondamentale per la qualità della vita.

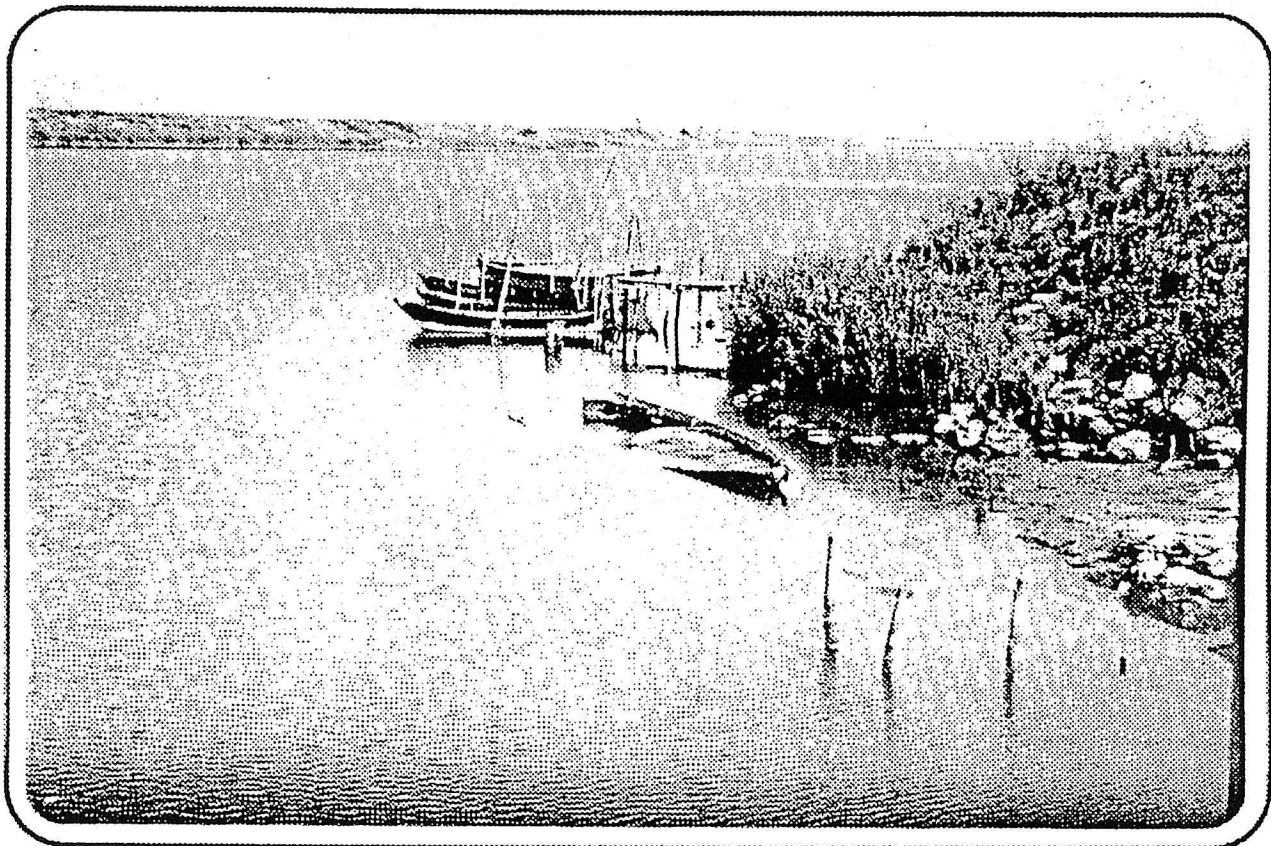
Negli ultimi anni, in concomitanza con l'insorgere degli effetti di diffuso e generalizzato deterioramento derivanti da un uso sordinato e troppo spesso utilitaristico di tali ricchezze, si è osservato un aumento della sensibilizzazione e dell'interesse per tutti gli aspetti relativi ad una gestione corretta e rispettosa di questa risorsa così importante.

Di conseguenza, attualmente un numero sempre maggiore di discipline impegna notevoli investimenti alla ricerca di nuove metodologie finaliz-

zate alla conoscenza della realtà ambientale e di soluzioni efficaci ai problemi specifici esistenti.

La ricerca e l'attività professionale svolte per decenni nel campo hanno prodotto la consapevolezza della notevole complessità dei problemi del territorio, poichè la sua gestione coinvolge tutti gli aspetti della vita umana, sociali, economici, politici, e così via e poichè tale realtà, già così complessa, è soggetta a mutamenti continui; cosicchè la conoscenza del territorio è diventata un problema centrale per la nostra società, che richiede l'uso di strumenti tecnici adeguati ed efficaci.

Nel presente articolo sono sinteticamente descritti gli obiettivi e le attività tipiche per la realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) /1, 4/ messo a punto nell'ambito di uno



→

Studio integrato sulle Valli di Comacchio e sono delineati gli sviluppi futuri ipotizzati in ambito informatico per la ricerca in corso.

Si sottolinea che i riferimenti bibliografici citati nel corso dell'articolo non rendono giustizia, per ovvi motivi di spazio, alla estesa letteratura esistente in materia, per la quale si rimanda alle bibliografie dei testi e degli articoli citati.

### **Lo strumento informatico nella tutela dell'ambiente**

Nell'ambito delle problematiche ambientali un ruolo fondamentale di supporto è svolto dalla tecnologia delle informazioni e delle comunicazioni.

I sistemi automatici per la elaborazione dei dati consentono una descrizione esatta e tempestiva della situazione e rendono possibili interventi mirati per la riduzione dei danni all'ambiente. L'elaboratore può essere usato per:

- rilevare e raccogliere i dati;
- gestire e valutare i risultati;
- preparare tecnicamente i livelli decisionali.

In tal modo i sistemi informativi diventano il nucleo della struttura per la salvaguardia dell'ambiente il cui fine è quello di garantire a tutti gli esseri un habitat accettabile.

La salvaguardia dell'ambiente si esplica nello svolgimento di attività differenziate la cui efficacia aumenta proporzionalmente al livello di automazione nell'uso di strumenti quali ad esempio:

- presenza di sistemi di allarme nella osservazione della vita dell'ecosistema all'interno di reti di comunicazioni per il flusso delle informazioni;
- supporto agli operatori nella gestione del territorio;
- possibilità di ottenere resoconti della situazione dell'ecosistema;
- possibilità di confronto tra la situazione esistente e provvedimenti pianificati per valutarne gli effetti;
- presenza di un sistema informativo decisionale in cui l'elaborazione automatica dei dati è affiancata all'uso di Sistemi Esperti per il suggerimento di strategie risolutive;
- analisi di trend di dati di misura per prevedere, mediante simulazione, mutamenti ambientali;
- supporto alla ricerca il cui obiettivo è una conoscenza più approfondita delle interazioni tra ecosfera e tecnosfera;
- controllo delle attività umane che costituiscono

no possibile sorgente di inquinamento, gusto o rischio per l'ambiente o l'uomo.

### **1. I SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI**

Sistema Informativo Territoriale (SIT) denota l'insieme delle risorse umane e materiali che consentono l'acquisizione, l'elaborazione e la distribuzione di informazioni relative al territorio /2, 6, 7/.

Con questo termine si indicano anche per estensione i Sistemi Informatici Territoriali, o più precisamente, i Sistemi per l'elaborazione automatica dei dati geografici (sono usati spesso come sinonimi i termini inglesi GIS, Geographic Information System e GDP, Geographic Data Processing).

Il primo passo verso lo sviluppo dei SIT (primi anni sessanta) è stata la necessità di automatizzare la produzione della cartografia ossia la digitalizzazione e la memorizzazione delle carte geografiche, ai fini della conservazione, dell'aggiornamento e della riproduzione.

Poichè, però, una cartografia aggiornata, sia pure base per la conoscenza dei problemi del territorio, non è sufficiente a fornire un quadro completo, divenne sempre più forte l'esigenza di integrare il sistema cartografico con altre basi di dati alfanumerici che valorizzassero la cartografia completandone il contenuto informativo.

La cartografia numerica divenne così uno degli aspetti del Sistema Informativo Territoriale, che, contenendo i dati cartografici distinti dagli altri, produce tra gli altri risultati, una mappa geografica.

Nacquero in tal modo GIS con uso avanzato di tecniche di gestione delle basi di dati, in cui risultano più o meno fortemente integrate la componente geometrica di una entità informativa (ciò che l'oggetto è dal punto di vista della rappresentazione grafica: un punto, una poligonale, un'area) e la componente descrittiva (l'insieme degli attributi e delle relazioni che l'entità possiede): si rende, così, possibile proiettare su topografia di base proprietà caratteristiche di un territorio di cui siano note la distribuzione spaziale o quella temporale (ottenendo le mappe tematiche).

Uno dei temi di ricerca più attuali nell'ambito delle tecnologie dell'informazione è sicuramente lo studio di un unico formalismo capace di esprimere la concettualizzazione della realtà del territorio in tutti i suoi aspetti: tra le altre ipotesi di lavoro si segnala quella dell'uso della programmazione ad oggetti, che rappresenta la realtà come costituita da classi di oggetti, le cui relazioni sono "scambi di messaggi" /2, 7/.

La realizzazione di un SIT può essere destinata ad usi diversi:

- la produzione ed il mantenimento della cartografia;
- la gestione del territorio; in tal caso, esso costituisce uno strumento di supporto per chi sul territorio deve operare nel tempo e necessita di una immagine aggiornata costantemente del suo assetto (tipico di un ente gestore del territorio);
- lo studio del territorio e dell'ambiente; un SIT, per esempio, può essere finalizzato ad un progetto particolare che richiede, data una "istantanea" dell'assetto territoriale, di prevedere o interpretare l'evoluzione di fenomeni che si sviluppano a partire da quell'assetto (tipica la simulazione di incidenti).

A seconda delle finalità, degli utenti ai quali è destinato, del tipo delle informazioni da trattare e delle operazioni da eseguire, il sistema si presenterà con caratteristiche di realizzazione diverse (fig. 1).

Le diverse finalità, peraltro, possono essere presenti in uno stesso sistema; comunque, esse richiedono la definizione di diversi livelli di dettaglio e sintesi dei dati del sistema che possono variare a seconda della classe di utenti o delle operazioni richieste.

Le esigenze via via crescenti della utenza impegnata nella gestione quotidiana del territorio (Pubblica Amministrazione) nonché degli innumerevoli gruppi di ricerca da una parte, lo sviluppo di tecnologie sempre più sofisticate ed efficaci dall'altra, ha introdotto sul mercato una notevole proliferazione di

prodotti (hardware e software) di supporto nella risoluzione di svariati problemi, tra i quali orientare le proprie scelte /5/.

## 2. CARATTERISTICHE DI UN SIT

Come tutti i sistemi informatici significativi un SIT è in grandi linee costituito da un data base geografico (in cui tutte le informazioni sono georeferenziate, ossia, ciascuna è associata ad un punto geografico reale) e da una serie di applicazioni finalizzate alla utenza esterna.

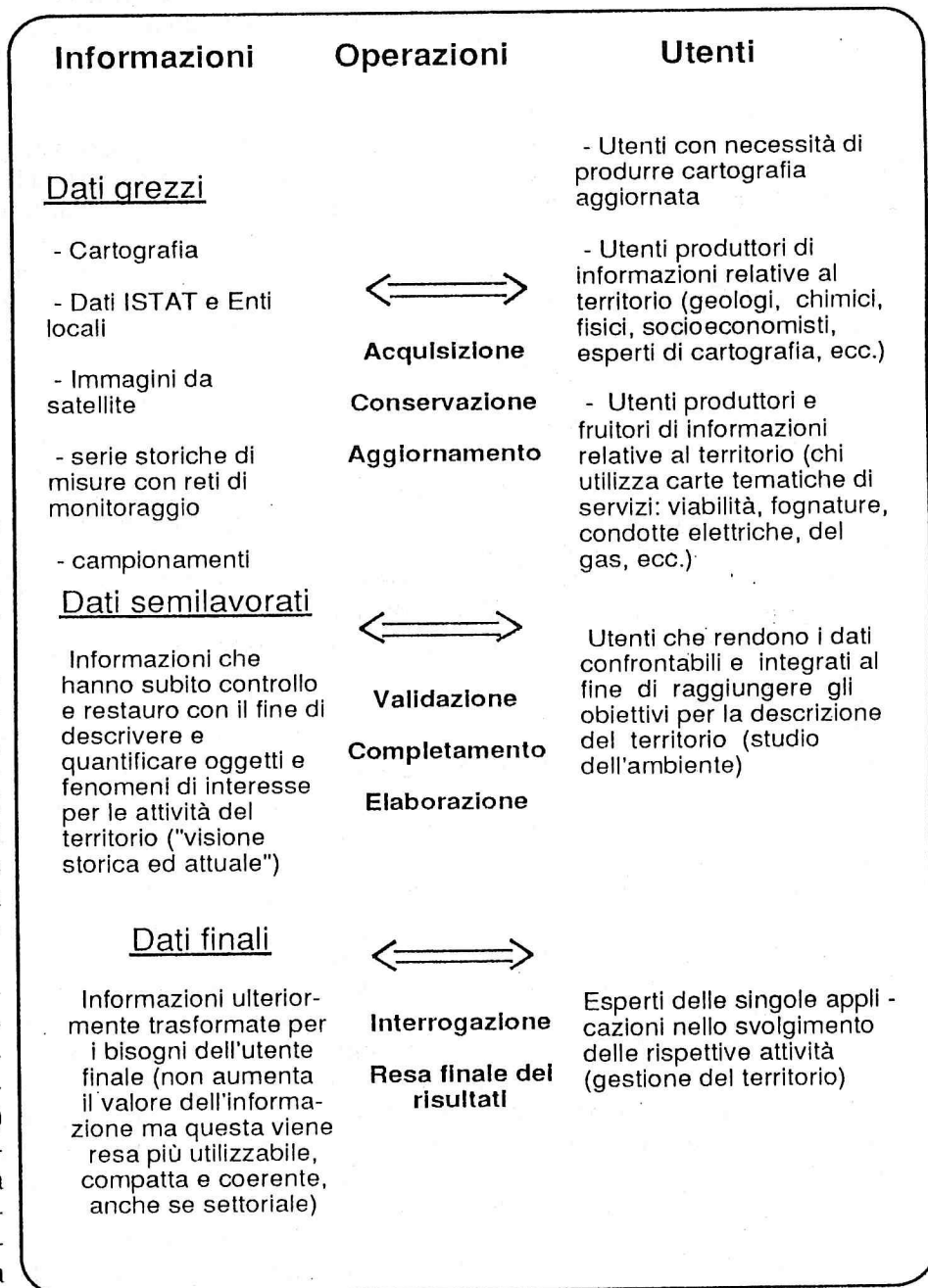


Fig. 1 - Informazioni, operazioni, utenti coinvolti

## 2.1. Le principali componenti del sistema

L'hardware solitamente comprende periferiche ed elaboratori specializzati per l'introduzione e la rappresentazione di dati di tipo cartografico: tavole magnetiche con cursore che consentono una acquisizione di tipo vettoriale dei dati su carta, dispositivi a scansione (flying spot scanners), che invece acquisiscono l'informazione in formato raster, dispositivi stereo-restitutivi (foto aeree), processori specializzati, plotter, laser printers, terminali grafici ad alta definizione, e così via.

I programmi utilizzati nei Sistemi Informativi Territoriali hanno la duplice funzione di assicurare le funzioni tipiche di un sistema di gestione di basi dati (acquisizione, rappresentazione, controlli di integrità e accesso, viste, ecc.) e assicurare una integrazione tra i dati di tipo cartografico ed i dati alfanumerici, rendendoli disponibili per elaborazioni di varia complessità che possono andare dalla rappresentazione cartografica dei tematismi alla simulazione di modelli.

Volendo schematizzare, il software del sistema si può pensare costituito dall'insieme di tre moduli: un nucleo cartografico che realizza la rappresentazione, la elaborazione e l'acquisizione dei dati cartografici, uno di gestione dei dati, cartografici e non, cooperanti tra loro ed in stretto rapporto con il terzo modulo che gestisce il colloquio con l'operatore.

Infine l'organizzazione degli utenti è l'aspetto decisivo per il successo di un sistema informativo che preveda più utenti come fornitori e fruitori di informazioni al sistema: sia che l'obiettivo sia la gestione di un territorio oppure sia la sua analisi, se diversi gruppi di utenti introducono o modificano i dati occorre essere certi della modalità con cui questo avviene al fine di garantire la integrità e la qualità dei dati.

Da un punto di vista strettamente informatico il SIT affronta diversi problemi.

Innanzitutto quelli relativi alla gestione di archivi di dati: per essi occorre assicurare, oltre ad un veloce reperimento dei dati, anche la qualità e la integrità, fornendo ad ogni diversa categoria di utenti una opportuna vista dei dati e le relative funzioni di restituzione, elaborazione ed eventualmente modifica.

Il nucleo cartografico deve affrontare e risolvere, oltre ai problemi legati alla rappresentazione dei dati, quelli dell'acquisizione e della interpretazione, realizzando anche algoritmi di conversione tra i diversi sistemi di riferimento cartografico, controllo sugli errori di introduzione (per esempio riconoscere alcuni errori nella digitalizzazione di linee), riconoscimento di oggetti: tale problema è legato al fatto che le informazioni geografiche

provengono da fonti diverse (fogli catastali, carte tematiche, mappe di reti tecnologiche, di trasporti, ecc.), sono prodotte con tecnologie differenti e, pertanto, devono essere rese omogenee: per esempio, una immagine acquisita in formato raster richiede l'uso di software o hardware opportuni per la trasformazione dei dati in formato vettoriale e per la loro codifica con riconoscimento (fig. 2). Ulteriori elaborazioni possono essere realizzate sia internamente che esternamente al nucleo cartografico; in particolare possono essere utilizzati algoritmi che verificano relazioni topologiche e spaziali tra oggetti del territorio (relazioni di intersezione, contatto, distanza, ...).

Modelli di previsione di fenomeni specifici possono essere applicati su sistemi cartografici, ma è evidente che si tratta di modelli sviluppati ad hoc per una particolare applicazione, per cui compito del nucleo di base del sistema deve essere quello di garantire ad essi la visibilità dei dati nelle modalità più efficaci (ciò richiede, per esempio, di definire le componenti geometriche di un dato opportunamente strutturate).

Si sottolinea che non si può trascurare l'aspetto di comunicazione con l'utente: non solo perchè deve essere agevole il colloquio con la macchina, ma soprattutto perchè la presenza di un sistema informativo basato sull'uso di strumenti informatici richiede un modo diverso di lavorare; non fosse altro che per la necessità di adeguarsi ai formati ed alle modalità di rappresentazione dei dati che possono non essere analoghi a quelli cui i singoli utenti erano abituati in precedenza; in generale, la presenza di un Sistema Informativo Territoriale innesca dinamiche nei comportamenti delle persone e nei flussi informativi che debbono essere previste e gestite.

## 2.2. Le funzioni di un SIT

La funzione primaria di un SIT è rappresentare un territorio nei suoi aspetti cartografici (idrografia, vie di comunicazione, confini amministrativi, ecc.) e spesso anche raggruppare le diverse entità cartografiche (per esempio linee di costa, fiumi, strade, confini comunali, ecc.) in strati tematici sovrapponibili.

In ciascuno "strato" gli oggetti vengono descritti mediante punti, linee, superfici a seconda dei casi.

La restituzione cartografica di un territorio avviene secondo formati opportuni rispetto alle diverse esigenze degli utenti, sovrapponendo gli "strati" di elementi cartografici di interesse correlati dalle opportune informazioni alfanumeriche; infatti, alla rappresentazione analitica di questi elementi cartografici il sistema associa attributi

→

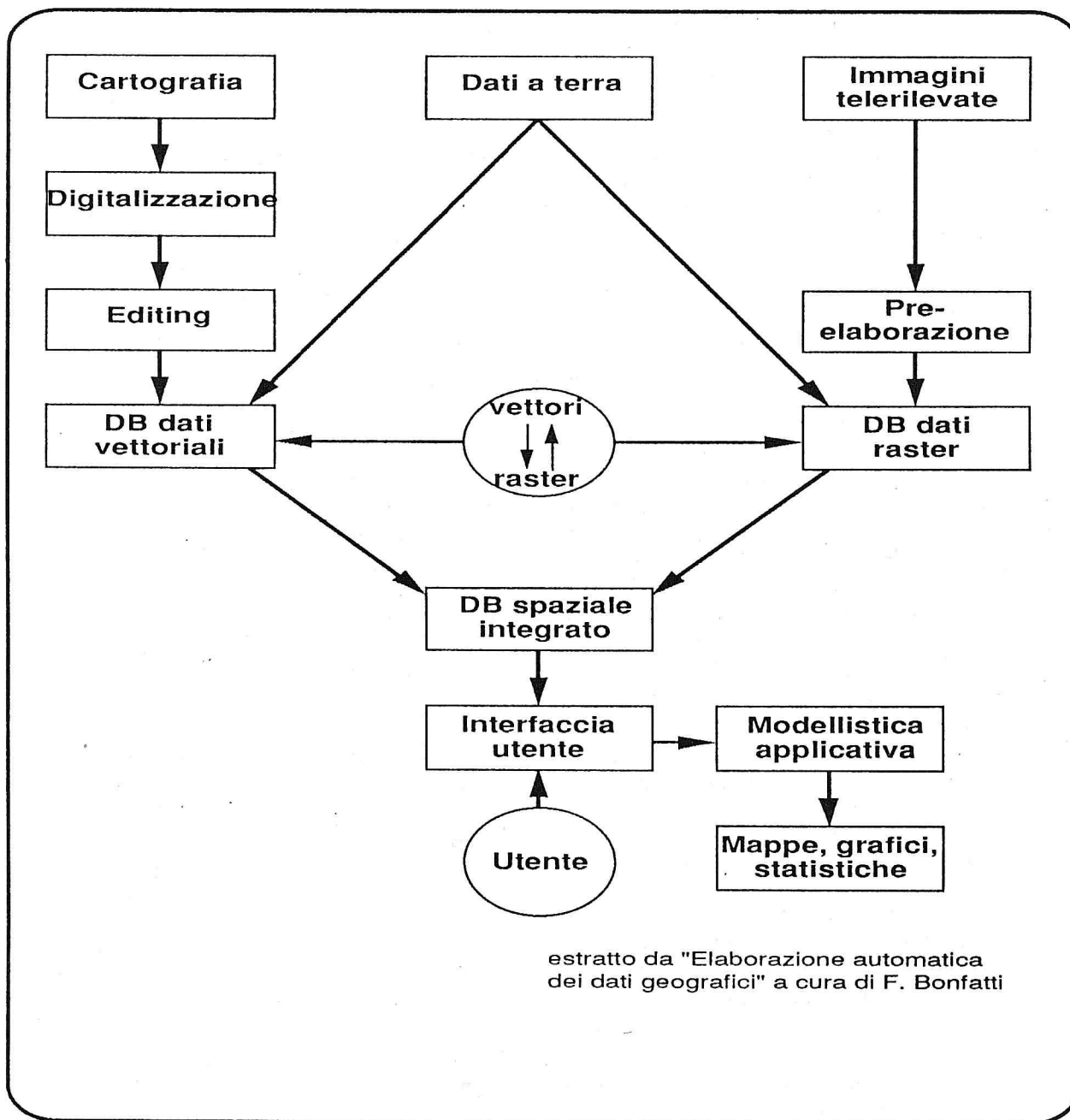


Fig. 2 - Schema concettuale di un GIS

alfanumerici che consentono di individuarne le caratteristiche.

Il sistema di referenziazione agli elementi cartografici consente al software esterno e al nucleo cartografico di integrare gli elementi territoriali con informazioni ulteriori che possano risultare di interesse per gli scopi del SIT.

Una tipica applicazione è la rappresentazione su una mappa di un campo di linee isoipse ottenute da una rete di rilevamenti puntuali.

Quanto più è alto il livello di tale integrazione tra dati cartografici e dati alfanumerici, tanto più il sistema si rivelerà capace di supportare elaborazioni ed interpretazioni di tipo modellistico.

### 2.3. Le attività di realizzazione di un SIT

La figura 3 illustra schematicamente le principali attività necessarie per la realizzazione di un SIT e per la sua gestione: da un lato, il lavoro richiesto per la progettazione degli archivi e la definizione delle operazioni che il sistema deve essere in grado di compiere sulle informazioni acquisite, dall'altro la validazione, la trasformazione e la digitalizzazione (laddove i dati siano su carta) delle informazioni per il caricamento nel

data base.

Non trascurabile è l'attività di implementazione in cui sicuramente l'operazione più onerosa è quella di digitalizzazione della cartografia sia in termini di memoria occupata, sia in termini di costo dei dispositivi usati, sia in termini di risorse umane impegnate.

Si osserva, infine, che la crescita di un SIT in fase di gestione dipende dalle finalità e dagli obiettivi ossia dalle funzioni e dalle applicazioni da sviluppare.

### 3. IL PROGETTO VALLI DI COMACCHIO

Le Valli di Comacchio, zona umida salmastro di grande rilevanza (circa 12.000 ettari compresi in parte nel comune di Comacchio, in parte nel comune di Ravenna), rappresentano un complesso di massimo interesse sia per la vallicoltura sia come habitat per uccelli acquatici stanziali e migratori (alcune specie rare in Italia, come il gabbiano corallino e la sterna zampenere, hanno scelto solo di recente di nidificare in questa zona).

Delle Valli, formatesi nel Medioevo e un tempo molto più estese, sopravvivono, dopo le ultime bonifiche del Mezzano, la Valle Fossa di Porto, la Valle di lido Magnavacca, la valle Campo e qualche area di minore estensione.

Le saline esistenti qui fin dai tempi della città etrusca di Spina (VI secolo a. C.) sono state attive con alterna fortuna fino al 1984, anno di chiusura delle attività, costituendo come è comprensibile un aspetto fondamentale e radicato nella vita di Comacchio.

Le modificazioni indotte dall'opera di bonifica hanno da un canto comportato un netto miglioramento delle condizioni di vita dal punto di vista sanitario (debellando la malaria) e dal punto di vista economico per lo sfruttamento agricolo delle terre rese disponibili; d'altro canto, il sistema vallivo è stato reso estremamente più fragile.

La cessazione dell'attività produttiva nella salina ha contribuito al deterioramento del territorio a causa della diminuzione della salinità necessaria alla sopravvivenza delle specie animali e vegetali tipiche di questo habitat.

Attualmente, l'Amministrazione comunale di Comacchio ha deciso di recuperare la salina riaprendone l'attività non tanto a fini produttivi quanto di tutela e recupero dell'ambiente. Inoltre, Comacchio è nel cuore del parco interregionale del Delta del Po, che, da Chioggia fino a Ravenna, costituisce un itinerario naturalistico di rara bellezza.

Al fine di acquisire conoscenze adeguate e complete sul funzionamento delle Valli, è stato avvia-

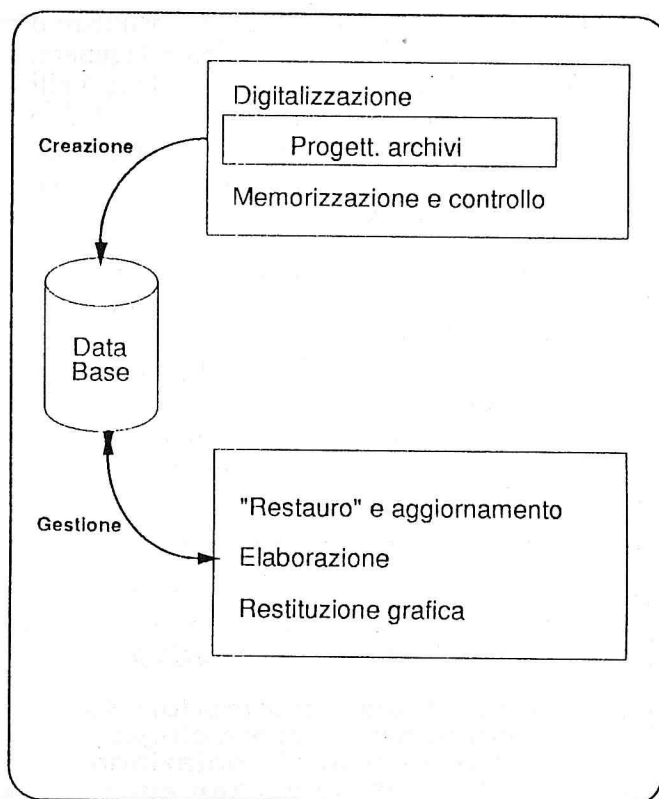


Fig. 3 - Attività di implementazione e gestione del data base

to dall'ENEA (Unità PAS-COORBOL) /1, 4/ un progetto di ricerca per uno "Studio Integrato sulle Valli di Comacchio" il cui obiettivo è la caratterizzazione, da un punto di vista interdisciplinare e sistemico, delle componenti naturali ed antropiche al fine di realizzare:

- interventi atti a mitigare impatti nocivi;
- sistemi per il controllo dell'ambiente.

Al fine di rendere il più possibile completo lo spettro dei settori informativi esplorati (fig. 4) la realizzazione del progetto si avvale oltre che dei ricercatori dell'Unità COORBOL anche di collaborazioni con:

- ENEA INFO-SOFTSCIENT e VEL-BRA-INFOC;
- Università di Bologna;
- Università di Ferrara;
- CNR;
- Provincia di Ferrara;
- Comune di Comacchio;
- Regione Emilia-Romagna;
- Consorzio di bonifica del II° Circondario Po-lesine di S. Giorgio.

Più precisamente, le principali indagini in corso sono relative a:

- idrogeologia e geomorfologia per valutare il bilancio idrologico dell'ambiente lagunare, studiando l'idrodinamica interna delle Valli ed effettuando misure sperimentali relative alla falda freatica ed ai corpi d'acqua superficiali (10 idrometrografi, circa 130 tra pozzi e piezometri e una ventina di punti superficiali), e precisare la storia evolutiva più recente delle Valli e delle aree limitrofe;
- studio dei fenomeni di sedimentazione nel sistema di deposizione lagunare per definire tutti i flussi che interessano il materiale in sospensione ed i sedimenti e di studiare le relazioni che esistono tra l'inquinamento dei fondali e quello delle altre matrici dell'ecosistema vallivo;

- biogeochimica per la caratterizzazione dell'attività biochimica dei sedimenti in relazione alle variazioni termiche e la caratterizzazione delle variazioni indotte nella colonna d'acqua dall'attività biochimica dei sedimenti;
- studio dei fenomeni meteo-climatici e diffusivi per la caratterizzazione meteorologica dell'area e la modellizzazione di fenomeni di trasporto e diffusione di inquinanti in aria (una stazione di misura è dislocata sulle Valli da circa un anno);
- studi bioecologici per la caratterizzazione delle componenti animali e vegetali dell'eco-

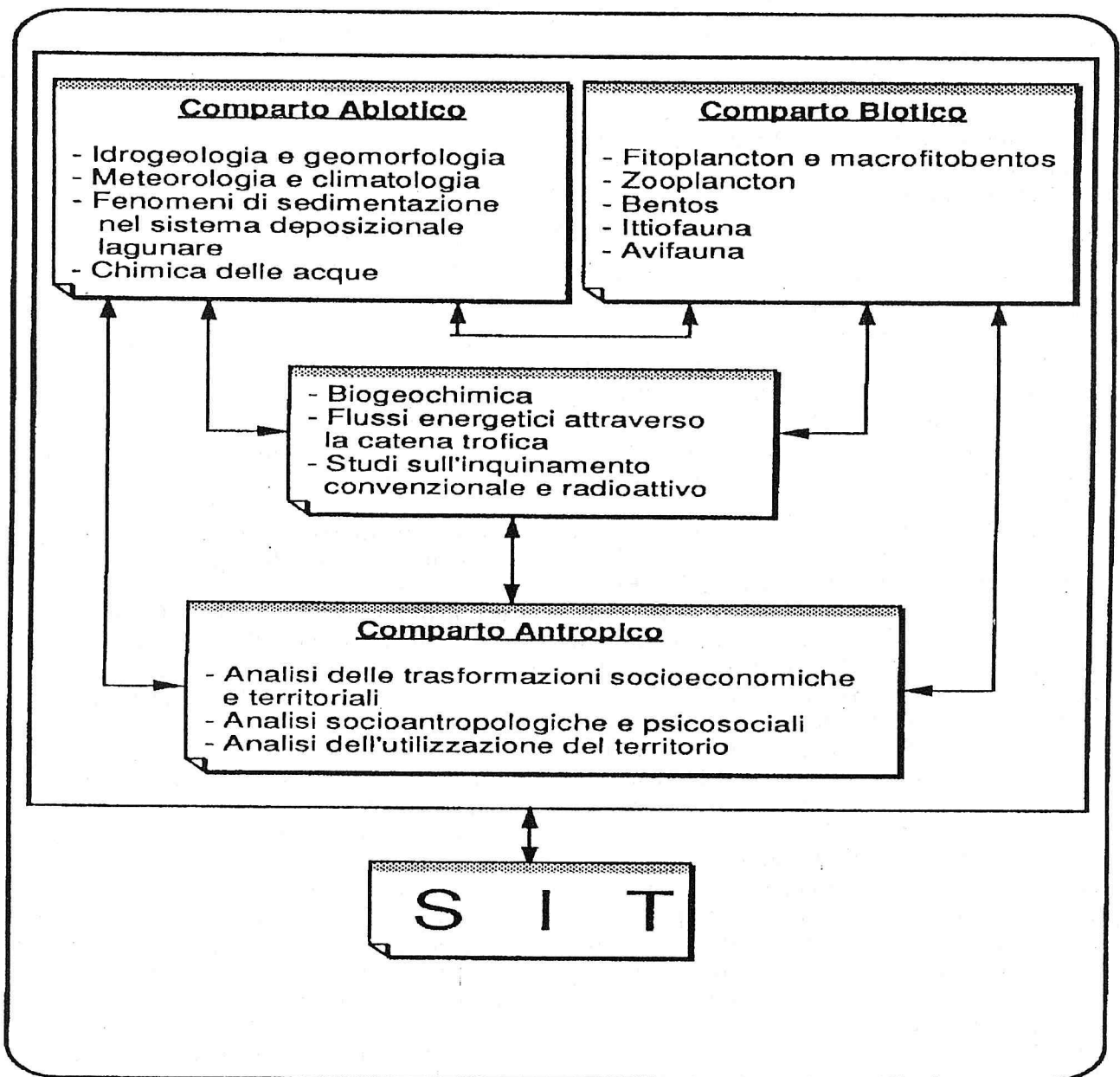
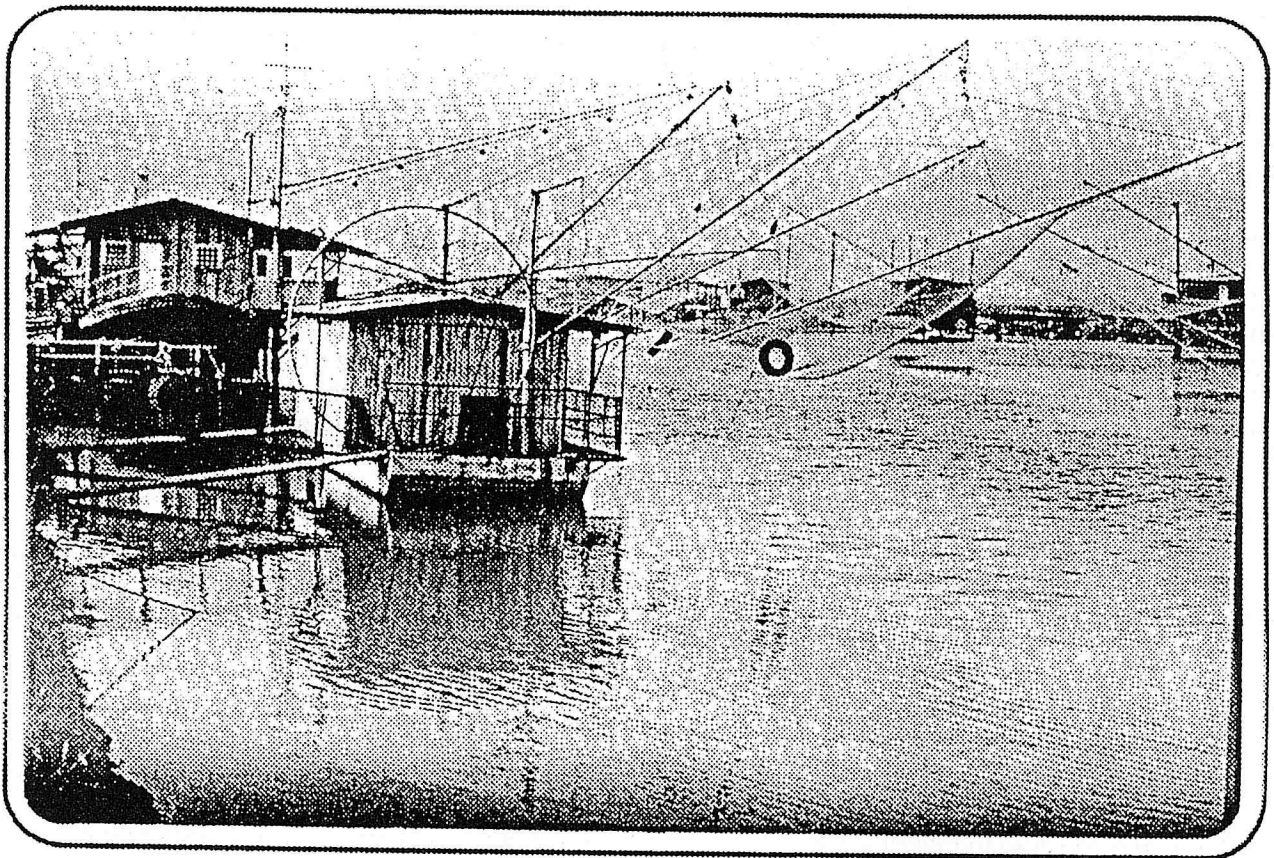


Fig. 4 - Settori di ricerca impegnati nello studio



sistema vallivo nonchè dei flussi di energia attraverso la rete trofica;

- studio sull'inquinamento del territorio per valutare le dinamiche di diffusione degli inquinanti, anche utilizzando traccianti radioattivi naturali ed artificiali presenti nel sistema per seguire alcuni fenomeni di trasferimento nell'ambiente;
- analisi delle trasformazioni socioeconomiche e territoriali per identificare schemi di relazione attendibili tra comportamenti sociali ed economici tesi alla valorizzazione delle risorse dell'area ed i conseguenti impatti, talora cumulativi, sulle caratteristiche dell'ambiente /1, 4/.

#### 4. IL SIT VALLI DI COMACCHIO

Nell'ambito del progetto in corso di svolgimento, lo strumento informatico del SIT consente di acquisire, integrandole e correlandole opportunamente, le informazioni provenienti dagli studi svolti in aree disciplinari diverse e con strumenti e metodologie differenti, rendendo possibile una conoscenza unitaria e completa dell'ambiente osservato.

Gli obiettivi attualmente definiti del SIT in studio sono:

- organizzare e gestire in modo integrato le informazioni raccolte in tutti i settori di ricerca;
- realizzare mappe tematiche relative a tutti gli aspetti del territorio presi in considerazione;
- supportare analisi statistiche relative a problemi antropici;
- sperimentare codici di calcolo per la modellizzazione del trasporto e della diffusione degli inquinanti;
- studiare e realizzare possibili applicazioni di sistema esperto.

#### 5. LE ELABORAZIONI DEL SIT DI COMACCHIO

Due categorie di elaborazioni dovranno essere supportate: le elaborazioni proprie del nucleo del SIT, realizzate direttamente e necessariamente sulla stessa macchina che ospita il sistema ed in rapporto diretto con il nucleo cartografico, e le elaborazioni esterne. Queste ultime interagiscono con i soli dati, cartografici o alfanumerici, del SIT e possono essere realizzate anche su altre macchine collegate (per scambio dati) con quella ospitante il SIT.

*Elaborazioni proprie del nucleo del sistema informatico o cartografico*

Coinvolgono dati sia di tipo cartografico che



alfanumerico e consentono l'individuazione di insiemi di punti, linee ed aree che corrispondono a determinati requisiti di tipo topologico (topologico in senso lato: intersezione, distanza, appartenenza, inclusione, ecc.) o al verificarsi di espressioni che possono coinvolgere dati alfanumerici associati agli oggetti (le aree che superano certi valori di soglia per una determinata grandezza).

Questo tipo di elaborazione consente, principalmente attraverso la produzione di mappe tematiche, sia di riconoscere oggetti esistenti che di crearne di nuovi e trova sicuramente un impiego nella ricerca e nello studio del verificarsi di situazioni particolari di impatto ambientale nel territorio.

#### *Elaborazioni esterne al nucleo del sistema informatico o cartografico*

Caratteristica delle elaborazioni esterne (che sono eseguite solo raramente) è la possibilità di svolgerle anche su macchine differenti da quella che supporta il nucleo cartografico del sistema informatico.

Grazie alla rete di connessione ENET dell'ENEA sarà infatti possibile accedere ad altre risorse di calcolo, particolarmente per i problemi che richiedono una grossa mole di calcoli.

Utilizzando la connessione per scaricare un sottoinsieme di dati cartografici o alfanumerici del SIT su un host (eventualmente completati con dati di altra provenienza), gli algoritmi di calcolo produrranno risultati, puntuali o di sintesi, pronti per essere riportati nell'ambito del DBMS del SIT.

Tipici problemi che richiedono un calcolo intensivo pesante, si parla di ore, sono quelli della modellistica idraulica ed atmosferica.

Alla prima si farà ricorso per definire un bilancio idrico complessivo delle Valli ed, eventualmente, per lo studio di situazioni critiche locali, mentre la modellistica atmosferica avrà impiego nello studio della diffusione e ricaduta di inquinanti dai poli industriali esterni all'area in esame.

Per quanto possibile si tenterà di fare uso di modelli esistenti adattati alla struttura delle Valli piuttosto che realizzare ex-novo nuovi codici.

#### *Applicazioni di sistema esperto*

Una categoria di elaborazioni a parte, sicuramente innovativa, che si intende esplorare è quella che prevede il ricorso a sistemi esperti.

Le esperienze maturate nel corso degli ultimi venti anni dimostrano che tali applicazioni sono particolarmente efficaci nell'ambito di conoscenze specifiche: in particolare, la separazione tra base di conoscenze ed elaborazione delle stesse conferisce alta flessibilità ai sistemi basati sull'uso di regole, il cui utilizzo è indicato per il raggiun-

gimento di obiettivi quali, ad esempio:

- eseguire operazioni ripetitive senza errori;
- rendere disponibili le conoscenze specialistiche in tempo utile;
- diagnosticare situazioni anomale;
- semplificare la complessità di compiti specifici consentendo una pianificazione efficace del lavoro.

Un possibile ambito di impiego di un sistema esperto è la produzione di risultati di sintesi (non puntuali quindi) nei campi del monitoraggio e dell'interpretazione dei dati e della realizzazione di modelli a regole per la descrizione dei fenomeni.

Poichè il sistema esperto incorpora la conoscenza dell'uomo non in un algoritmo sequenziale ma in una base di regole di inferenza, esso consente molto più facilmente dei programmi tradizionali di esprimere conoscenze di tipo empirico o di sintesi a diversi livelli di approfondimento.

Quanto più si approfondisce la conoscenza dei fenomeni reali, tanto più è possibile incrementare la base di regole e rendere quindi più accurata la risposta del sistema.

Il ricorso a Sistemi Esperti risulta quindi interessante per la capacità di evolversi con il progredire degli studi, passando da una conoscenza iniziale essenzialmente basata su criteri empirici, data dall'esperienza (per esempio dei gestori delle lagune), verso una conoscenza più dettagliata dei fenomeni fisici.

La flessibilità del sistema a regole, associato alla necessità di esprimere la conoscenza secondo un ben definito formalismo, rende l'approccio del sistema esperto capace di integrare i risultati ottenuti per via analitica dai diversi ambiti disciplinari.

Molto difficilmente il complesso dei fenomeni reali legati al territorio può pensarsi trattato in maniera esaustiva da modelli analitici. Eventuali zone "grigie" dell'analisi potrebbero invece essere colmate agevolmente dal sistema introducendo regole desunte dalla pura e semplice esperienza e che producano non la certezza, ma la probabilità e possibilità del verificarsi di un evento.

Non è tuttavia pensabile al momento attuale la realizzazione di un sistema esperto complessivo capace di rappresentare in sé ogni conoscenza sull'insieme dei fenomeni attinenti all'intero territorio. Si pensa piuttosto ad un sistema esperto che tratti "verticalmente" fenomeni delimitati sui quali esiste una esperienza "storica" definita.

In una fase successiva questo potrà incorporare i risultati della ricerca e diventare uno strumento "operativo" a disposizione dei gestori del territo-

rio, per effettuare:

- verifiche di tollerabilità ambientale;
- osservazione delle interazioni nell'ecosistema vallivo;
- definizione dei provvedimenti da adottare nel trattamento di sostanze originate dalla decomposizione di rifiuti o sostanze dannose.

## 6. STATO DI AVANZAMENTO DEL LAVORO E OBIETTIVI FUTURI

Le attività necessarie alla realizzazione del SIT al momento hanno coinvolto solo una parte dei settori di ricerca impegnati nello studio: la geologia, la meteorologia e la socioeconomia.

Attualmente, sono realizzate quasi completamente le attività interne all'ENEA, ossia:

- è stata eseguita la raccolta delle specifiche;
- è stata realizzata la progettazione concettuale secondo il modello relazionale dei dati;
- è stato descritto lo schema logico con le modalità E/R e definito lo schema fisico;
- sono state individuate le principali funzioni;
- sono state digitalizzate le carte topografiche più importanti;
- è stato eseguito il data entry di una parte consistente delle informazioni residenti su carta;
- è stato testato il software di interfaccia grafica;
- sono state realizzate le prime carte tematiche (la fig. 5 è una rappresentazione al terminale grafico della topografia digitalizzata della zona delle Valli, ancora incompleta).

Inoltre, sono state definite le scelte hardware e software:

- si è acquisita una stazione grafica APOLLO 3500 collegata (attualmente attraverso un PS/2 60, in futuro tramite il software multifunzione APOLLO/SNA) con la rete SNA in modo tale da poter usare le periferiche disponibili sulla rete;
- si è acquisito il DBMS relazionale ORACLE

interfacciato con il software grafico ELISA realizzato dalla ECOBIT.

Le fasi di lavoro che seguiranno nell'immediato futuro e che si pensa di realizzare all'esterno dell'ENEA sono: la messa a punto di tutte le funzioni attualmente definite ed il caricamento delle informazioni nel data base.

Uno dei problemi che si è affrontato con cura e attenzione particolari è quello di realizzare le comunicazioni di ELISA con altri sistemi grafici (per es. INTERGRAPH) al fine di consentire il trasferimento di cartografia digitalizzata da e per

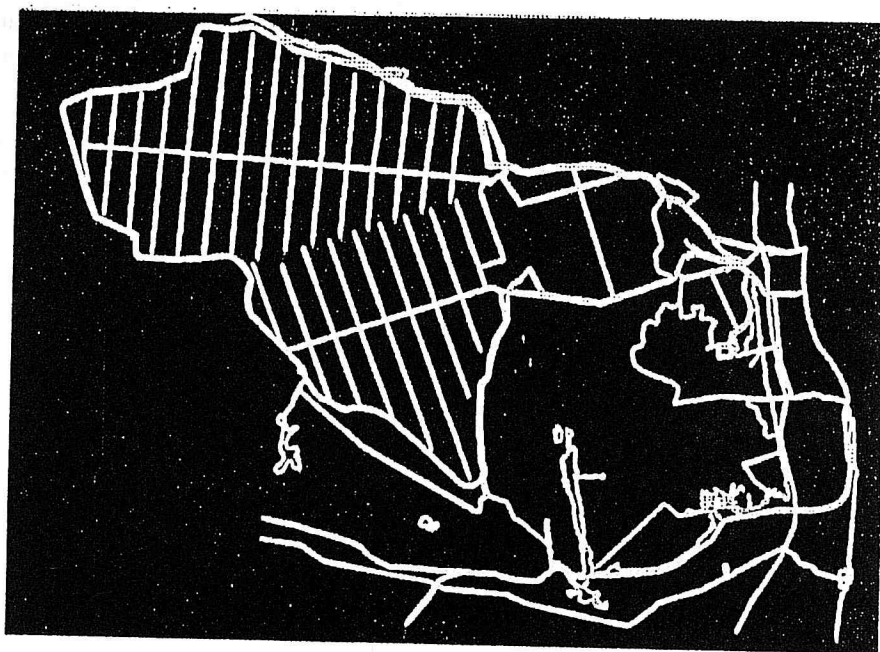


Fig. 5 - Topografia digitalizzata delle Valli

il sistema usato; inoltre, per il futuro si prevede un adeguamento agli standard internazionali per lo scambio dei dati /3, 7, 10/.

Gli obiettivi già enunciati che si stanno affrontando attualmente sono:

- la realizzazione di una interfaccia del data base con un pacchetto statistico sufficientemente potente (SAS) da consentire analisi dettagliate su questioni di competenza socioeconomica;
- la sperimentazione di codici di calcolo per la modellizzazione del trasporto e della diffusione degli inquinanti;
- la realizzazione di applicazioni di sistema esperto come supporto alla individuazione di problemi nell'ambito della gestione del territorio vallivo.

Come già detto, per questi problemi si sta prendendo in considerazione la possibilità di utilizzare risorse disponibili sulla rete SNA dell'ENEA per le quali occorrerà studiare la forma di integrazione più alta possibile con le informazioni residenti nel data base geografico. □

## Bibliografia

- /1/ AA.VV.  
*Progetto per uno studio ambientale integrato delle Valli di Comacchio*,  
ENEA, agosto 1988.
- /2/ F. Bonfatti (a cura di)  
*Elaborazione automatica dei dati geografici*,  
MASSON, Milano, anno 1988.
- /3/ A. Corradino  
*Proposta di standard per lo scambio di informazioni geografiche documentate*,  
Atti della I Conferenza/Esposizione nazionale italiana sui Sistemi informativi cartografici.  
Roma, 16-17 novembre 1989, pagg. 246, 272.
- /4/ ENEA  
*Informazioni . "Avviato il progetto per uno studio integrato delle valli di Comacchio"*  
Anno 8, n. 4, luglio-agosto 1989, pag. 2.
- /5/ G. Guarisco (a cura di)  
*Software per l'ambiente e il territorio*,  
Clup, Atti della 2a Mostra Internazionale del software per l'Ambiente e il Territorio,  
Como, ottobre 1989.
- /6/ C. Mammarella  
*SICAMB: Un Sistema Informativo integrato per la gestione e la elaborazione dei dati di tipo geometrico, cartografico ed alfanumerico*,  
ENEA RT/PAS/88/7.
- /7/ P. Secondini (a cura di)  
*La conoscenza del territorio e dell'ambiente*  
Publigrif, Milano, anno 1988.
- /8/ AA. VV.  
*Studi di impatto ambientale e giudizi di compatibilità*,  
Atti del corso di formazione in corso di pubblicazione,  
Bologna 1990.
- /9/ L. Fiorani  
*Rappresentazione ed organizzazione dei dati in un sistema geografico*,  
tesi di laurea, Università degli Studi di Bologna, anno accademico 1988/89.
- /10/ M. Sturdevant  
*The impact of the standards on the GIS industry*,  
Atti della 10a Annual Conference IASU, anno 1989.