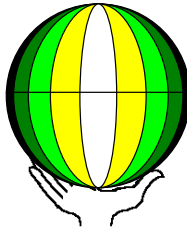


Sistemi Informativi Territoriali

*Strumenti GIS nella gestione e
pianificazione del territorio*

Carlo Schenone



“Io”, disse il piccolo principe, “possiedo un fiore che annaffio tutti i giorni. Possiedo tre vulcani dei quali spazzo il camino tutte le settimane. Perché spazzo il camino anche di quello spento. Non si sa mai. È utile ai miei vulcani, ed è utile al mio fiore che io li possedeva...” (A. De Saint-Exupéry)

A tutti quelli che "possiedono" la Terra per esserle utile.

Voglio ringraziare Orietta Pedemonte e Mariolina Besio che mi hanno dato l'occasione di mettere insieme le mie passioni per l'informatica, la topografia e la pianificazione territoriale dedicandomi alla ricerca sui Sistemi Informativi Territoriali quando questi erano agli inizi ed in Italia erano quasi del tutto sconosciuti; Robert Laurini che, accogliendomi nel suo laboratorio con estrema gentilezza e cortesia durante i miei studi per il Dottorato di Ricerca a Lione, ha saputo stimolare la mia attenzione e creatività nella ricerca; Giuliana Dettori che rileggendo le bozze ha saputo darmi ottimi consigli per renderlo più preciso e comprensibile; Paola Letardi che sposandomi forse non sapeva a cosa sarebbe andata incontro.

Carlo Schenone
Vico del fieno 5/7
16123 Genova
e-mail: carlo(@)schenone.net

1. - Introduzione

Questo libro è stato concepito principalmente come introduzione agli aspetti applicativi dei **Sistemi Informativi Territoriali**. È stato pensato per gli **studenti** delle diverse materie di differenti corsi di laurea che affrontano i temi della pianificazione geografica ma anche per i **professionisti** che affrontano questi temi nell'ambito del loro lavoro nelle discipline specifiche.

Per una agevole lettura del testo è sufficiente una conoscenza delle problematiche legate alla rappresentazione della informazione geografica, possibilmente applicata in qualcuno degli innumerevoli campi in cui viene utilizzata. Non è necessario avere una specifica competenza informatica anche se questa può essere utilizzata per veder concretizzate alcune delle soluzioni prospettate. Nel testo stesso è stato introdotto un capitolo che presenta in termini semplici i principali concetti legati alla tecnologia adottata nella realizzazione di Sistemi Informativi Territoriali. Si è cercato di evitare al massimo l'utilizzo di acronimi per rendere più scorrevole la lettura ed allo stesso tempo è presente un glossario in cui è possibile trovare una definizione dei termini tecnici presenti nel testo e nella letteratura che si riferisce ai Sistemi Informativi Territoriali.

Pur non facendo riferimento specificamente ai sistemi attualmente sul mercato, presenta gli strumenti che sono presenti in molti di essi se non in tutti. Sarà normalmente semplice trovare nei diversi sistemi in commercio il meccanismo che permette di svolgere le funzioni indicate nel testo o per lo meno l'indicazione di quali sono i moduli necessari per soddisfare le proprie aspettative.

L'intento del testo non è tanto quello di preparare degli specialisti nella realizzazione di Sistemi Informativi Territoriali quanto quello di fornire la conoscenza necessaria a comprendere quali problemi possono essere risolti utilizzando questi sistemi anche presentando alcuni esempi di applicazioni che sono già state sviluppate. Starà alla capacità e creatività del lettore adattare alla propria realtà gli esempi indicati che non si riferiscono al proprio campo di applicazione.

2. - Strumenti informatici per la pianificazione geografica

L'utilizzo di strumenti informatici nella **progettazione** e nella **gestione** di **sistemi geografici** consente di affrontare in maniera più precisa e corretta alcuni dei compiti normalmente svolti in precedenza ma anche di sviluppare nuove possibilità che non sarebbe possibile affrontare con gli strumenti tradizionali. Uno dei primi fattori innovativi è la possibilità di trattare un'area geografica, anche complessa, in maniera contestuale, integrando facilmente informazioni di origini anche molto disparate all'interno di un ragionamento geometrico o più in generale geografico.

La progettazione e gestione di sistemi geografici complessi, o di sistemi che intervengono su fenomeni legati ad aree geografiche anche complesse, possono trovare un notevole aiuto nell'uso di **Sistemi Informativi Territoriali****Error! Reference source not found.** che integrino diversi strumenti propri dell'informatica capaci di mettere insieme le informazioni territoriali nella loro globalità.

I Sistemi Informativi Territoriali, spesso abbreviati con la sigla **SIT****Error! Reference source not found.**, non sono semplicemente gli **strumenti informatici** utilizzati, ma comprendono anche i **dati**, la loro **organizzazione** e i **processi** che li utilizzano. La confusione tra i primi e i sistemi nel loro complesso spesso induce a pensare che una volta acquisiti gli strumenti informatici, cioè le macchine e i programmi, si abbia già a disposizione un sistema pronto per risolvere i problemi applicativi.

Per meglio distinguere gli strumenti prettamente informatici, tramite i quali vengono realizzati i Sistemi Informativi Territoriali, li indicheremo generalmente nel testo come **Sistemi Informatici Geografici****Error! Reference source not found.** anche se spesso nella letteratura tale distinzione viene trascurata.

Gli aspetti terminologici sono per altro controversi e spesso uno stesso termine viene utilizzato con accezioni differenti. Ciò vale non solo per la terminologia italiana ma anche per quella inglese che, come in tutti i campi dell'informatica, è quella utilizzata in ambito internazionale. Infatti il termine **GIS****Error! Reference source not found.**, che sta per **Geographical Information System****Error! Reference source not found.**, viene spesso utilizzato, magari tradotto come "Sistemi Informativi Geografici", sia per i Sistemi Informativi Territoriali che per i Sistemi Informatici Geografici, distinguendo i due casi a seconda del contesto.

2.1 Fasi della pianificazione

La **pianificazione geografica**, cioè la creazione di sistemi complessi inerenti e dipendenti fortemente dalle caratteristiche di una determinata area geografica, si distingue da altri casi di pianificazione perché deve tener conto anche degli aspetti geometrici o più in generale di relazione geografica tra i fattori coinvolti.

Pensando di introdurre strumenti informatici nel processo di pianificazione geografica, è importante tenere costantemente presente che tale pianificazione ha fasi diverse che hanno, almeno in parte, necessità diverse. In particolare, essendo tale pianificazione legata ad uno specifico ambito geografico, l'utilizzo di strumenti informatici deve considerare la complessità intrinsecamente derivante dal dover tener conto di informazioni molto eterogenee, difficilmente controllabili, interrelate in maniera complessa per evitare eccessive approssimazioni che potrebbero rendere inefficace se non dannoso il sistema che si va a concepire.

I Sistemi Informativi Territoriali, possono essere utilizzati, sia pure con metodologie diverse, in tutte le fasi della pianificazione. Deve essere chiaro però in quale fase li si intende utilizzare e con quali scopi per evitare di sprecare risorse e per utilizzarli in modo inefficace.

Redazione e gestione del piano

La prima distinzione necessaria è tra la **redazione** del piano e la sua **gestione**. Nella redazione sono necessari principalmente strumenti di **analisi** e di **aiuto alla decisione**, mentre nella gestione si incontrano soprattutto **problemi operative**. Questa seconda fase può essere nuovamente distinta in due momenti. È infatti necessario rendere operativo il piano e successivamente procedere all'aggiornamento sia del piano che dei dati, al fine di non trovarsi con un sistema datato, che nel migliore delle ipotesi risulta inefficace ma può anche diventare pericolosamente erraneo.

Gli strumenti informatici possono anche solo venire utilizzati come strumenti di studio e di analisi nella fase di progettazione e redazione del piano, senza che il sistema progettato e poi realizzato faccia uso dell'informatica. Generalmente, però, anche per le fasi successive verranno applicate tali tecnologie. Soprattutto in questo caso diventerà proficuo utilizzare strumenti informatici che realizzino, in maniera integrata, tutte le fasi della pianificazione (Figura 2.1), dalla progettazione alla gestione. Sarà quindi necessaria una fase propedeutica alla pianificazione vera e propria in cui concepire e predisporre gli strumenti secondo le necessità e caratteristiche della successiva pianificazione.

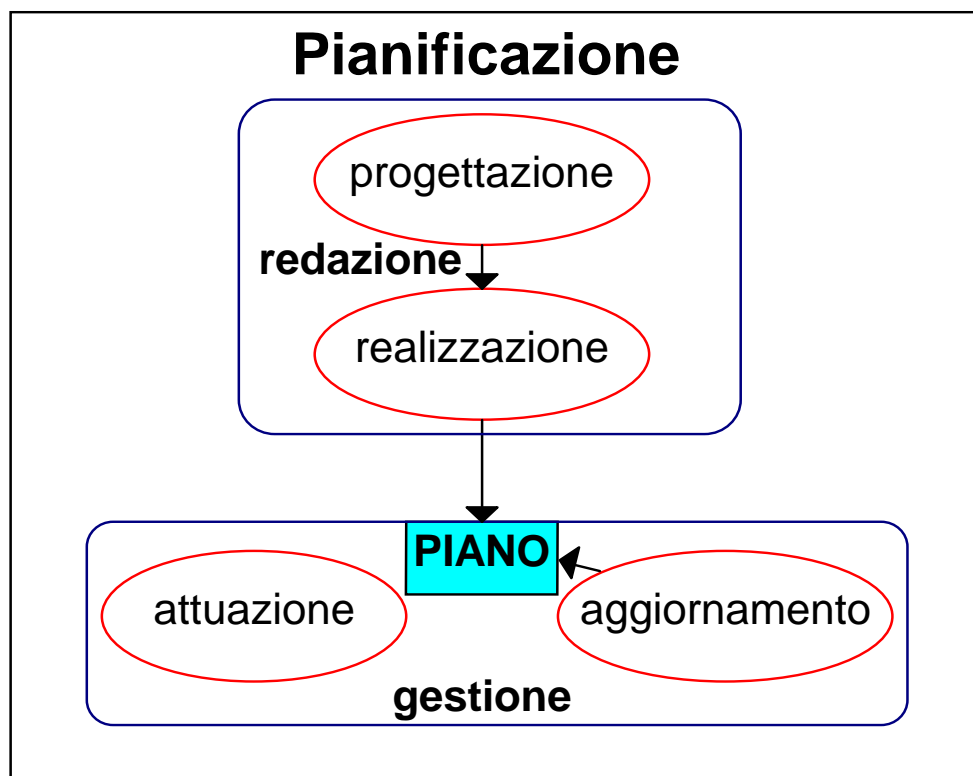


Figura 2.1 - Le fasi della pianificazione

Attuazione e aggiornamento del piano

La gestione, da una parte, deve prevedere degli strumenti che consentano di **attuare il piano** operativamente e, dall'altra, deve permettere la **revisione del piano** stesso in relazione alle nuove scelte che vengono adottate durante la fase operativa del piano in conseguenza di malfunzionamenti o più generalmente di nuove esigenze che emergono. Nella fase di gestione, inoltre, bisogna rendere semplice l'**aggiornamento dei dati**, sia che derivino dall'integrazione di dati esterni o facciano parte strutturalmente del sistema progettato.

Se i dati su cui si basa la gestione del piano divengono obsoleti, il piano rischia di diventare inefficace e il sistema che ne deriva non riesce più a dare le risposte attese. Ciò che è peggio, per altro, è che procedure corrette applicate a dati obsoleti rischiano di fornire indicazioni errate e far compiere azioni dannose e in contrasto con le aspettative della pianificazione. Diventa quindi molto importante prevedere all'interno della

gestione del piano tutto ciò che concerne l'aggiornamento dei dati su cui la gestione si basa. Dato che tale **processo di aggiornamento** può essere molto costoso, se non altro perché deve ripetersi nel tempo più volte, la progettazione del sistema frutto della pianificazione deve tenere in considerazione questa necessità fin dall'inizio.

Oltre all'aggiornamento dei dati, per far sì che il sistema continui ad essere efficace, è necessario prevedere anche tutte le necessità legate all'**adeguamento del sistema** stesso in relazione alle nuove esigenze che emergono e alle modificazioni che avvengono all'interno dell'area geografica interessata. Tali adeguamenti, oltre che per mantenere alta l'efficacia del sistema aumentando la sua potenzialità, possono rendersi necessari in seguito a **modifiche strutturali o organizzative del territorio** che devono vedere analoghe implicazioni operative all'interno del sistema.

Riassunto

La **pianificazione** di un servizio o di una produzione richiede la realizzazione e l'utilizzo di un sistema accuratamente progettato in precedenza. Ciò è ancora più vero per servizi o produzioni legati ad un'area geografica di dimensioni più o meno ampie, i quali devono tenere in considerazione problemi legati agli **aspetti geografici** che per loro natura aumentano il livello di **complessità**, coinvolgendo un gran numero di fattori estranei all'oggetto della pianificazione.

La pianificazione può essere suddivisa in varie **fasi** tra esse strettamente legate. Iniziando con la **progettazione del sistema** che andrà a concretizzare il piano, si passa poi alla sua **realizzazione**, comprendente anche la **predisposizione** degli strumenti informatici che si intende eventualmente utilizzare nella gestione del piano. Una volta realizzato il sistema, sarà necessario passare alla **gestione** del piano utilizzando tale sistema sia per quanto riguarda l'**attuazione** del piano sia per tutti gli aspetti legati all'**aggiornamento** del sistema nel suo complesso. Se gli strumenti informatici vengono utilizzati anche per la **progettazione** del piano stesso, è necessario predisporli preventivamente tenendo in conto la necessità di integrarli con quelli eventualmente utilizzati nella fase gestionale.

2.2 I tipi di piano

Per risolvere un problema complesso è necessario mettere in atto un **sistema complesso** che sia in grado di rispondere alle esigenze poste dal problema originale. Tale sistema sarà il risultato di un **processo di pianificazione** che, partendo da uno **studio analitico** del problema, progetta il sistema che in seguito verrà realizzato. Tramite il sistema, poi, il problema potrà essere risolto. Il sistema stesso può prendere il nome di piano, soprattutto se al suo interno è compresa una **parte normativa** che non realizza ma guida gli interventi futuri, magari attuati da attori esterni a chi procede alla pianificazione.

Nel caso si cerchi di risolvere problematiche legate a **fattori geografici**, il processo pianificatorio assume aspetti specifici a seconda degli ambiti di utilizzo del piano. Se generalmente gli aspetti geografici vengono presi in considerazione quasi esclusivamente nella **pianificazione territoriale ed urbanistica** (*p.e. la pianificazione edilizia, infrastrutturale o di bacino, per lo sviluppo economico o ambientale*) che è da essi intrinsecamente dipendente, non bisogna trascurare il notevole incremento di efficacia che si ottiene coinvolgendo gli aspetti geografici nella **pianificazione operativa e economica** (*p.e. di un sistema di trasporti pubblici o privati, dell'espansione di una rete di servizi o commerciale, di un impianto industriale o residenziale, di una rete di controllo allertamento e risposta ad emergenze*).

Piani territoriali e urbanistici

I **piani territoriali** **Error! Reference source not found.** e **urbanistici** **Error! Reference source not found.** derivano proprio dalla necessità di predisporre e coordinare in una visione sistemica tutto ciò che popola, utilizza e modifica un'area geografica. Sono quindi intrinsecamente legati ad aspetti geografici sia nella loro fase di predisposizione che nella loro gestione.

Anche se spesso l'uso si limita alla **redazione dei piani** territoriali o urbanistici, i Sistemi Informativi Territoriali possono essere ancora più proficuamente utilizzati sia per il loro **studio** che per la loro **gestione**. La produzione di **cartografia** dovrebbe essere considerata solo la parte finale, o meglio di interfaccia, di un processo che rappresenta il territorio in tutti i suoi aspetti e non solo in quelli grafici. Limitare l'uso dei Sistemi Informativi Territoriali alla sola produzione cartografica sfrutta molto marginalmente le potenzialità messe a disposizione da tali strumenti.

Avendo a disposizione una sufficiente e qualificata quantità di dati, la fase di **analisi e ricerca territoriale** può essere svolta già sfruttando gli **aspetti geografici** sia dal punto di vista **statistico** che **aggregativo o selettivo** (*p.e. valutando valori statistici per aree geografiche come i bacini idrografici o le circoscrizioni oppure per caratteristiche fisiche come l'altitudine o l'esposizione del versante, aggregando o selezionando le informazioni per vicinanza o per connessione a strutture geografiche*) (Figura 2.2).

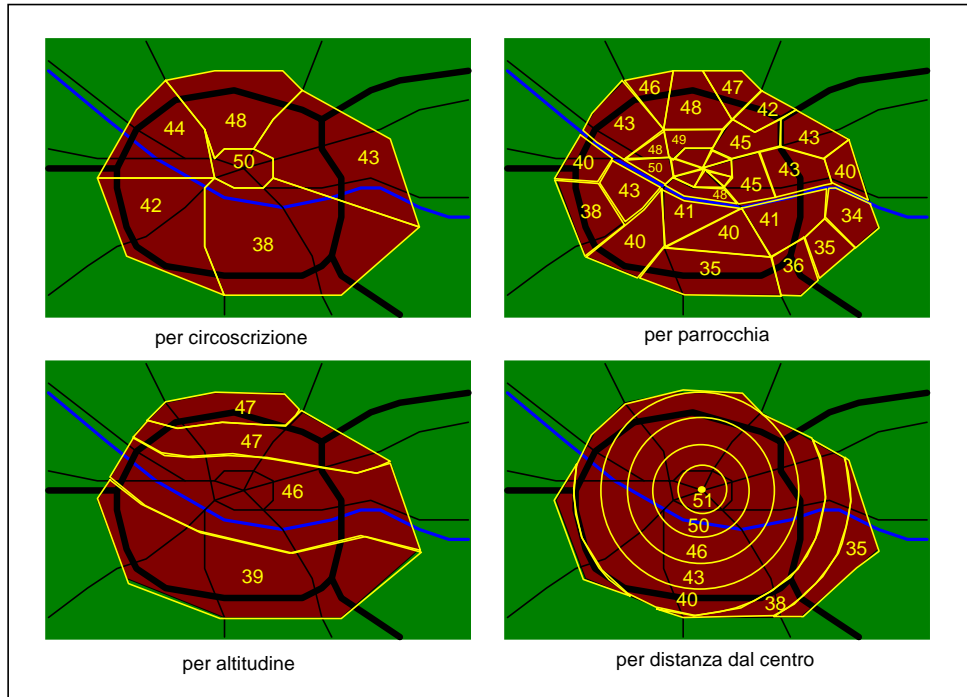


Figura 2.2 - Età media dei residenti

Le informazioni che si possono ottenere sullo stato dell'area geografica interessata saranno facilmente rappresentabili con le modalità più adatte al fine della comprensione dei fenomeni in atto (*p.e. evidenziando i punti individuati, campando le aree per classe o con gradazioni di colore, creando semplicemente delle liste degli oggetti individuati*) (Figura 2.3).

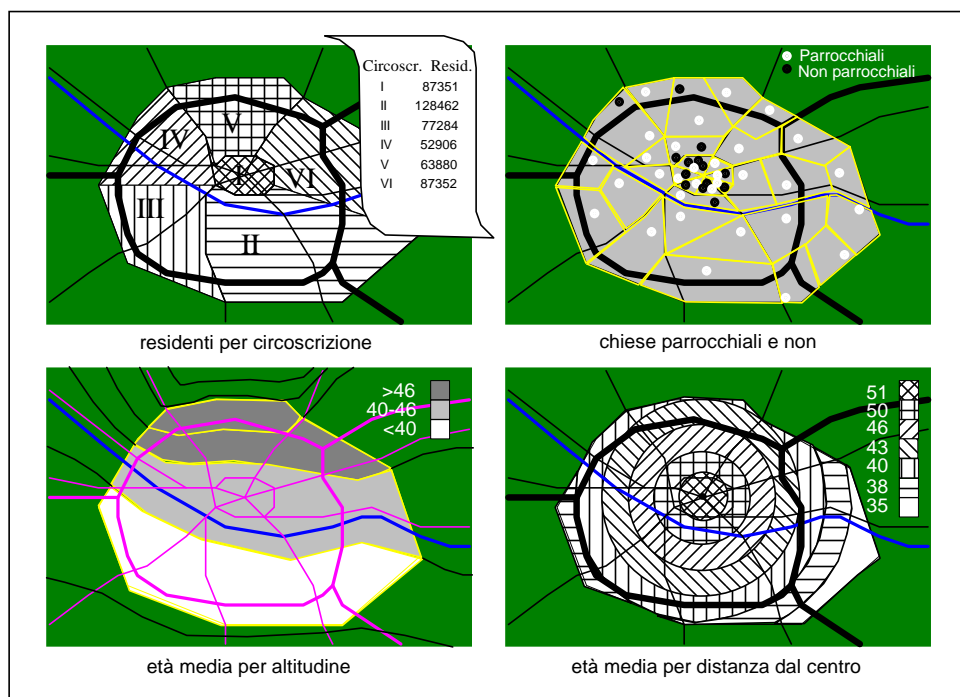


Figura 2.3 - Rappresentazioni di statistiche, aggregazioni e selezioni

Tramite i Sistemi Informativi Territoriali diventano possibili alcuni studi che, se svolti senza il loro ausilio, richiederebbero un eccessivo impiego di risorse (*p.e. per individuare l'età degli utenti potenziali di un punto di vendita per adeguare gli accessi e i prodotti in vendita, il calcolo del numero di alloggi di una zona divisi per altezza del piano e accessibilità meccanica per riconoscere la necessità di inserire nuovi mezzi di risalita collettivi*). La pianificazione diventa perciò più accurata potendo tenere in considerazione aspetti che in precedenza spesso dovevano essere necessariamente ignorati (*p.e. la localizzazione della residenza e del luogo di lavoro, l'età e il livello di istruzione, la copresenza di più destinazioni d'uso negli edifici, l'accessibilità e la congestione veicolare al momento dell'emergenza*).

Anche nella fase di **gestione del piano territoriale o urbanistico**, i Sistemi Informativi Territoriali permettono facilmente di verificare che gli interventi in progetto siano compatibili col piano o i piani che insistono sul territorio (*p.e. il Piano Regolatore Generale, il Piano di Bacino, il Piano Territoriale di Coordinamento Produttivo, il Piano delle Cave*). Se per di più il sistema è integrato in una procedura che prevede l'utilizzo di strumenti informatici anche da parte degli attori esterni che intendono intervenire sul territorio, alcune verifiche, che altrimenti richiederebbero un notevole

impiego di risorse e di tempo, diventano praticamente immediate (*p.e. prevedere che le richieste di autorizzazione edilizia siano corredate dal progetto in formato digitale standardizzato inseribile direttamente nel Sistema Informativo Territoriale permette di svolgere, in maniera semi automatica, alcuni controlli come le distanze minime, l'adeguatezza geologica, il rispetto degli standard urbanistici*). Inoltre usando questi strumenti si rende agevole l'aggiornamento del piano relativamente alle modifiche pianificatorie che vengono decise durante il suo tempo di validità. Se il sistema realizzato è correttamente concepito in maniera da rendere facile l'aggiornamento dei dati descrittivi dello stato del territorio, risulta semplice verificare se una modifica al piano è coerente alle precedenti scelte (*p.e. se continua ad assicurare il rispetto degli standard urbanistici o se nuovi insediamenti rendono inadeguate le infrastrutture presenti*); in ogni caso diventa rapido ottenere un immediato adeguamento della rappresentazione del piano che potrà essere prodotta costantemente aggiornata (*p.e. integrando nella cartografia prodotta tutte le varianti al piano adottate fino a quel momento*).

Avendo a disposizione degli strumenti che consentono un aggiornamento dinamico delle informazioni di base, diventa consequenziale avere un aggiornamento del piano all'evolvere del territorio stesso (Figura 2.4). Tale aggiornamento dovrebbe far sì che la realizzazione dei progetti e l'evoluzione naturale, intrinsecamente non pianificabile, abbiano riscontro ed influenza sulla compatibilità degli interventi successivi. Questa possibilità consente un processo pianificatorio non più statico, ma in evoluzione dinamica, che si adatta all'evolvere del territorio stesso.

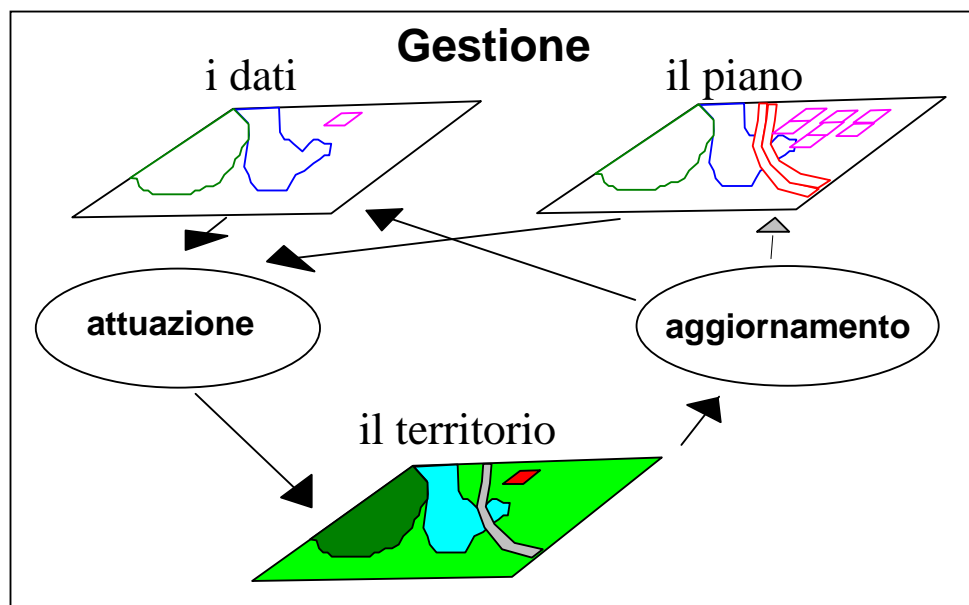


Figura 2.4 - L'evoluzione dei piani territoriali

Rispettando la natura della pianificazione territoriale, si può arrivare a definire una normativa che consenta una **pianificazione dinamica** (p.e. definendo una zonizzazione per aree molto ampie in cui indicare alcune soglie massime per quanto riguarda delle tipologie di intervento e lasciando all'evolvere dell'iniziativa degli operatori di stabilire quali saranno gli interventi che potranno essere effettivamente realizzati). Questo approccio lascia maggiore libertà all'iniziativa dei singoli e permette una migliore rispondenza alle necessità comuni sia nei numeri che nei tempi (p.e. se si decide che in un intero quartiere è possibile aggiungere solo una limitata volumetria residenziale, potranno ricevere l'autorizzazione solo gli operatori che più rapidamente sapranno soddisfare tale esigenza).

Piani operativi

Se i piani urbanistici e territoriali sono evidentemente di tipo normativo, per cui la gestione si riconduce principalmente alla verifica della congruità tra piano e interventi, i piani operativi **Error! Reference source not found.** coinvolgono maggiormente aspetti **organizzativi** e **logistici** (p.e. nella gestione di strutture commerciali con un elevato numero di punti vendita, di servizi di trasporto di persone o cose, di servizi di risposta all'emergenza).

La fase che porta alla realizzazione del sistema avrà caratteristiche simili alla precedente pur richiedendo uno studio minore della realtà territoriale e quindi un minore supporto alle decisioni su base geografica nella fase di pianificazione. Ciò che cambia maggiormente è la fase di **gestione del piano**. Il sistema che viene realizzato dovrà svolgere dei compiti specificamente operativi **coordinando e attuando interventi** sul territorio interessato che possono essere di tipo diverso (*p.e. predisponendo turnazioni che considerino più sedi di lavoro, controllando la semaforizzazione del traffico, allertando i soccorritori più vicini al luogo di intervento*).

In questo caso i **Sistemi Informativi Territoriali** assumono una struttura molto simile ai normali Sistemi Informativi aziendali, aggiungendo però a questi tutte le potenzialità fornite dalla **georeferenziazione** delle informazioni. Molte volte i Sistemi Informativi Territoriali vanno proprio ad affiancarsi ed integrarsi con i preesistenti Sistemi Informativi evitando ridondanze e sprechi. Tale integrazione di sistemi, proprio perché va ad aggiungere al precedente sistema potenzialità legate agli aspetti geografici, generalmente porta anche ad una riorganizzazione del sistema stesso in forma maggiormente distribuita sul territorio, almeno per quanto riguarda i punti terminali.

Piani economici

In alcuni casi, però, gli aspetti geografici interessano quasi esclusivamente nel supporto alle decisioni economiche senza avere specifiche implicazioni operative o normative. In questi **piani economici** le informazioni a disposizione vengono utilizzate nello studio di **scelte aziendali strategiche** senza che sia prevista in seguito una particolare fase di gestione di tali scelte, se non la completa attuazione delle scelte compiute, eventualmente per fasi successive (*p.e. nella decisione dei nuovi punti vendita o degli immobili da realizzare o acquisire, nell'allocazione delle risorse aziendali umane e materiali a seconda della priorità delle missioni da compiere, nell'individuazione delle aree in cui investire risorse pubblicitarie*).

In questi casi, i Sistemi Informativi Territoriali vengono utilizzati soprattutto come **strumenti di studio** che consentono precise analisi della situazione territoriale esistente. Avviene per altro che a volte, completata la realizzazione del piano, si continui ad utilizzarli come **strumento di verifica** del piano stesso, soprattutto se è previsto che questo sia portato a termine in fasi successive, proprio per poter correggere a seconda dei risultati iniziali il piano precedentemente predisposto.

Riassunto

Le questioni soggette ad una **pianificazione** che coinvolga anche aspetti geografici possono essere di genere molto diverso. In conseguenza, anche i **tipi di piano** realizzabili hanno caratteristiche distinguibili che li differenziano tra loro. A seconda del

tipo di pianificazione in cui sono coinvolti, anche i Sistemi Informativi Territoriali hanno caratteristiche diverse per **tipo di utilizzo** e per **tipo di strumenti** in essi integrati.

Mentre la **pianificazione operativa** utilizza le informazioni geografiche per meglio risolvere problemi creati dal dover intervenire costantemente su un territorio, la **pianificazione economica** le usa nel prendere più correttamente decisioni strategiche all'interno di una organizzazione economica. La **pianificazione territoriale ed urbanistica**, infine, si interessano più in generale della supervisione dell'area geografica a cui si riferiscono le informazioni trattate. Sia nella pianificazione operativa che in quella economica il territorio è visto come qualcosa di esterno, nel primo caso quasi come un ostacolo alla propria opera e nel secondo caso come un risorsa da sfruttare, mentre la pianificazione territoriale ed urbanistica lo vedono come scopo della loro azione, soggetto e non semplice oggetto del loro interesse.

Se la pianificazione economica sfrutta i Sistemi Informativi Territoriali soprattutto nella fase di progettazione e realizzazione e la pianificazione operativa soprattutto nella fase di gestione, nella pianificazione territoriale ed urbanistica entrambe le fasi possono trarre un notevole vantaggio dal loro utilizzo.

2.3 I dati e le elaborazioni

Le **informazioni** utilizzate sia nella realizzazione che nella gestione del piano potranno già essere **a disposizione**, all'interno di altri sistemi non necessariamente informatizzati, potranno essere **acquistati** dall'esterno in forme più o meno aggregate o sarà possibile acquisirle **per rilevamento diretto**.

Nell'introduzione di sistemi informatici per la gestione di sistemi informativi attualmente non automatizzati, è necessario individuare i dati disponibili e le elaborazioni che si intendono ottenere prima di giungere alle scelte più propriamente operative. Una possibile tentazione potrebbe essere di accumulare una massa enorme di dati, quanti più se ne trovano. Per evitare la frustrazione delle aspettative, è necessario però avere una scala delle priorità che tenga conto delle disponibilità di risorse, in modo da giungere almeno a risultati parziali senza per altro escludere sviluppi successivi (*p.e. sviluppando solo una prima applicazione per cui però si acquisiscono i dati di interesse anche per quelle parti che verranno utilizzati in applicazioni future oppure sviluppando solo le applicazioni per cui si hanno già a disposizione i dati*). Se non si ha tale attenzione si rischia un notevole spreco di risorse per l'acquisizione di dati inutili e allo stesso tempo si rischia di accumulare una tale massa di informazioni, la maggior parte delle quali molto limitatamente utilizzabili, da non riuscire più a gestirle tutte contemporaneamente.

I dati possono poi essere reperiti in formati diversi. Se i dati alfanumerici possono normalmente essere acquisiti in formati trasformabili al fine di ricondurli tutti ad un unico metodo di rappresentazione, i dati geografici hanno una variabilità di rappresentazione che può a volte condurre a situazioni in cui si hanno a disposizione i dati ma non gli

strumenti per utilizzarli e manipolarli. La primaria distinzione è tra dati vettoriali e raster. Quando viene adottata la **rappresentazione vettoriale** **Error! Reference source not found.** la descrizione delle informazioni geografiche si basa sulle loro caratteristiche geometriche descritte nei termini di figure geometriche come punti, linee o aree. Nel caso in cui venga adottata la **rappresentazione raster** **Error! Reference source not found.** (che in tedesco significa *griglia* e per estensione *schermo televisivo*) invece l'informazione è più legata ad aspetti pittorici: lo spazio viene rappresentato come una immagine costituita da elementi minimi ai quali è associato un valore che vale per tutta l'area coperta da tali elementi. Generalmente, però, alla base di un Sistemi Informativi Territoriali è necessario porre una rappresentazione vettoriale tramite la quale è possibile, con una minore occupazione di spazio, gestire informazioni anche molto strutturate. Le informazioni di tipo raster possono poi essere integrate alla base vettoriale per aumentare il valore semantico dei dati disponibili, generalmente in relazione a specifiche applicazioni che siano in grado di estrarre dai risultati ottenuti tramite elaborazione dei dati raster altri dati riconducibile alla rappresentazione vettoriale tramite un processo di astrazione ed aggregazione.

Oltre alle due rappresentazioni prima viste, la **rappresentazione a griglia** **Error! Reference source not found.** permette in alcune applicazioni di semplificare l'elaborazione vettoriale pur conservando la possibilità di trattare con maggiore precisione informazioni puntuali.

Lo studio dell'**organizzazione dei dati** all'interno dei Sistemi Informativi Territoriali deve tenere anche conto delle relazioni geografiche tra i dati. Come tutti i sistemi informativi, anche quelli territoriali richiedono una accurata **strutturazione dei dati** che consenta facilmente e proficuamente di utilizzare, o sviluppare se non ancora disponibili, le applicazioni che soddisfano le richieste.

Per quanto riguarda i **risultati della pianificazione**, sarà possibile avere sia semplicemente materiali quali carte o dati variamente aggregati (*p.e. le carte di zonizzazione o geomorfologiche, la lista dei terreni passibili di espropriazione*), sia sistemi complessi per la gestione del piano (*p.e. per la gestione delle concessioni edilizie o per il controllo del traffico*), che a loro volta potranno produrre materiali esportabili. Riguardo ai materiali che è possibile ottenere, poi, bisogna considerare sia la produzione di materiale normalmente in forma cartacea, che ha canali di produzione e distribuzione attualmente più abituali, sia prodotti su altri supporti, in particolare quelli informatizzati, che sempre di più saranno utilizzabili e richiesti quanto più entreranno in uso e nella produzione gli strumenti adatti alla loro manipolazione (*p.e. Piano Regolatore Generale in formato digitale su compact disc*).

Per gli enti territoriali, sia i dati di base che i materiali producibili, ancor più se informatizzati, possono essere un fondamentale strumento di sviluppo dei territori di propria competenza, sia per ottenere degli interventi più accurati, sia per facilitare lo sviluppo di capacità produttive. Come per altre risorse pubbliche, per esempio per le infrastrutture viarie, diventa determinante la facilità di accesso, anche economica, ad esse.

Per questo diventa ragionevole che gli enti territoriali rinuncino in buona parte al recupero economico che potrebbe derivare dalla loro vendita per consentire lo sviluppo economico e sociale del territorio da loro amministrato.

Censimenti, anagrafi, catasti e statistiche

Nella pianificazione una delle sorgenti di informazioni dovrebbero essere **dati quantitativi** che permettono di valutare le esigenze, le potenzialità e le caratteristiche del territorio. Tali dati già ora sono in buona parte informatizzati, anche se spesso non sono georeferenziati, se non in maniera simbolica e molto approssimativa (*p.e. per nucleo abitato, per indirizzo*).

Il processo di **georeferenziazione** **Error! Reference source not found.**, cioè l'associazione dei dati alla loro collocazione nello spazio, permette di utilizzarli in maniera integrata in contesti geografici, superando le difficoltà che spesso escludono tali dati nel processo di pianificazione e gestione del territorio (Figura 2.5).

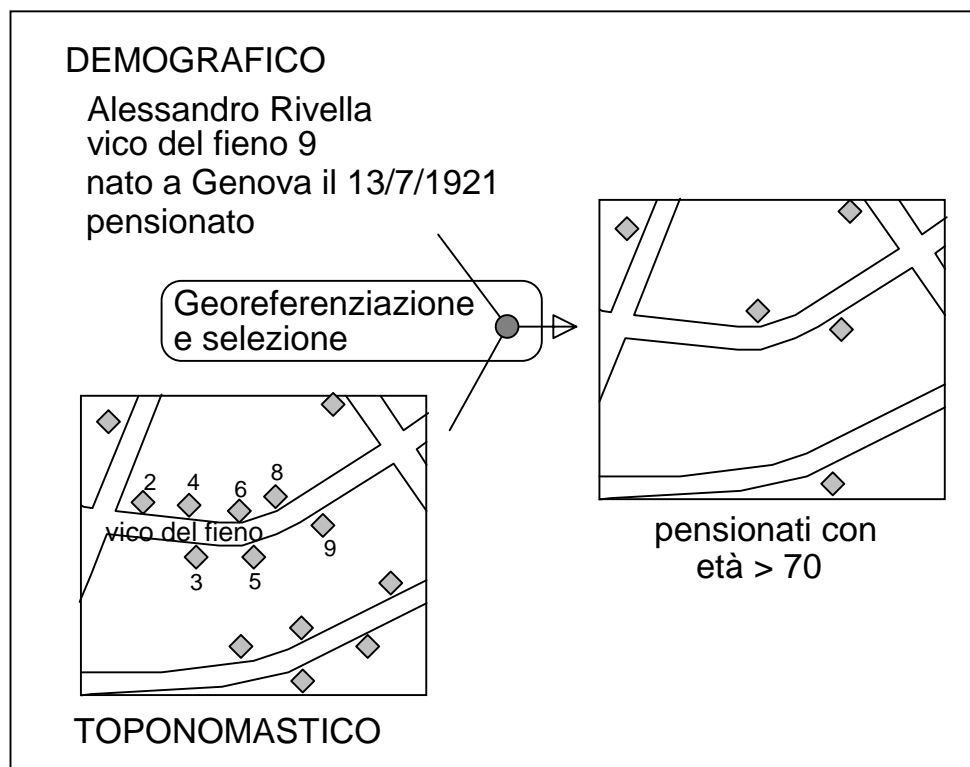


Figura 2.5 - Localizzazione di una interrogazione anagrafica

Questi dati sono quelli che necessitano di un più puntuale aggiornamento, che per altro già al momento attuale viene fatto. L'informatizzazione della loro gestione, porta ad un aggiornamento utilizzabile simultaneamente nelle applicazioni specifiche ma anche nella gestione del territorio più generale (p.e. nell'individuazione dell'aggregazione degli utenti di un servizio, per individuare le proprietà secondo le necessità e la dislocazione).

Mappe, zonizzazioni e rilevamenti a distanza o sul campo

Tra i dati di base della pianificazione ci sono sicuramente **carte e mappe** che rappresentano a varie scale il territorio in questione. Queste possono essere di tipo cartaceo, anche storiche, o già in formato digitale. Possono rappresentare dati di tipo **naturale** (p.e. la topografia o la rete idrica) o prettamente **antropiche** (p.e. strade, edifici o confini amministrativi), **zonizzazioni** (p.e. l'uso del suolo, la geologia o la vegetazione).

Altra notevole fonte di dati geografici sono i **rilevamenti** (p.e. l'uso del suolo, la geologia o la vegetazione), eseguiti per diversi motivi e che molte volte non hanno una conseguente rappresentazione in forma cartografica. Soprattutto nella progettazione di infrastrutture di grandi dimensioni (p.e. vie di trasporto, opere idrauliche), i rilievi effettuati sul campo rimangono chiusi nei disegni di progetto e nelle relazioni tecniche. Sorte analoga tocca ai risultati di **telerilevamenti** (p.e. l'uso del suolo, la geologia o la vegetazione), effettuati tramite fotografia aerea o immagini satellitari (p.e. applicazioni di stereorestituzione, copertura vegetale, meteorologia). Dopo una analisi visiva dell'immagine, raramente questa viene utilizzata in relazione ad altri dati, anche se spesso, soprattutto nel caso di immagini da satellite, si tratta di informazioni già in forma digitale.

All'interno dei rilevamenti possono essere considerate **immagini** fotografiche o in altra forma che riprendono il territorio da un punto di vista iconografico. Questi dati possono essere integrati in un sistema di gestione del territorio per dare agli operatori e ad altri utenti la possibilità di meglio identificare e conoscere gli oggetti e i luoghi descritti dalla base di dati geografica (p.e. associando ai monumenti una antica stampa dell'edificio o alle cabine di servizio una fotografia dell'accesso). Similmente, altri documenti frutto di rilevazioni, come **relazioni scritte** o **progetti esecutivi**, possono svolgere questo compito, fornendo informazioni supplementari (p.e. l'atto di acquisto o di acquisizione degli edifici di proprietà pubblica, i disegni delle opere idriche dislocate lungo i corsi d'acqua).

Le regole

I fenomeni che insistono su una data area geografica seguono **regole** implicite o imposte, siano esse **criteri di funzionamento** di alcuni sistemi naturali o umani o

direttamente **leggi e regolamenti** che vengono stabilite come normative generali o specifiche.

L'evoluzione di un territorio viene regolata, necessariamente, da un corpo legislativo che determina **vincoli, possibilità e categorizzazioni** in genere. A questa normativa si aggiunge, e almeno in parte da essa deriva, tutta la regolamentazione collegata (p.e. alle zonizzazioni della pianificazione territoriale a cui dà significato, ai transiti ed accessi dei percorsi, agli orari di utilizzo).

C'è quindi un insieme di norme che legano aspetti **naturali** (p.e. distanze da corsi d'acqua), **antropici** (p.e. destinazione d'uso di aree ed edifici, densità degli insediamenti produttivi e commerciali), **economici** (p.e. contributi per lo sviluppo) e di altri generi ancora, che sono legati sia agli oggetti della pianificazione, sia più in generale ad aspetti geografici. Nello studio del piano, ma anche nella sua gestione, avendo la possibilità di verificare automaticamente o dinamicamente la congruenza delle scelte con la normativa, tutto il corpo giuridico diventa un'importante sorgente di informazioni da utilizzare nella pianificazione assistita da calcolatore.

Ugualmente importanti risultano essere, soprattutto nella pianificazione operativa e nella simulazione legata alla pianificazione territoriale, le **regole di funzionamento** dei sistemi agenti su un territorio (p.e. gli orari dei treni transitanti per le stazioni presenti nell'area) o più in generale dei sistemi naturali (p.e. la funzione di evoluzione della piena di un fiume in un suo punto relativamente alle precipitazioni nella zona e al valore della piena in un punto precedente) (Figura 2.6).

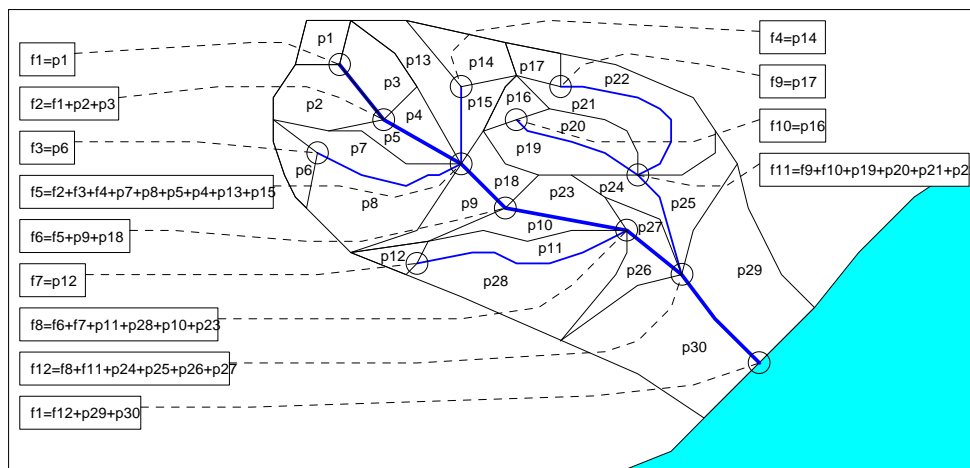


Figura 2.6 - Regole di evoluzione del deflusso

L'integrazione dei dati e dei sistemi

Uno dei problemi principali deriva dal fatto che i **dati** sono posseduti ed aggiornati da enti diversi. Per poterli **integrare** in un unico sistema si può scegliere tra alcune alternative. Quella che inizialmente sembra la più semplice è quella di acquisire tali dati dai fornitori a cadenza periodica su supporto informatizzato con una frequenza sufficiente a non farli risultare eccessivamente obsoleti (Figura 2.7). Tale scelta può risultare praticabile con dati che non cambino troppo frequentemente: disponendo di applicazioni di conversione standard è possibile rendere sufficientemente semplice il processo di aggiornamento anche se aumentando il numero di fornitori aumenta il numero di applicazioni di conversione da sviluppare. Il vantaggio di questa scelta è che ci si può più facilmente slegare dal fornitore dei dati, sempre che ne esista più di uno. Una seconda possibilità è quella di creare un collegamento stabile col fornitore in modo da recuperare i dati di interesse al momento in cui servono (Figura 2.8). Ciò richiede una migliore organizzazione anche del fornitore che consenta di fornire singole informazioni su richiesta diretta dell'utilizzatore. La connessione può essere più o meno diretta. Ciò richiede però di prevedere una modalità di reperimento delle informazioni differente per ogni dato recuperato da un fornitore diverso come per il caso visto in precedenza.

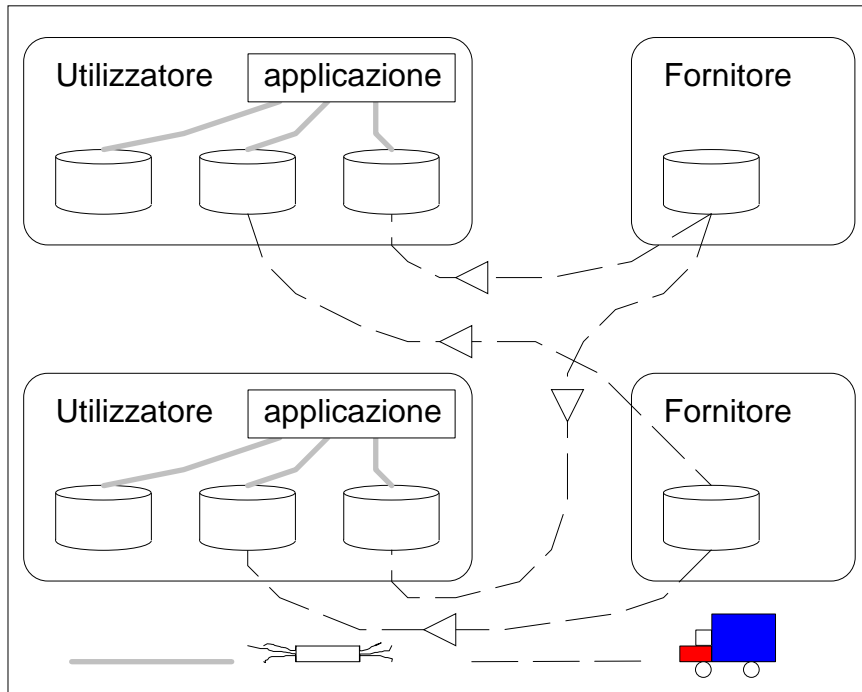


Figura 2.7 - Scambio di archivi

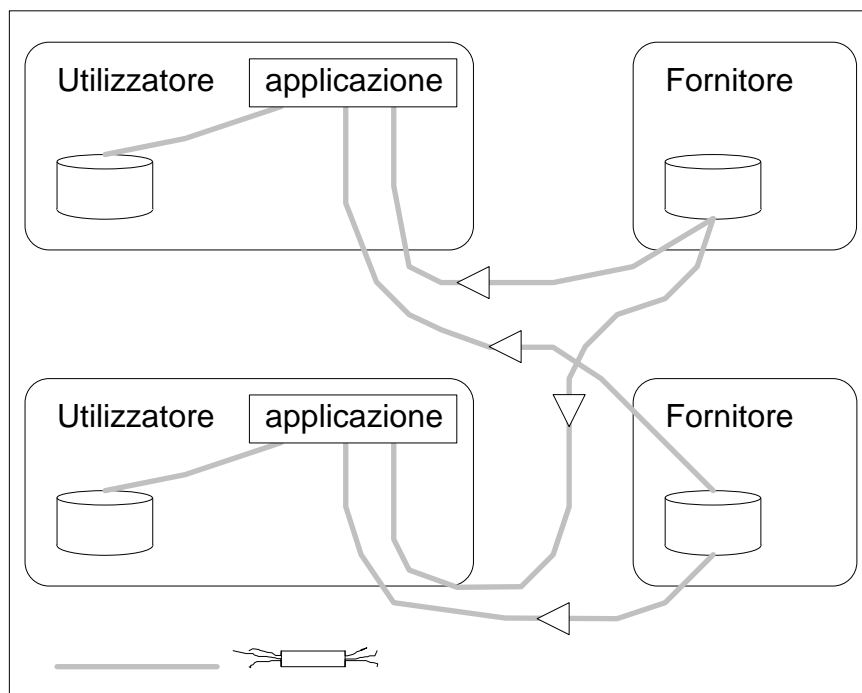


Figura 2.8 - Scambio di singole informazioni

Un terzo approccio si basa sull'ipotesi di poter avere a disposizione del pubblico uno o più servizi che si interessino di recuperare i dati provenienti da fonti diverse, li conservino in maniera strutturata e li mettano a disposizione dei propri utenti con una interfaccia omogenea (Figura 2.9). Tale servizio può essere svolto da enti privati o pubblici, anche se l'importanza della disponibilità di dati per lo sviluppo di un territorio fa auspicare che anche gli enti territoriali arrivino a fornire tale servizio ad un prezzo facilmente accessibile, almeno per i dati maggiormente diffusi ed utilizzati.

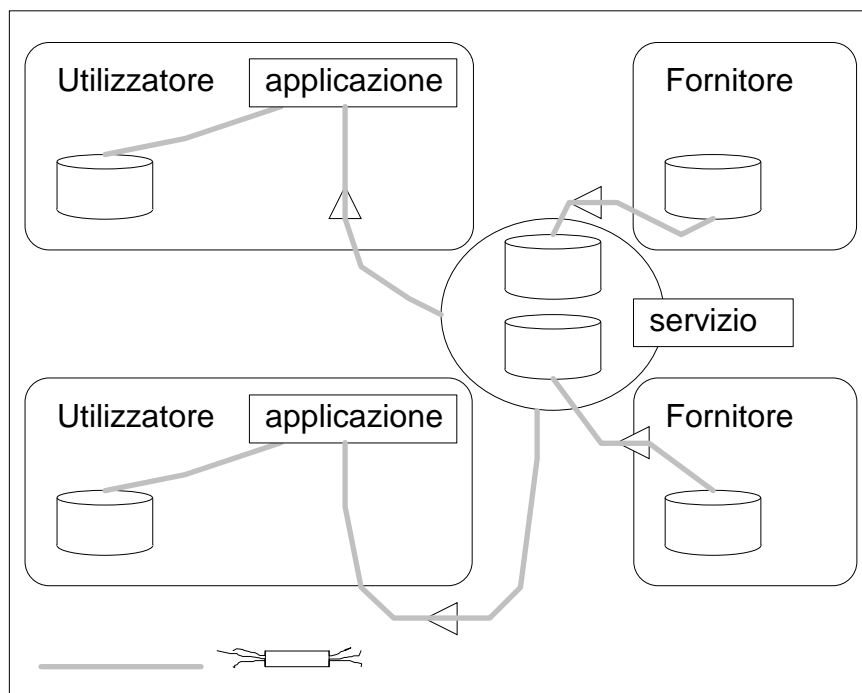


Figura 2.9 - Scambio tramite servizio al pubblico

I prodotti della pianificazione

Ovviamente informazioni di vario tipo potranno essere prodotte dai Sistemi Informativi Territoriali in **formati tabellari o grafici** (p.e. cartine o planimetrie) per successivi utilizzi, soprattutto nei casi in cui la pianificazione sia di tipo operativo. È così possibile realizzare strumenti di lavoro molto efficaci da consegnare agli operatori, utili soprattutto per coloro che devono intervenire direttamente sul luogo (p.e. nella pianificazione geografica le carte delle zonizzazioni o nella gestione di una rete di trasporti le tabelle degli orari di uscita e transito dei singoli mezzi).

Il risultato della pianificazione che più conta, però, è l'insieme delle informazioni strutturate in una **base di dati geografica**. Tramite gli strumenti messi a disposizione dai **Sistemi Informatici Geografici** è possibile estrarre interattivamente informazioni che consentono un controllo del territorio a volte migliore che con la presenza diretta sul posto: la quantità di informazioni a disposizione è molto più ampia sia dal punto di vista quantitativo che di relazione ed anche qualitativamente il livello è notevole, soprattutto se le informazioni sono correttamente aggiornate. Ovviamente manca la possibilità di ispezione diretta alla ricerca di nuove

informazioni, ma, soprattutto se la base di dati è molto ricca, buona parte delle informazioni richieste può essere ricercata nel sistema stesso, come dato grezzo oppure derivato (*p.e. per sapere il dislivello tra due punti di un sistema fognario oppure il numero di pensionati in un condominio*).

I sistemi realizzati in seguito ad una corretta pianificazione, potranno perciò limitarsi a produrre i materiali che interessano per la gestione del piano a seconda delle necessità, o più efficacemente vengono utilizzati per produrre tutto il nuovo materiale richiesto al sorgere delle esigenze di gestione. Cosa ancora più importante, per altro, è che questi sistemi possono essere utilizzati direttamente in maniera interattiva come strumenti **di studio e di supporto alle decisioni**, senza richiedere la produzione di elaborati cartacei, a condizione di avere un'interfaccia sufficientemente semplice anche per utenti esperti in altri domini.

Riassunto

È importante che fin da subito si identifichino i dati realmente utili agli scopi preposti e si studino le loro **modalità di acquisizione e aggiornamento**.

È necessario che prima di procedere all'acquisizione nelle diverse maniere dei dati si proceda allo studio della loro **strutturazione** in modo da guidare l'acquisizione secondo la struttura stabilita.

I dati utilizzabili nei vari tipi di pianificazione, poi, possono essere di tipo anche molto diverso, anche se è necessario studiare con attenzione la loro **integrazione** per poter arrivare efficacemente a dei risultati corretti.

Il principale **risultato** di una pianificazione svolta sfruttando a pieno le potenzialità dei Sistemi Informativi Territoriali è il **sistema** da realizzare per la sua gestione. Quanto più la pianificazione è stata studiata in prospettiva futura, tanto più produttivo sarà il sistema realizzato. I materiali prodotti, che potrebbero essere l'unico risultato della pianificazione, saranno a quel punto un semplice prodotto secondario del sistema che permetterà più efficacemente di gestire e controllare la pianificazione.

2.4 Le tecnologie

Molti strumenti informatici possono fornire un aiuto nella fase di **progettazione e gestione** della pianificazione di un territorio. La loro **integrazione** aumenta la potenzialità di ogni singola tecnologia permettendo di sfruttare tutte le possibilità messe a disposizione.

Nella realizzazione di sistemi per la pianificazione assistita da calcolatore sono molteplici le **tecnologie** che possono essere coinvolte. Per la raccolta, la memorizzazione e l'elaborazione dei dati possono essere fatte scelte diverse che influiscono sia sui costi di acquisto e di gestione, sia sull'efficienza di funzionamento. È perciò fondamentale che

prima di procedere all'acquisizione, anche parziale, di strumenti per la pianificazione geografica assistita da calcolatore, venga redatto un progetto del sistema che prenda in considerazione le risorse disponibili al presente ed in futuro e le necessità reali dell'Ente o dell'Azienda. In tal modo anche i primi limitati impegni potranno essere la base per l'estensione futura del sistema senza spreco di risorse o frustrazione di aspettative (Figura 2.10).

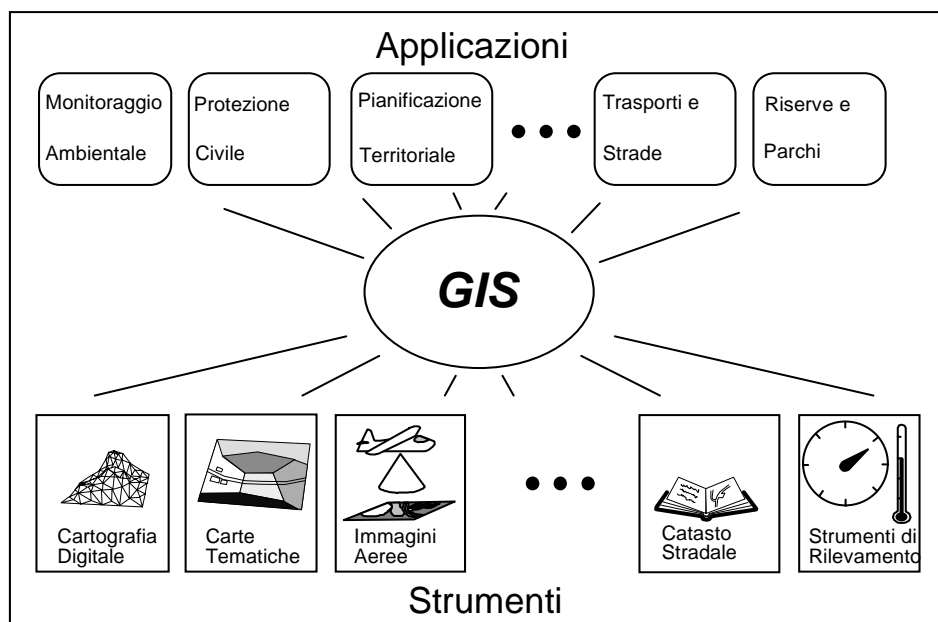


Figura 2.10 - Integrazione di dati e strumenti per diverse funzioni

Gli strumenti informatici che si intende acquisire potranno sfruttare strumenti di uso generale oppure essere sviluppate specificamente per l'utilizzo previsto. Questi due approcci hanno vantaggi e svantaggi che possono compensarsi. Lo sviluppo ad hoc di una applicazione è generalmente più costoso, richiedendo uno sforzo di sviluppo notevole che non può essere ripartito su più acquirenti dello stesso sistema, e lega strettamente il cliente al fornitore che ha sviluppato l'applicazione. L'utilizzo di strumenti di uso generale, invece, può diventare più costoso nel caso in cui lo strumento preveda molte più funzionalità di quelle richieste e di solito non riesce a soddisfare le necessità di personalizzazione, non permettendo la realizzazione di alcune funzioni o in generale richiedendo un intervento più competente da parte dell'utilizzatore anche per le funzioni più frequentemente usate.

Una valida mediazione tra i due approcci è l'utilizzo di strumenti con **funzionalità generiche** nei quali sia possibile integrare **applicazioni specifiche** sviluppate in un secondo tempo. Sempre più spesso tale possibilità viene fornita dagli strumenti di uso generale anche se lo sviluppo di personalizzazioni rimane ancora una attività prettamente specialistica. Optando per questa possibilità si evitano gli inconvenienti dei due approcci precedenti ottenendo degli **strumenti a costo contenuto**, sviluppabili ed aggiornabili in tempi abbastanza brevi da più di uno specialista, che forniscono in maniera molto semplice tutte le funzionalità richieste dall'utilizzatore.

Banche dati e basi di dati

I dati di tipo alfanumerico possono essere organizzati in **basi di dati** che consentono il loro recupero secondo criteri anche molto complessi dando risposte precise a domande molto articolate (*p.e. il numero di imprese che beneficiano di una certa agevolazione, la distribuzione della popolazione per fasce di età o censo*). Alle basi di dati si possono affiancare le **banche dati** che, pur consentendo in genere un accesso meno flessibile, permettono di recuperare ed utilizzare una notevole massa di informazioni raccolte da fonti esterne che ne curano l'aggiornamento e l'organizzazione (*p.e. la lista delle possibili sovvenzioni provenienti da enti specifici per determinati settori produttivi, i dati sulla popolazione divisi per area geografica, ma anche il corpo legislativo nazionale o le pagine gialle*).

Un utilizzo agevole di questi strumenti, spesso già attualmente impiegati negli Enti Territoriali, può consentire da un lato l'automazione di procedure in fase gestionale e dall'altro una analisi oggettiva della realtà in fase di redazione del piano.

È importante notare che vengono utilizzati sempre più frequentemente dati che non rappresentano solo la situazione attuale, cioè una immagine istantanea del territorio su cui si opera, ma che conservano memoria del passato per mezzo di sequenze temporali dei valori passati. Nella progettazione territoriale questi aspetti storici diventano fondamentali per comprendere l'evoluzione del territorio. Uno dei maggiori errori, soprattutto nella pianificazione urbana e territoriale, è di considerare un territorio come uno spazio immobile e non reattivo e di poter operare su di esso come su una scacchiera. Ciò non è ovviamente vero, e diventa evidente al momento in cui interventi pesanti portano modificazioni sostanziali in una certa area. Le inerzie determinate dalle modificazioni precedentemente in atto e le reazioni conseguenti all'intervento possono stravolgere totalmente il risultato atteso in fase di progettazione. Avendo a disposizione la traccia dell'**evoluzione nel tempo del territorio** da considerare è possibile prevedere interventi che tengano in conto ed eventualmente assecondino le evoluzioni in atto in modo da arrivare anche a sfruttare la loro energia per raggiungere gli scopi prefissati. Per tener conto degli aspetti storici, però, è necessario avere degli strumenti che prevedano la gestione del tempo nella memorizzazione, arrivando a realizzare **basi di dati spazio-temporali**.

Sistemi per il disegno tecnico e la progettazione

Gli **strumenti per il disegno tecnico**, detti anche sistemi **CAD** (**Error! Reference source not found.** (Computer Aided Design - Progettazione Assistita dal Calcolatore), sono già presenti per la realizzazione di progetti all'interno di molti Enti Territoriali o Aziende (*p.e. la progettazione di edifici, la redazione di carte tematiche, il disegno di strumenti e prodotti*), e possono diventare un potente mezzo di gestione dei piani.

Nella **pianificazione territoriale e geografica** sarebbe sufficiente richiedere che i progetti vengano presentati in maniera informatizzata. Questo fatto, oltre a rendere molto più veloce e preciso il processo autorizzativo (*p.e. per la verifica delle superfici e dei volumi dei manufatti o per la valutazione di impatto ambientale dei progetti edilizi sottoposti ad approvazione urbanistica*), induce il progettista ad usare tali strumenti informatici non solo per la presentazione dei progetti, ma anche per la loro realizzazione, con un miglioramento generalizzato della loro qualità. Usando tali strumenti, infatti, è possibile verificare molto più agevolmente la **qualità della progettazione** dal punto di vista estetico, economico o ambientale. La fase di correzione del progetto, se necessaria, viene drasticamente accelerata, consentendo un risparmio di tempo e di denaro che risulta significativo nell'economia dell'impresa.

Nella **pianificazione operativa ed economica** questi strumenti hanno attualmente una limitata diffusione proprio perché visti semplicemente come mezzi di ausilio al disegno tecnico. In effetti, però, in alcuni casi sono stati proficuamente utilizzati nella redazione di documentazione grafica e schematica (*p.e. nella descrizione dell'organizzazione aziendale e della sua ristrutturazione o nella schematizzazione dello sviluppo nel tempo di progetti complessi*). Da questo tipo di applicazione ci si è resi conto che in alcuni casi gli strumenti messi a disposizione possono essere utilizzati per lo sviluppo e la verifica di strutture organizzative e decisionali o per la pianificazione temporale.

Sistemi per il telerilevamento

Come **sistemi di telerilevamento** (**Error! Reference source not found.** vengono in genere classificati sia quelli che utilizzano reti di stazioni di rilevamento in tempo reale distribuite sul territorio, sia quelli che si basano sul rilevamento a distanza di immagini, generalmente dall'alto. Nella stessa categoria possono anche essere considerati i sistemi di rilevamento di posizione, soprattutto nel caso siano collegati in tempo reale a centrali operative.

Le **reti di rilevamento** (**Error! Reference source not found.** collegano diverse stazioni dislocate sul territorio che tramite strumentazioni diverse (*p.e. misuratori meteorologici, analizzatori dell'aria o dell'acqua, sensori di umidità o infrarossi, sonde sonore, rilevatori di presenza ma anche telecamere o microfoni*) sono in grado di eseguire autonomamente alcune elaborazioni preliminari per poi inviare al sistema di

raccolta dei dati le informazioni rilevate generalmente in forma numerica. La trasmissione delle informazioni può sfruttare diversi supporti anche organizzati in rete o tramite concentratori (*p.e. connessioni elettriche e ottiche, ponti radio analogici o digitali, reti telefoniche commutate su cavo o cellulari, comunicazioni satellitari*) che permettono di ottimizzare il costo del supporto relativamente al traffico richiesto anche combinando opportunamente i diversi supporti.

Le immagini satellitari e le foto aeree, pur presentando notevoli differenze di utilizzo derivanti dalla diversa risoluzione e costo, permettono una indagine normalmente difficile da effettuare, anche con sopralluogo diretto.

Le **immagini satellitari** **Error! Reference source not found.** vengono rilevate campionando vari intervalli dello spettro delle radiazioni (*p.e. la luce visibile, l'infrarosso e l'ultravioletto, i raggi X*) e diversi aspetti di tale spettro (*p.e. la frequenza di emissione e l'intensità*). Con l'evolvere della tecnologia si sta sempre più affinando la risoluzione di ripresa fino ad arrivare all'ordine della decina di metri in maniera da poter distinguere al suolo oggetti di dimensioni molto contenute. Le immagini arrivano dai satelliti già in formato digitale per ovvie necessità di trasmissione; è possibile quindi utilizzarle per elaborazioni numeriche senza perdita di definizione derivante dalla numerizzazione di immagini fotografiche. Molte volte sovrapponendo le informazioni derivanti da una immagine da quelle di un'immagine dello stesso luogo rilevata secondo altri criteri si può migliorare notevolmente la significatività delle informazioni reperibili (*p.e. una immagine Landsat a colori con risoluzione a terra di 30 metri, dopo adeguata correzione della proiezione, può diventare molto più precisa sovrapponendola ad una immagine SPOT in bianco e nero con risoluzione di 10 metri*).

Le **foto aeree** **Error! Reference source not found.** forniscono una risoluzione estremamente più precisa ma ovviamente ad un costo molto maggiore. È possibile ottenere le foto aeree già in formato digitale derivanti da macchine da ripresa numeriche che evitano tutte le perdite di definizione intrinseche alla trasformazione delle immagini in formato numerico. Molte volte però, come per poter utilizzare vecchie foto aeree, è necessario trasformare in formato digitale (processo di **rasterizzazione** **Error! Reference source not found.**) le immagini su supporto fotografico. Una ulteriore trasformazione permette di normalizzare le immagini in modo da eliminare le distorsioni ottiche e ripristinare le relazioni geometriche tra gli oggetti ripresi. La normalizzazione più comune produce le **ortofotocarte** **Error! Reference source not found.** che sono immagini in cui la geometria è quella di una delle proiezioni cartografiche. Le ortofotocarte, oltre che come sostituto delle carte o come loro base iconografica, sono spesso utilizzate come supporto per la rilevazione degli oggetti geografici direttamente al calcolatore senza dover più ricorrere ai fotorestitutori.

Analogamente al rilevamento per immagini è possibile sfruttare, in seguito ad una non complessa elaborazione, anche i **rilevamenti sonar** **Error! Reference source not found.** dei fondali marini.

I sistemi di rilevamento di posizioneError! Reference source not found. normalmente identificati con la sigle **GPSE**Error! Reference source not found. (*Global Positioning System*) permettono di determinare istantaneamente il punto geografico in cui si trova l'apparecchiatura. Il sistema si basa su una rete a copertura mondiale di satelliti militari geostazionari che emettono costantemente un proprio codice identificativo. Tramite un calcolo di triangolazione basato sui ritardi di rilevamento dei segnali provenienti da almeno tre satelliti i sistemi GPS sono in grado di determinare il punto geografico. A causa della parziale crittografia del segnale a scopi militari, la risoluzione è dell'ordine di alcuni metri, anche se con alcune tecniche accessorie è almeno in parte migliorabile. Uno dei problemi legati all'utilizzo di tali apparecchiature è la necessità di ricevere il segnale direttamente dai satelliti. Questo significa che anche all'aperto, in terreni molto scoscesi o in mezzo ad edifici, si possono creare situazioni di copertura che impediscono la triangolazione. Per ovviare a questi problemi sono stati studiati dei sistemi che integrano alla rilevazione da satellite il calcolo dello spostamento dall'ultimo rilevamento valido tramite sistemi inerziali. I sistemi GPS risultano molto utili autonomamente durante il rilevamento sul posto per determinare le coordinate degli oggetti ma anche per rilevare automaticamente sequenze di localizzazioni se collegati a calcolatori portatili o mobili (*p.e. per memorizzare la sequenza dei punti di una strada che si sta rilevando percorrendola o per presentare su una carta a schermo la posizione in cui il rilevatore o il mezzo su cui l'apparecchio è montato si trovano*). Se il sistema GPS è collegato (*p.e. via ponti radio o rete telefonica cellulare*) ad una stazione remota a cui invia costantemente le proprie coordinate, sarà possibile controllare costantemente la localizzazione del sistema e delle persone o dei mezzi che lo trasportano anche da lontano.

I sistemi di telerilevamento prima visti sono attualmente utilizzati sporadicamente nella pianificazione. Non per questo sono assenti dagli Enti ed Aziende interessati, soprattutto le **reti di rilevamento**. (*p.e. i sistemi di monitoraggio ambientale, di allertamento antincendio, nel controllo delle flotte di mezzi*). Anche il telerilevamento per **immagini** (*p.e. foto aeree, immagini satellitari*) viene utilizzato, ma quasi esclusivamente senza integrazione in sistemi informatici, per la redazione di carte o per lo studio di aspetti di solito legati a grandi aree.

L'integrazione di tali strumenti in sistemi informatici, facilmente realizzabile, può diventare un formidabile strumento per una gestione della pianificazione costantemente aggiornata tramite il rilevamento continuo dei dati, ma anche nella fase di studio del piano grazie ad una precisa elaborazione dei dati che da essi provengono.

Sistemi per l'elaborazione di immagini digitali

Il telerilevamento di immagini, soprattutto quelle satellitari, ha fornito una notevole quantità di informazioni di tipo numerico che, se inizialmente venivano solo sfruttate per la ricostruzione delle **immagini digitali**Error! Reference source not

found. rilevate, a poco a poco hanno dato spunto ad elaborazioni numeriche che hanno fatto emergere fenomeni significativi.

Incrociando i dati derivanti da immagini da satellite della stessa area geografica rilevate con criteri diversi (*p.e. sullo spettro della luce visibile, dell'infrarosso, dell'ultravioletto o di altri tipi di emissioni*) è possibile distinguere zone che alla semplice vista sembrerebbero uguali (*p.e. l'emissione infrarossa di una zona asfaltata e di una foresta bruciata è differente pur essendo entrambe le zone nere*). Tale elaborazione può essere fatta confrontando direttamente le diverse immagini, ma risulta più semplice attuarla sfruttando sistemi per l'elaborazione di immagini che siano in grado di evidenziare le zone che corrispondono ai parametri scelti per le diverse immagini.

Altro tipo di elaborazione, utile soprattutto per immagini con alto livello di dettaglio per quanto riguarda sia la risoluzione che i livelli dei valori rilevati, permette di riconoscere particolari **tessitureError! Reference source not found.** (spesso nominate **textureError! Reference source not found.** o **patternError! Reference source not found.**) che distinguono sottoparti particolari dell'immagine (*p.e. un campo coltivato, un certo tipo di copertura forestale, un tipologia di tetto*). Le tessiture potranno essere riconosciute discriminando, all'interno di aree ristrette di dimensioni specifiche, configurazioni particolari sulla base della distribuzione percentuale rispetto a dati valori dei punti dell'immagine (detti **pixelError! Reference source not found.** da "PICture ELeMents" cioè "elementi di immagine") oppure sulla base del riconoscimento di forme geometriche.

Tramite metodologie statistiche o adottando tecniche dell'intelligenza artificiale come le reti neurali è possibile riconoscere almeno parte delle superfici rappresentate nell'immagine, soprattutto se è già noto quello che dovrebbe essere il suo contenuto. Diventa facile evidenziare i casi che si discostano da tali aspettative anche in maniera automatica.

Tramite tecniche più sofisticate che tengano in considerazione la composizione dell'immagine, cioè la relazione tra gli oggetti pittorici identificati, è possibile giungere al **riconoscimento di oggetti geografici** ad un livello semantico più elevato.

Sistemi per il telecontrollo

Come estensione del telerilevamento, il **telecontrolloError! Reference source not found.** consente anche di attuare azioni a distanza in maniera coordinata al variare della situazione monitorata dal sistema di rilevamento (*p.e. apertura di saracinesche di sistemi di spegnimento al momento dell'individuazione di incendi, attuazione della segnaletica a messaggio variabile a seconda della situazione del traffico e dell'inquinamento atmosferico, gestione a distanza di reti tecnologiche distribuite su vasti territori*) (Figura 2.11).

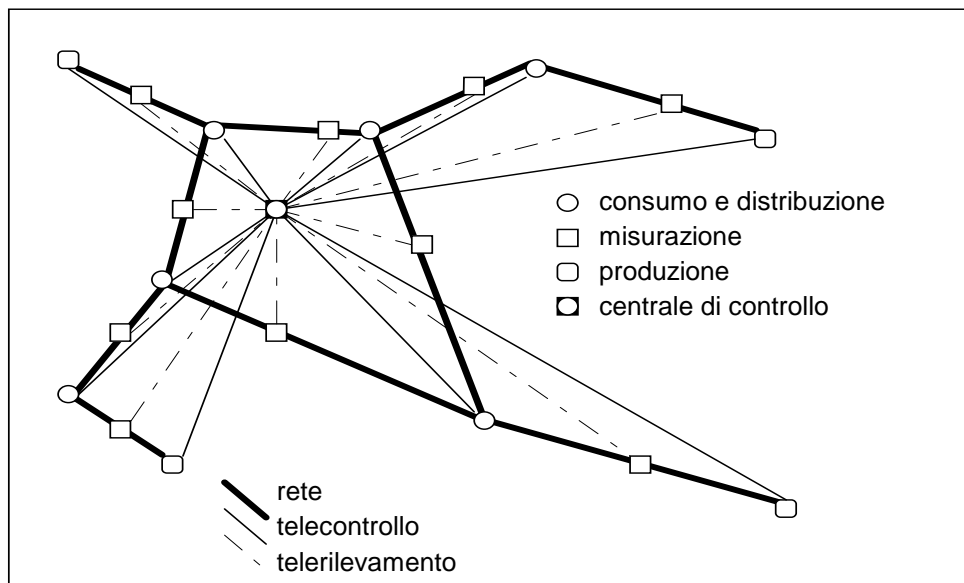


Figura 2.11 - Rete di telerilevamento e telecontrollo

L'invio dei comandi di controllo può essere attuato sia connettendo i terminali attuatori tramite linee di trasmissione dati pubbliche o dedicate sia tramite trasmissione radio. Quanto più sono efficienti tali linee di trasmissione, quanto più sofisticato è il tipo di rilevamento dei dati e la complessità dei comandi di attuazione (*p.e. dall'invio di semplici segnali di allarme a quello di immagini e dall'attivazione di interruttori a distanza alla programmazione remota di procedure di controllo di sistemi complessi*).

Sistemi Informativi Territoriali

In prima analisi i **Sistemi Informativi Territoriali** (Figura 2.12) possono essere classificati come **basi di dati geografiche**. L'integrazione della tecnologia delle basi di dati e dei sistemi per il disegno tecnico, inizialmente pensata per agevolare la progettazione assistita da calcolatore (*p.e. ottenere la lista degli oggetti inseriti nel progetto o visualizzare gli oggetti rispondenti ad una qualche condizione sui dati*), ha portato alla **georeferenziazione** dei dati. I **Sistemi Informativi Geografici**, su cui i Sistemi Informativi Territoriali si basano, hanno progressivamente esteso le proprie potenzialità per adattarsi sempre meglio alle esigenze di studio e di gestione necessarie. Dovendo associare dei valori agli oggetti geometrici rappresentati si è arrivati prima a collegare tali informazioni alla rappresentazione interna dell'oggetto geometrico ed in seguito a

studiare dei metodi di memorizzazione che permettessero di localizzare tali oggetti secondo la posizione da essi occupata nel piano o nello spazio. In tale maniera è stato possibile estendere gli operatori tramite i quali interrogare le basi di dati aggiungendo quelli relativi alle informazioni di tipo geometrico (*p.e. il totale di oggetti a una data distanza da un punto o la somma dei valori relativi ad oggetti compresi in una data zona*). Le risposte ottenute inizialmente si limitavano ad elencare i dati associati agli oggetti geometrici identificati. Successivamente i sistemi hanno permesso però anche di evidenziare graficamente gli oggetti corrispondenti ad una interrogazione fornendo una rappresentazione grafica molto più significativa.

Il passo successivo è stato quello di mettere a disposizione dell'utente gli strumenti per descrivere e manipolare **aspetti topologici**. Le relazioni tra gli oggetti non sono solo di tipo geometrico (*p.e. per grandezza di area o perimetro, per lunghezza o per altezza*) ma si riferiscono anche al collegamento spaziale, logico e funzionale tra di loro. Infatti, se in un primo tempo tali relazioni erano di tipo prettamente spaziale riguardando aspetti di adiacenza, inclusione, attraversamento e così via (*p.e. i tratti di tubatura che afferiscono ad un punto in cui si è rilevato un fenomeno o i tratti di strada che congiungono due nodi stradali e che siano di larghezza sufficiente al transito di un dato veicolo*) ci si è poi accorti che più in generale le relazioni possono essere di tipo logico o funzionale, senza necessariamente coinvolgere un riscontro di tipo fisico (*p.e. la rete dei centri dei servizi sociali e dei loro utenti o la rete dei rappresentanti di commercio, dei punti di vendita da essi serviti e dei centri di distribuzione*).

Un ulteriore passo che rende ancora più efficace la gestione territoriale, deriva dall'integrazione nel Sistema Informativo Territoriale di sistemi di **telerilevamento** **Error! Reference source not found.** e **telecontrollo** **Error! Reference source not found.** che, in tempo reale o con lievi differimenti, consentano di avere l'attivazione automatica di procedure di gestione, anche in situazioni di emergenza (*p.e. l'allertamento per il cambio di guidatore all'arrivo di un autobus in capolinea; l'allertamento automatico delle squadre di soccorso nelle vicinanze di un incendio appena riconosciuto o la regolazione automatica delle saracinesche connesse ad un sistema irriguo al variare delle richieste e delle condizioni meteorologiche rilevate*).

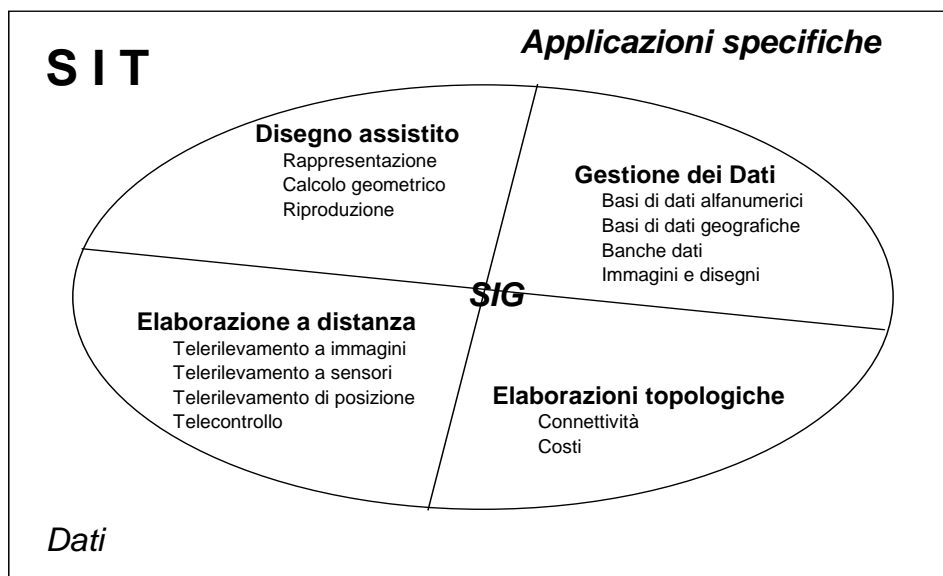


Figura 2.12 - Componenti di un Sistema Informativo Territoriale

L'integrazione di sistemi per l'**elaborazione di immagini**, soprattutto se applicati a quelle satellitari, permette di svolgere studi ed analisi per il riconoscimento di fenomeni geografici. Per alcune rilevazioni di immagini che hanno frequenze di aggiornamento elevate (*p.e. le immagini dei satelliti meteorologici*) le elaborazioni possono essere fatte automaticamente e il loro risultato venire integrato nei Sistemi Informativi Territoriali sia a fini di gestione (*p.e. per determinare la transitabilità delle strade in un sistema di controllo di flotte di automezzi*) che per l'aggiornamento dei dati geografici (*p.e. per aggiornare i dati relativi ad aspetti naturali come l'evolvere delle coltri vegetali o delle culture*).

Nella realizzazione di Sistemi Informativi Territoriali generalmente i dati vengono trattati da applicazioni specifiche che li manipolano ed elaborano per fornire le informazioni o produrre le azioni attese. Tale **approccio procedurale** **Error! Reference source not found.** in cui il sistema è costituito dai dati più le procedure informatiche che li utilizzano può essere concettualmente sostituito da un **approccio ad oggetti** **Error! Reference source not found.**. In questo caso il dato non è più una entità passiva, che può essere manipolata tramite una procedura, ma diventa qualcosa di attivo, un oggetto che ha una propria autonomia funzionale ed una propria identità (*p.e. la rappresentazione di un residente non è più solo l'insieme delle informazioni come nome, cognome, luogo e data di nascita ma è anche costituita da tutte le funzioni che un residente può lecitamente svolgere nella sua interazione con gli altri oggetti descritti nel sistema come andare a scuola o prelevare del denaro ad uno sportello bancario*).

Con questo approccio cambia la prospettiva da adottare nella predisposizione del sistema. Il sistema non è più una entità esterna alla rappresentazione, il programma, che manipola i dati che rappresentano la realtà ma è la stessa rappresentazione della realtà che "simula" l'interazione tra gli oggetti rappresentati (*p.e. nella descrizione di un residente c'è anche la funzione di iscriversi in una scuola in cui sono descritte le modifiche che vengono apportate al proprio stato come ridurre l'ammontare di denaro disponibile per pagare l'iscrizione o che vengono indotte negli oggetti con cui si interagisce come la rappresentazione della scuola che dovrà attivarsi per acquisire il denaro pagato per l'iscrizione*). Questo approccio diventa particolarmente utile nella gestione di realtà molto complesse permettendo di restringere all'oggetto e alle sue interfacce le difficoltà legate alla programmazione. In realtà più semplici, dover descrivere e distinguere oggetti diversi che potrebbero essere rappresentati in maniera semplice ed elaborati direttamente può invece aumentare l'impegno della preparazione del sistema.

I **Sistemi Informatici Geografici** possono adattarsi alle diverse esigenze di utilizzo riducendo anche i costi di acquisizione. Soprattutto in organizzazioni abbastanza ampie in cui diverse funzioni supportabili dai Sistemi Informativi Territoriali sono delegate a uffici e persone diverse, è possibile **ritagliare una configurazione** che fornisca ad utenti diversi strumentazioni diverse, ritagliate sulle loro necessità. In questo modo è possibile ridurre l'investimento di risorse e limitare il potere di intervento sul sistema alle competenze specifiche. Dato che per buona parte dell'utenza, soprattutto quella che utilizza tale strumento per il supporto alle decisioni, serve solo poter interrogare la base di dati geografica, sono stati realizzati dei sottosistemi che consentono esclusivamente l'interrogazione di Sistemi Informativi Territoriali con un'interfaccia abbastanza semplice ed intuitiva a costi contenuti. In tale maniera diventa economico disporre, all'interno dell'organizzazione, di un unico sistema che gestisca le informazioni associate a diversi altri sistemi di interrogazione a disposizione dei vari uffici interessati che le utilizzano.

Sistemi di simulazione

Avendo a disposizione una grande quantità di informazioni relative a sistemi territoriali complessi, diventa molto interessante utilizzare tali risorse di conoscenze per prevedere l'evoluzione futura del territorio o anche per avere una sua rappresentazione aggiornata simultaneamente all'evolvere della realtà territoriale rappresentata.

I **sistemi di simulazione** **Error! Reference source not found.** possono fornire un supporto in questo caso. Generalmente i Sistemi Informatici Geografici non incorporano tali strumenti, se non per specifiche funzionalità ed applicazioni, mentre strumenti generici che siano in grado di utilizzare la strutturazione dei dati già presente nei Sistemi Informativi Territoriali sono ancora in fase di sviluppo e permetteranno un più esteso utilizzo delle tecniche di simulazione, sia per lo **studio di modelli** sia per la **gestione di eventi**.

Infatti, i sistemi di simulazione si basano su due paradigmi, la simulazione continua e quella discreta, che per altro forniscono i migliori risultati nella loro integrazione.

La **simulazione continua****Error! Reference source not found.** si basa principalmente sullo studio matematico e statistico dei fenomeni considerati tramite il quale calcolare i valori di alcune quantità dipendenti al variare di altre quantità determinanti (*p.e. come varia il valore di un inquinante in un determinato punto al variare dei valori di vento e di traffico rilevati in punti limitrofi*). La metodologia delle **reti neurali****Error! Reference source not found.**, che forniscono risultati molto precisi partendo da una fase di addestramento effettuata con misurazioni storiche delle quantità dipendenti e di quelle determinanti, ultimamente ha dato un nuovo impulso a questo tipo di simulazione, spesso troppo difficile da utilizzare per trattare fenomeni e realtà molto complesse come quelli territoriali.

Ottimi risultati si possono ottenere dalla **simulazione per eventi****Error! Reference source not found.** (Figura 2.13) con la quale, oltre a sviluppare previsioni, è facile integrare sistemi di controllo e di simulazione per creare sistemi di **supporto alle decisioni** che siano in grado di simulare il futuro prossimo facendo evolvere in simulazione la rappresentazione della realtà (*p.e. ipotizzando l'interruzione di un percorso stradale e verificando come il traffico rilevato in continuo andrebbe a ridistribuirsi nelle arterie connesse*). La simulazione ad eventi si basa su una descrizione degli **oggetti attivi e passivi** che interagiscono nel territorio rappresentato i quali, interagendo, si modificano vicendevolmente al passare del tempo scandito da eventi casuali o indotti. Ad ogni evento vengono scatenate tutte le sue conseguenze nella descrizione degli oggetti messi in relazione e nella sequenza di eventi futuri e poi si passa a trattare l'evento successivo (*p.e. l'evolvere nel tempo della distribuzione delle merci di una rete di trasporti per calcolare in fase di pianificazione i tempi di consegna previsti e riconoscere i possibili miglioramenti derivanti da modifiche organizzative*).

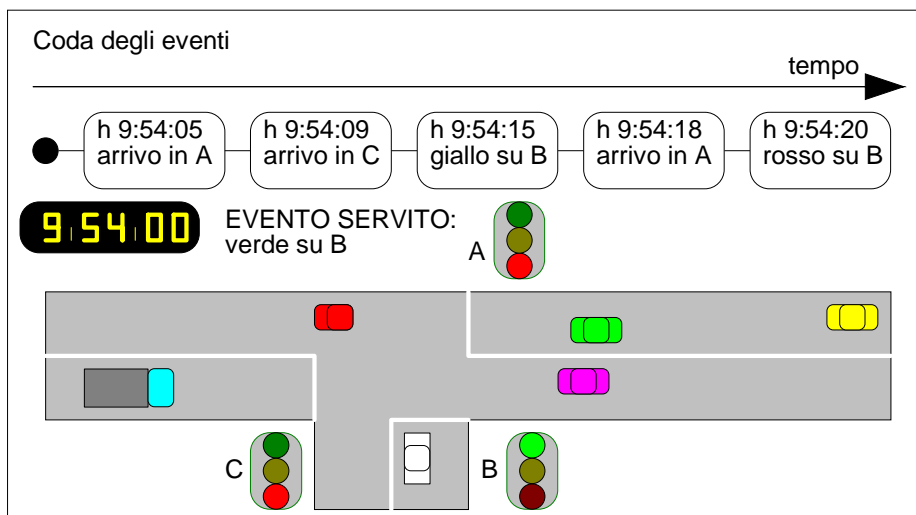


Figura 2.13 - Simulazione ad eventi di un semaforo

Generalmente i due tipi di simulazione sono integrati rappresentando alcune sottoparti del sistema simulato ad eventi per mezzo di modelli simulativi continui (*p.e. in un sistema di simulazione del traffico stradale la velocità di attraversamento di un tratto stradale da parte di un veicolo viene calcolata tramite modelli matematici derivanti dallo studio della dinamica dei flussi*).

Sistemi esperti e decisionali

Nei processi di progettazione e di gestione della pianificazione geografica, l'aspetto decisionale è molto importante. Un territorio o un servizio che su esso opera difficilmente può essere governato con procedure stabili nel tempo. Proprio per l'alto livello di evoluzione dinamica e di differenziazione di contesto, è necessario prendere un gran numero di decisioni che tengano conto di molte variabili strettamente connesse tra di loro.

Finora questo delicato **processo di decisione** non ha trovato un sufficiente supporto di strumenti che aiutassero a compiere la scelta anche solo riducendo il numero delle possibilità, escludendo quelle incompatibili secondo determinati criteri.

Come in altri campi altrettanto delicati che hanno invece trovato aiuto nei **sistemi esperti** e in generale nei **sistemi di supporto alle decisioni**, questi strumenti potrebbero semplificare l'individuazione delle soluzioni ai problemi più frequenti o più complessi. In tal caso diventa importante scegliere il formalismo per la rappresentazione della conoscenza più adatto allo scopo, sia per il tipo di conoscenza sia per il processo necessario alla

formalizzazione e al tipo di risultato atteso. Nel caso della pianificazione, sembrano essere più adatti i **sistemi a regole***Error! Reference source not found.*, soprattutto quando la conoscenza coinvolta ha prevalentemente un carattere normativo, anche per la necessità di poter verificare costantemente il processo che conduce alla decisione (*p.e. per il rilascio automatico di autorizzazioni alla edificazione secondo la normativa in vigore, per l'individuazione di zone urbane adatte a determinati insediamenti in funzione delle caratteristiche geomorfologiche ed urbanistiche*). Per la predisposizione della **base di conoscenza***Error! Reference source not found.* (Figura 2.14) è però necessario individuare un linguaggio che consenta facilmente il passaggio dalla conoscenza dell'esperto alla sua formalizzazione, possibilmente evitando l'intermediazione di un ingegnere della conoscenza, anche perché le regole che guidano le scelte devono poter essere cambiate e aggiornate facilmente proprio per l'intrinseca modificabilità della normativa.

Quando	uso:incolto e immagine:arido allora rischio_incendio può essere alto.
Quando	emergenza:incendio e non raggiungibile(oggetto,caserma) allora allerta deve essere pompieri; mezzo deve essere elicottero.
Quando	distanza(oggetto,fiume)<30 allora permesso deve essere negato.

Figura 2.14 - Elementi di una base di conoscenza

Oltre ai sistemi a regole, possono essere utilizzati sistemi basati sulle **reti neurali***Error! Reference source not found.* (altrimenti indicate come reti "neurali"), soprattutto nella pianificazione operativa che ha bisogno della velocità di risposta anche a **situazioni imprevedibili** e quindi non codificabili, più ancora che la possibilità di verificare le scelte. Questo approccio, infatti, permette di "addestrare" il sistema con casi noti e risolti, in maniera da adattare la sua risposta a seconda delle richieste tipiche, e lasciare al sistema il compito di dare risposte coerenti a tale apprendimento, anche nelle situazioni non ancora verificate e risolte. Ovviamente la correttezza delle risposte non può essere garantita, anche se spesso si raggiungono livelli molto alti di correttezza quanto più l'apprendimento è stato ampio e differenziato, ma in casi d'emergenza spesso è meglio una risposta non completamente corretta che una risposta corretta ma poco definita, soprattutto quando le possibili scelte da intraprendere sono molte e nessuna di queste è ottima (*p.e. nel riconoscimento di incendi tramite il controllo automatico di*

immagini telerilevate, nella scelta dei tempi di semaforizzazione a seconda del traffico rilevato, nel riconoscimento degli oggetti rilevati al suolo da foto aerea).

Anche se al momento attuale tali strumenti non sono ancora pienamente integrati nei Sistemi Informatici Geografici, è prevedibile che tale possibilità diventi fra non molto abbastanza comune, proprio per il sempre più frequente utilizzo in contesti decisionali complessi di Sistemi Informativi Territoriali. Questi strumenti integrati con funzionalità di supporto alle decisioni potranno curare sia gli aspetti di **gestione delle procedure usuali** (*p.e. nell'aggiornamento della base di dati geografica da foto aerea, nello svolgimento dell'iter burocratico delle autorizzazioni*), sia il **supporto alle decisioni di progetto o di emergenza** da parte dei responsabili della gestione territoriale (*p.e. nella realizzazione di cartografie tematiche basate su valutazioni qualitative o nella scelta dei mezzi di soccorso da impiegare in dipendenza dalla loro disponibilità e dalla situazione di emergenza da gestire*).

Sistemi grafici, multimediali e per la comunicazione

Anche se apparentemente non in relazione con le tematiche trattate, altre tecnologie informatiche hanno trovato e ancor più avranno impieghi nell'integrazione di sistemi evoluti di pianificazione geografica.

Già attualmente i **sistemi grafici** sono utilizzati nella realizzazione di **cartografie** che richiedono un maggior livello di elaborazione semantica ed estetica (*p.e. per la sovrapposizione di simbologie molto complesse o per realizzazioni pubblicitarie*).

Applicazioni che utilizzano **presentazioni multimediali** possono rispondere alle esigenze di integrare informazioni di natura molto diversa legate ad un territorio in maniera organica, oltre a consentire la produzione di cartografie che utilizzano criteri di lettura maggiormente efficaci rispetto alla semplice lettura sequenziale o allo zoom sui punti di interesse (*p.e. collegando alla loro rappresentazione cartografica le immagini fotografiche degli edifici e della relativa documentazione in un sistema di informazione per la vendita immobiliare oppure il suono registrato o in presa diretta e le relative analisi grafiche nelle stazioni di rilevazione di un sistema per il controllo del rumore ambientale; facendo rientrare gli oggetti geografici tra le chiavi utilizzabili e le rappresentazioni cartografiche tra le pagine raggiungibili nella navigazione di un ipertesto*).

Sfruttando le possibilità messe a disposizione dall'integrazione delle tecnologie prima viste nei Sistemi Informatici Geografici insieme a quelle derivanti dall'utilizzo di **sistemi di connessione** **Error! Reference source not found.** che sappiano utilizzare informazioni grafiche (*p.e. il World Wide Web [WWW] di Internet o altri servizi di connessione su linea telefonica*) è possibile presentare il contenuto dei Sistemi Informativi Territoriali ad un pubblico molto vasto (*p.e. per presentare la carta di una*

città con indicata la situazione del traffico aggiornata in tempo reale o per indicare la localizzazione di un oggetto di cui una rete di distribuzione sta curando la spedizione).

Riassunto

Le **tecnologie** impiegate, in parte già attualmente, nei contesti interessati alla pianificazione geografica forniscono un supporto molto più efficace se vengono integrate in sistemi che permettano di sfruttare congiuntamente le possibilità messe a disposizione dalle singole tecnologie.

Nella pianificazione territoriale sono diversi gli strumenti informatici che possono essere utilizzati proficuamente per l'automatizzazione o anche solo la semplificazione ed accelerazione del lavoro svolto. Alcuni di questi strumenti, come le **basi di dati**, sono già attualmente di uso comune in Enti ed Aziende medio-grandi ma sono spesso presenti anche in realtà piccole per la conservazione e il reperimento di informazioni necessarie allo svolgimento dell'attività.

Spesso, nei luoghi dove è richiesta la redazione di disegni tecnici, i **sistemi per il disegno tecnico (CAD -Computer Aided Design)** vengono già utilizzati, soprattutto in contesti dove diventa molto utile poter modificare frequentemente i disegni precedentemente realizzati.

I **sistemi per il controllo a distanza** (sia come rilevamento che come attuazione) di impianti fissi sono già adesso utilizzati, anche se spesso il tipo di **connessione** è molto poco flessibile e i controlli realizzati sono molto semplici. Con l'introduzione di tecnologie più flessibili ed integrabili in sistemi informatici, il controllo potrebbe raggiungere un più alto livello di automatizzazione che consentirebbe anche impieghi finora inattuabili, grazie ai tempi di risposta più ristretti, e risposte più corrette, grazie al maggior numero di informazioni utilizzabili nel rispondere. Diventa anche più facilmente praticabile il controllo di **impianti mobili** che hanno intrinsecamente una caratteristica di dinamicità spaziale difficilmente gestibile con i sistemi di controllo attuali.

Nei Sistemi Informativi Territoriali la possibilità di **elaborare immagini**, soprattutto quelle satellitari o aeree, consente sia di svolgere analisi territoriali molto significative su vaste aree sia di acquisire facilmente nuovi dati senza dover ricorrere a rilevamenti sul campo normalmente molto costosi.

I **Sistemi Informatici Geografici** attualmente sono in fase di notevole evoluzione tecnologica. Dai primi sistemi utilizzati a questo scopo, che collegavano informazioni alfanumeriche a disegni tecnici, per integrazioni successive si sta arrivando alla realizzazione di sistemi specificamente concepiti, che in maniera modulare comprendono tecnologie anche molto diverse, in relazione al tipo di applicazioni richieste dall'utente. L'integrazione delle tecnologie precedentemente indicate in un unico sistema, anche molto complesso ed articolato, fornisce un supporto che consente

di svolgere funzioni legate alla pianificazione che in precedenza non erano neppure ipotizzabili. Tale integrazione si estende col progredire delle tecnologie utilizzabili e richiede una attenzione costante alle questioni legate all'aggiornamento dei sistemi e delle informazioni da questi utilizzate.

L'applicazione della cosiddetta **Intelligenza Artificiale** alla pianificazione geografica è attualmente ancora in fase di ricerca e sviluppo ma si può prevedere una rapida diffusione di tale tecnologia nei Sistemi Informatici Geografici del prossimo futuro. Infatti uno degli aspetti più problematici di questi sistemi è quello di rendere efficace l'utilizzo della grande quantità di informazioni di tipo anche molto diverso messa da questi a disposizione. Uno dei maggiori rischi è quello di sottoutilizzare le potenzialità dei sistemi, non essendo in grado di lavorare contemporaneamente con tutti i dati recuperabili dal sistema. L'utilizzo delle diverse tecnologie messe a disposizione dall'Intelligenza Artificiale permettono, in un primo impiego, di ridurre la complessità dell'utilizzo di molti dati realizzando una prima semplificazione che permetterebbe all'utente di sfruttare anche informazioni che altrimenti verrebbero trascurate. Ad un successivo livello di impiego, gli strumenti forniti dall'Intelligenza Artificiale possono essere utilizzati nei **processi decisionali** stessi, automatizzandoli almeno parzialmente.

3. - Dalla rappresentazione cartografica alla decisione delle scelte territoriali.

L'introduzione dei sistemi informatici nella pianificazione geografica sta avvenendo in varie fasi che seguono da una parte l'evolvere della tecnologia e dall'altra la dimestichezza degli utenti che sempre più si rendono conto delle potenzialità messe a loro disposizione. Tale gradualità coinvolge sempre più campi della gestione geografica e territoriale, partendo dalla semplice rappresentazione cartografica di supporto alle scelte pianificatorie territoriali ed operative avvicinandosi sempre più al supporto delle decisioni relative alla gestione territoriale e geografica.

I Sistemi Informativi Territoriali diventano quindi degli strumenti che supportano le diverse attività legate alla pianificazione fornendo supporto ai diversi operatori coinvolti in tali attività (Figura 3.1)

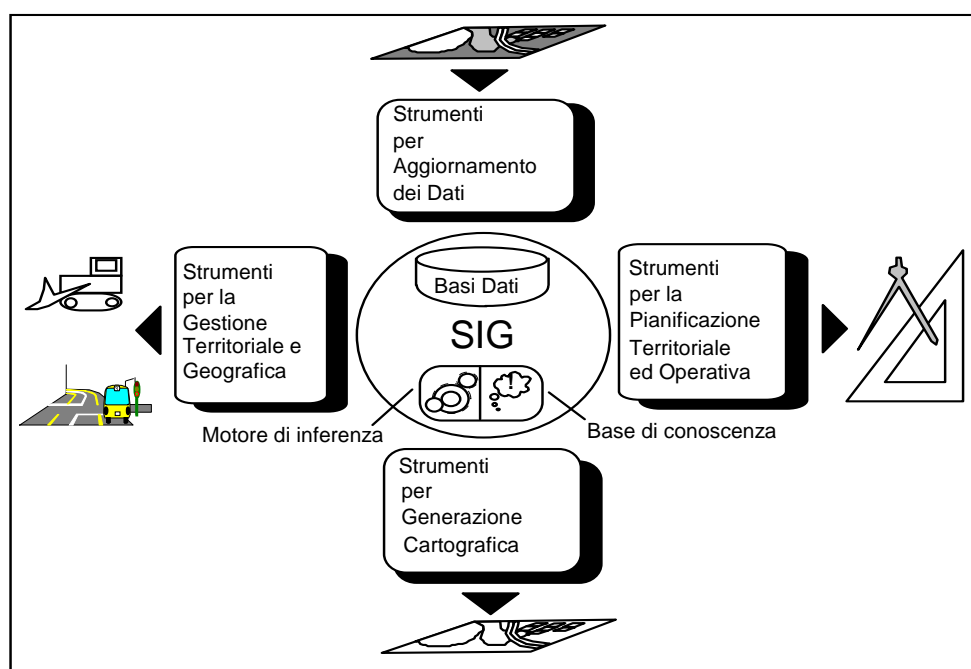


Figura 3.1 - Un Sistema Informativo Territoriale

3.1 La rappresentazione cartografica dei piani territoriali ed operativi

L'utilizzo di sistemi grafici per la produzione della **rappresentazione cartografica** inizialmente sfruttava esclusivamente le potenzialità previste per il disegno tecnico. Avere a disposizione uno strumento che sia in grado di riprodurre disegni tecnici anche molto complessi quali sono le cartine topografiche o geografiche, consentendone un facile aggiornamento al mutare della situazione rappresentata, ha permesso di soddisfare una delle maggiori aspettative dei cartografi, cioè riuscire a produrre materiale che sia aggiornato costantemente alla situazione attuale.

La **rappresentazione dei piani territoriali** nei processi di pianificazione ha creato l'occasione della evoluzione dei sistemi grafici verso veri e propri sistemi di gestione territoriale e geografica. Partendo da un loro uso come semplici strumenti per il disegno tecnico, si è passati ad integrare agli oggetti rappresentati graficamente le informazioni ad essi legate, anche solo per semplici scopi di etichettatura. Lo sviluppo degli **strumenti di analisi** ha fatto evolvere i Sistemi Informativi Geografici verso le potenzialità ora note.

La **produzione cartografica** rimane in ogni caso un importante scopo dell'utilizzo di tali strumenti nei processi di pianificazione territoriale ed urbana. Estendendone l'applicazione nella pianificazione di altri domini, la possibilità di rappresentare le scelte attuate su supporti grafici è rimasta il principale metodo di uscita verso l'utente dei sistemi. Oltre a poter disegnare le cartine con notevole precisione e velocità è risultata molto apprezzabile, nell'uso sistematico, la facilità di aggiornamento e la flessibilità di rappresentazione.

La disponibilità dei dati di base

Inizialmente il problema principale per lo sviluppo e l'impiego dei Sistemi Informativi Territoriali era la disponibilità dei dati di base, specificamente della **cartografia digitale**. Il dover digitalizzare ogni volta le carte alla scala di interesse richiedeva una mole di risorse che a volte scoraggiava l'inizio dell'attività. L'attuale disponibilità di un'ampia gamma di dati cartografici digitali reperibile presso fornitori diversi consente di evitare questa prima fase e passare direttamente alla redazione delle parti specifiche del piano.

In quest'ottica, diventa importante che i **dati cartografici di base** siano facilmente ed economicamente acquisibili. Dove gli Enti Locali hanno messo a disposizione di altri Enti interessati all'intervento sul territorio (*p.e. U.S.L. per studi di prevenzione o epidemiologici, vettori pubblici e privati per il trasporto e la distribuzione, università per ricerche scientifiche legate al territorio, associazioni di vario genere per il controllo ambientale o per la protezione civile, comunità e consorzi territoriali per la pianificazione dei servizi*) la copertura cartografica digitale del proprio territorio, di cui sempre più spesso sono in possesso, si è sviluppata una serie di

applicazioni che hanno migliorato i servizi offerti, creandone anche di nuovi con conseguente nuova occupazione, eliminato sprechi di risorse, permesso di studiare, comprendere e risolvere i problemi del territorio (*p.e. velocizzazione e capillarizzazione del sistema di trasporti; riduzione di alcune patologie; istituzione di nuove strutture di assistenza, soccorso ed emergenza; controllo e risanamento di installazioni abusive; riduzione delle dispersioni nelle reti tecnologiche*). I dati cartografici e territoriali in possesso degli Enti Locali sono a tutti gli effetti dei beni pubblici da far fruttare il più possibile per migliorare la vita della collettività: la loro diffusione libera, o per lo meno molto agevole, ne è una determinante premessa.

La qualità dei dati

Il problema della **qualità dei dati** risulta determinante per poter mettere pienamente a frutto le risorse dedicate al loro rilevamento.

Tale qualità non dipende solo dalla presenza o meno di **errori di rilevamento** (*p.e. la precisione con cui vengono rilevati i punti o il corretto riconoscimento degli oggetti rilevati*), ma anche dalla loro qualità come dato da un punto di vista strettamente informatico.

Per verificare tale qualità non basta avere competenze di tipo cartografico, proprie di chi normalmente collauda la validità dei dati rilevati per usi cartografici, ma è necessario avere ben presenti tutte le problematiche relative all'uso di tali dati più in generale nell'informatizzazione della pianificazione territoriale e geografica.

Per questo motivo molte volte i dati digitali rilevati risultano molto validi per la produzione cartografica ma praticamente inutilizzabili per un più generale utilizzo nei Sistemi Informativi Territoriali (*p.e. con gli edifici costituiti da più linee spezzate o ignorando la continuità delle strade nelle gallerie o sotto i ponti*).

Diventa quindi importante avere già presenti i problemi legati alla gestione dei dati geografici prima del loro rilevamento. Ciò serve per predisporre una precisa descrizione dei dati da rilevare e delle loro modalità di rilevamento, classificazione e memorizzazione prima di procedere al rilevamento vero e proprio autonomamente o tramite terzi (*p.e. per la predisposizione dei capitolati di appalto*).

Rappresentazione normativa, descrittiva e operativa

La **rappresentazione cartografica** ha generalmente tre funzioni: quella **normativa** (*p.e. la zonizzazione di un piano regolatore*), quella **descrittiva** (*p.e. le carte topografiche e tematiche*) e infine quella **operativa** (*p.e. le carte per individuare località di intervento nelle emergenze o nel controllo puntuale del territorio*).

Gli interventi umani sul territorio, sia diretti che normativi, e, con meno frequenza, i fenomeni naturali portano ad una modificazione che col tempo rende sempre meno corrispondente alla realtà le rappresentazioni prodotte sui diversi supporti,

generalmente cartacei. Poter aggiornare i dati di base delle riproduzioni in distribuzione al modificarsi del territorio consente di avere una cartografia precisa e congruente che tenga conto delle modificazioni intercorse dal momento della prima redazione. Ciò è significativo sia per la **cartografia descrittiva**, dando una rappresentazione collimante con la realtà riscontrabile (*p.e. tutti gli oggetti sulla carta sono nella realtà e viceversa*), sia per quella **normativa**, consentendo anche di concepire in maniera dinamica, relativa alla effettiva realizzazione degli interventi previsti, la regolamentazione futura del territorio (*p.e. gli interventi che vengono realizzati in una certa zona modificano le possibilità di intervento future nella stessa zona, riducendo o aumentando alcuni indici e modificando in generale le potenzialità della zona su cui si è attuato l'intervento*). Ancor più importante è la possibilità di avere una **cartografia operativa** aggiornata in sincronia con la realtà, per non rischiare di rendere inutile, se non dannoso, l'utilizzo delle carte nell'intervento (*p.e. nella produzione di carte di intervento, la situazione delle utenze da controllare deve essere aggiornata per evitare di effettuare controlli a vuoto e mancarne altri necessari oppure, ancora di più, la situazione della transitabilità delle strade deve essere corretta per evitare, in un intervento di emergenza, di dare indicazioni che portino a percorsi non transitabili, annullando così la rapidità di intervento*).

Flessibilità di produzione della cartografia

L'utilizzo di sistemi informatizzati ha ridotto il problema della necessità di avere un numero abbastanza alto di fruitori interessati ad una carta, rendendo così ragionevole anche la **redazione di carte tematiche** da produrre in un numero molto ristretto di esemplari. Poter produrre quando necessario una nuova rappresentazione cartografica aggiornata con un limitato impiego di risorse mette ancora più in risalto la potenzialità degli strumenti cartografici stessi.

Nel contesto di Enti Territoriali significa poter fornire a singoli servizi carte tematiche specifiche che consentono un miglioramento del lavoro svolto (*p.e. carte di singole reti tecnologiche per chi cura la manutenzione, carta delle occupazioni suolo per verifiche fiscali, carte faunistiche e forestali per il controllo e la cura delle specie, carte geologiche*). La possibilità di un facile aggiornamento con successiva riproduzione rende ancora più fruttuoso l'utilizzo di tale strumento. Almeno per alcune applicazioni diventa ragionevole la produzione di **cartografia su domanda**, anche per conto terzi, rendendo maggiormente produttivo il possesso di dati.

D'altra parte questa flessibilità di utilizzo richiede un **aggiornamento** delle informazioni memorizzate sufficientemente frequente e costante per realizzare una cartografia correttamente corrispondente alla realtà al momento della sua produzione.

Cartografia tematica e tecnica a scale diverse

Oltre alla realizzazione della **cartografia di base** e di suoi prodotti derivati in cui alla base vengono sovrapposte elaborazioni grafiche (*p.e. le carte di zonizzazione di piano*), i dati utilizzati ed integrati permettono di realizzare **carte tematiche** **Error! Reference source not found.** per gli usi più diversi (*p.e. carte turistiche dei percorsi escursionistici e dei centri di ristoro; carte naturalistiche con la dislocazione della fauna, della vegetazione e delle acque superficiali; carta delle filiali e della clientela relativa; carte di protezione idrogeologica con le frane attive, la copertura vegetazionale e le precipitazioni rilevate*). In questo caso l'elaborazione utilizza dati già disponibili, aggregandoli a seconda delle necessità di rappresentazione.

Se il sistema è concepito per la gestione di scale diverse in maniera integrata, le stesse informazioni possono essere riprodotte su scale diverse per usi diversi (*p.e. i dati faunistici e forestali sia per carte faunistiche ad ampia copertura che per cartine turistiche di percorsi naturalistici*). Per realizzare questo tipo di cartografia tematica può risultare utile integrare, oltre a **dati in scale diverse**, anche rappresentazioni geografiche di origine diversa (*p.e. immagini aeree o satellitari, riproduzioni fotografiche di precedenti cartografie, disegni e schizzi dell'area rappresentata*), fornendo un contesto maggiormente leggibile alle rappresentazioni sintetiche derivanti dalle informazioni memorizzate.

Le **carte tematiche** (Figura 3.2) possono derivare da interrogazioni anche molto complesse e specifiche alla base di dati georeferenziata. Si possono così ottenere delle carte tematiche utilizzabili per lo studio di fenomeni particolari.

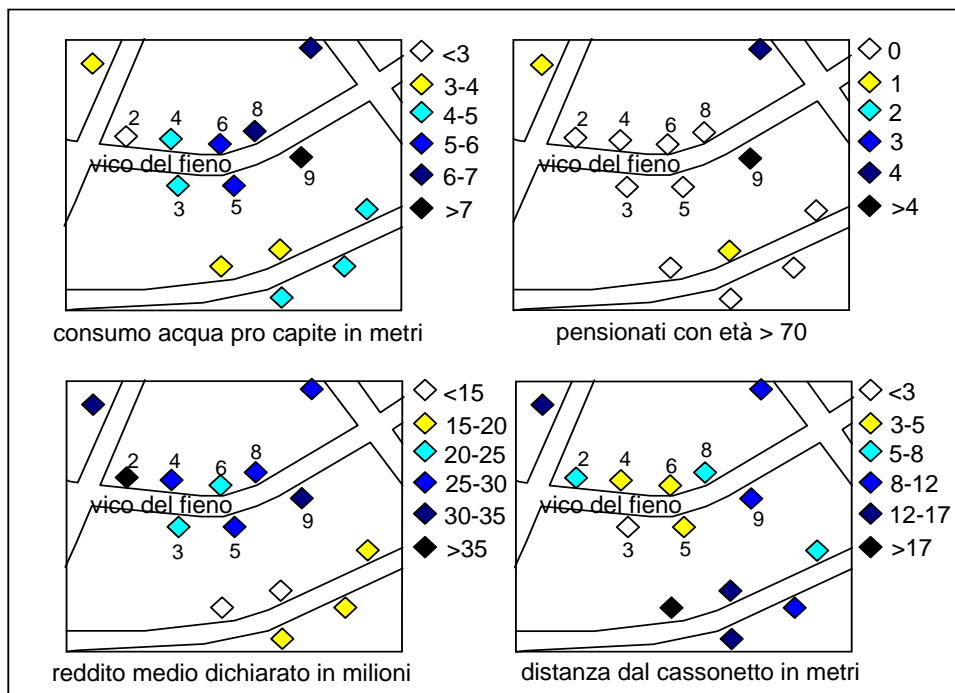


Figura 3.2 - Carte tematiche ad uso specifico

Integrazione di dati recuperati da fonti e su scale diverse

Grazie ai Sistemi Informativi Geografici diventa possibile trattare in maniera integrata dati di varia natura provenienti da fonti diverse sia per modalità di reperimento sia per distribuzione geografica, sia per dettaglio (Figura 3.3). A volte i dati rilevati prendono valore proprio grazie alla loro integrazione con altri dati (*p.e. i rilevamenti tramite GPS diventano veramente significativi collocati sulla cartografia di base*).

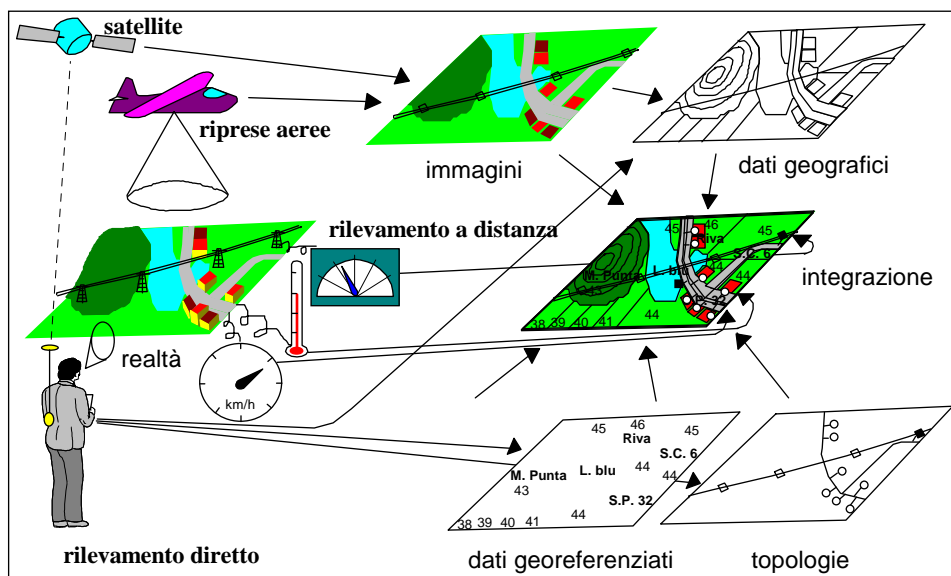


Figura 3.3 - Un Sistema Informativo Territoriale integrato

Le sorgenti dei dati da integrare possono essere anche molto diverse: immagini zenitali, rilevamenti sul campo, carte rasterizzate, dati digitali di origine diversa. Un primo problema è quello di estrarre dalle varie sorgenti le informazioni nel formato richiesto. Una immagine zenitale (da satellite o aerea) o di una precedente cartografia può essere utilizzata solo come sfondo della cartografia in produzione oppure per estrarre la rappresentazione vettoriale del territorio. Nel secondo caso, all'acquisizione dell'immagine deve seguire il processo di trasformazione per adeguarla al sistema di coordinate adottato e poi, dopo averlo vettorializzato, serve aggregare correttamente gli oggetti geografici ed associarvi i valori necessari.

L'integrazione dei dati può avvenire anche nel caso in cui le informazioni abbiano maggiore o minore densità rispetto al territorio trattato ma ciò richiede una corretta relazione tra le diverse informazioni. Nella rappresentazione di più informazioni tra loro integrate, sarà corretto utilizzare la scala di quelle meno definite. Per far questo è possibile utilizzare strumenti che consentono di avere dei criteri di aggregazione o selezione per le informazioni più definite come la selezione degli oggetti di dimensioni maggiori di una data misura o l'aggregazione di aree limitrofe omogenee riducendo i livelli di differenziazione tra queste (*p.e. per escludere sentieri e strade secondarie, per aggregare le utenze appartenenti ad uno stesso edificio o per raggruppare le aree di copertura per vegetazioni di specie simile*).

Rimane ancora il problema di una facile integrazione di dati provenienti da **sorgenti diverse**. Le differenze riguardano sia il tipo di tecnologia utilizzata per

produrli, per quanto riguarda il **formato** ed il loro **supporto** ed **organizzazione** su di esso, sia la **proiezione** e **suddivisione cartografica** utilizzata nella rappresentazione dei dati. Al momento attuale questo richiede un continuo lavoro di conversione che, oltre a richiedere un considerevole uso di risorse, può indurre errori che degradano la qualità dei dati. Tali inconvenienti potranno essere in futuro superati anche grazie ad una sempre maggiore **standardizzazione** dei formati dei dati che consenta uno scambio ed una integrazione semplice e veloce. Tale sforzo di standardizzazione si sta sviluppando su stimolo sia degli organismi di standardizzazione che delle stesse Autorità Locali o dei Governi nazionali e continentali.

Immagini e cartografia

Soprattutto in alcune applicazioni, può essere utile, anche a livello di rappresentazione cartografica, integrare agli altri dati anche **immagini zenitali** **Error! Reference source not found.** (*p.e. da satellite o da foto aerea*). Soprattutto per pubblicazioni a carattere maggiormente divulgativo, può essere interessante sovrapporre informazioni di tipo tecnico all'immagine del territorio interessato (*p.e. aerofotocarte con informazioni turistiche*). Per tutti questi utilizzi è necessario disporre di **ortofotocarte** **Error! Reference source not found.** realizzate tramite strumenti per la **correzione ottica** delle immagini che permettano di eliminare le distorsioni indotte nella ripresa delle immagini rispetto alla rappresentazione utilizzata. È generalmente possibile ottenere delle immagini già corrette direttamente da produttori esterni senza dover procedere autonomamente alla loro correzione.

Analogamente, si può integrare, come sfondo della cartografia prodotta, anche disegni e schizzi che migliorano la sua resa estetica (*p.e. antiche mappe, schizzi schematici, elaborazioni grafiche*). Se è vero che tali elaborazioni possono essere effettuate successivamente in fase di stampa, ottenerle direttamente dai Sistemi Informatici Geografici utilizzati permette una maggiore rapidità di produzione, saltando alcuni passaggi, ed una più facile ripetibilità nelle varie revisioni delle pubblicazioni, questo ancora più se si procede alla **pubblicazione su domanda**.

Anche **immagini fotografiche** di oggetti e zone possono essere integrate nella base di dati geografica ed essere recuperate in seguito come allegati di documentazione (*p.e. per facilitare la loro identificazione in sopralluoghi*) (Figura 3.4).

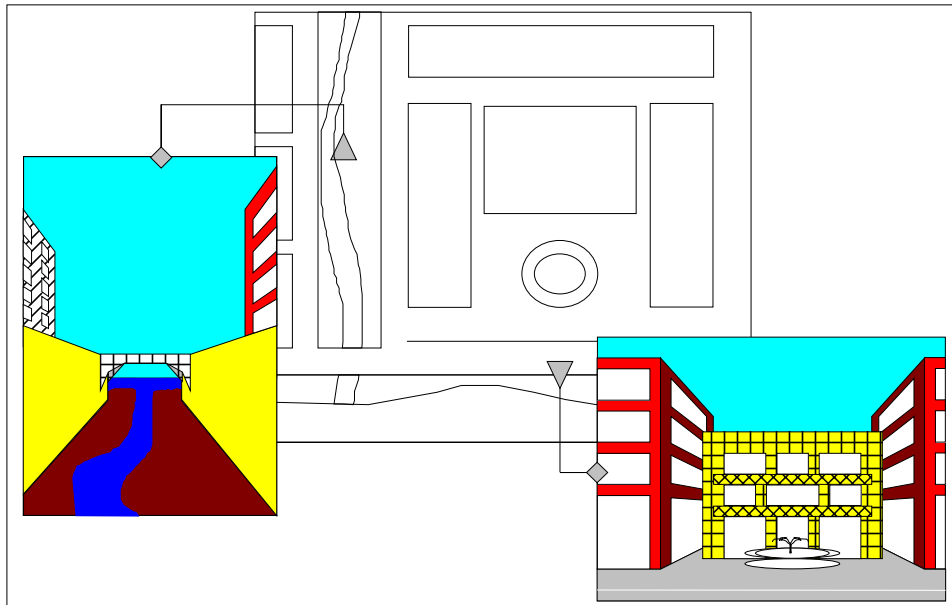


Figura 3.4 - Immagini descrittive

Tali possibilità di integrazione di immagini sono apprezzabili ancora di più nel caso in cui queste siano integrate nel sistema per utilizzi più tecnici (*p.e. le immagini telerilevate di una zona boscosa possono essere confrontate in istanti diversi potendo così riconoscere e localizzare l'inizio di un incendio individuando i pennacchi di fumo*).

Non bisogna trascurare che immagini zenitali integrate all'interno dei Sistemi Informativi Territoriali già attualmente vengono largamente utilizzate per il **rilievo dei dati di base** e per il loro **aggiornamento manuale**. Sono in fase di sviluppo metodi per il loro utilizzo nell'**aggiornamento automatico** delle basi di dati geografiche.

Cartografia dinamica

Un importante sviluppo dei Sistemi Informativi Territoriali è la creazione di **cartografia dinamica**. Sistemi che si basano su tale principio sono in fase di diffusione (*p.e. strumenti da montare su veicoli per mostrarne la posizione e i percorsi suggeriti su carte presentate a video grazie alla integrazione di sistemi GPS e carte digitali delle strade, personal computer portatili per il rilievo sul terreno direttamente inserito sulla cartografia di base*). Questo tipo di applicazione in cui la rappresentazione cartografica utilizza supporti modificabili dinamicamente (*p.e. video o schermi*) consente di fornire anche a chi è presente in loco una rappresentazione aggiornata e molto precisa di diverse zone senza la necessità di una grande mole di supporti cartacei. Se i **sistemi mobili**

possono essere aggiornati in modo remoto grazie a collegamenti con reti di comunicazione, la cartografia a disposizione può evolvere dinamicamente all'evolvere della situazione delle aree geografiche interessate (*p.e. per aggiornamenti relativi allo stato del traffico e della transitabilità dei percorsi in reti di guida e controllo di flotte di veicoli*).

Normalmente questi sistemi mobili hanno capacità elaborative molto limitate dovendo soltanto presentare e utilizzare per semplici applicazioni una **cartografia digitale** che viene prodotta da altri sistemi, normalmente distribuita su supporti economici come i dischi ottici. L'espansione delle **reti telematiche** ed un sempre più facile accesso anche da sistemi portatili tramite telefonia mobile sta portando allo sviluppo di applicazioni in cui i dati cartografici da presentare non vengono più distribuiti fisicamente ma solo trasmessi al momento della loro rappresentazione.

Più in generale, con l'avvento della grafica nella trasmissione di informazioni nei sistemi di reti telematiche, si stanno sempre più diffondendo applicazioni che trasmettono informazioni prelevate da Sistemi Informativi Territoriali e presentate in forma cartografica sui siti remoti (*p.e. siti Internet per comunicare in tempo reale lo stato del traffico di una data regione, la situazione degli arrivi previsti e dei ritardi associata alla dislocazione dei convogli in una rete ferroviaria, la localizzazione di un plico spedito via corriere*).

Riassunto

La **produzione cartografica** è stata uno dei primi utilizzi dell'informatica applicata alla pianificazione geografica e territoriale. Potendosi liberare dalla staticità del supporto cartaceo nella memorizzazione delle informazioni geografiche è stato possibile concretizzare soluzioni precedentemente neanche ipotizzabili la cui caratteristica principale è la dinamicità nell'aggiornamento della rappresentazione.

L'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali nella produzione di cartografia richiede di affrontare organicamente i problemi legati alla qualità e coerenza dei dati disponibili. La verifica non deve solo basarsi su aspetti cartografici ma considerare le questioni legate al significato degli oggetti rilevati.

La **produzione cartografica in tempo reale**, utilissima per avere una piena corrispondenza tra realtà e rappresentazione del territorio, si deve però basare su una rilevazione dei dati costantemente aggiornata.

L'**integrazione** nella rappresentazione cartografica di dati di provenienza e di natura diverse, come le foto aeree, richiede un lavoro di collimazione che verrà sempre più ridotto con la definizione e diffusione di **standard** di rappresentazione che consentano una collimazione implicita o automatica.

3.2 La gestione del territorio e dei relativi servizi

Oltre alla realizzazione di nuova cartografia, che almeno in parte potrebbe essere svolta con dei più semplici strumenti di disegno assistito da calcolatore, i Sistemi Informativi Territoriali dimostrano la loro utilità proprio nella **gestione diretta del territorio**. Come l'utilizzo di basi di dati alfanumeriche informatizzate ha migliorato drasticamente applicazioni basate esclusivamente su supporto cartaceo (*p.e. la gestione di anagrafi, la gestione di magazzini o la formulazione di bilanci*) portando alla creazione di nuove applicazioni diversamente inconcepibili (*p.e. sportelli automatizzati di certificazione, bollettazione e fatturazione automatiche, verifiche fiscali incrociate, ricerca di sprechi contabili*), equivalentemente la gestione della pianificazione territoriale e geografica tramite Sistemi Informativi Territoriali, oltre a rendere più agevole e veloce tale compito, permette di realizzare servizi di tipo innovativo che consentano un miglioramento sia della gestione stessa che dei suoi risultati.

Diversi campi applicativi che verranno descritti nel seguito del capitolo possono trarre vantaggio da questi sistemi, sia utilizzando ed adattando ai diversi contesti gli strumenti da essi messi a disposizione, sia creando con essi nuove applicazioni specializzate ad usi specifici. Al proprio interno infatti i Sistemi Informatici Geografici hanno sempre presente un **ambiente di sviluppo** che permette di creare nuove applicazioni, usando gli strumenti di analisi e gestione geografica propri, sia tramite semplici personalizzazioni sia predisponendo specifici programmi sviluppati ad hoc o inglobando applicazioni esterne come parte integrante del sistema (*p.e. aggregando alcune sequenze di comandi, scrivendo dei programmi con i linguaggi propri dei sistemi, interfacciando programmi già in uso all'utente, siano essi sviluppati apposta per i suoi usi oppure già disponibili sul mercato, in modo da farli apparire come strumenti interni al sistema*).

Strumenti generici e procedure specifiche

Per svolgere i vari compiti tramite Sistemi Informativi Territoriali è ipotizzabile sia utilizzare **strumenti generici** messi a disposizione direttamente dal sistema, sia sviluppare **applicazioni specifiche**, soprattutto per quelle attività maggiormente routinarie, tramite gli strumenti di sviluppo messi a disposizione dai Sistemi Informatici Geografici. La scelta dipende sia dal costo dello sviluppo dell'applicazione stessa sia dalla sua frequenza di utilizzo. Sempre più spesso, però, è possibile reperire sul mercato applicazioni già sviluppate per i Sistemi Informatici Geografici che consentono una riduzione di costi rispetto allo sviluppo di nuove applicazioni per compiti specifici. In tal caso, se non si è in fase di prima acquisizione del sistema, è importante che i dati siano organizzati in maniera adatta all'applicazione che si intende utilizzare o che per lo meno sia facile convertire i dati a disposizione per l'utilizzo in tali applicazioni (*p.e. se le precedenti applicazioni prevedevano che i dati fossero organizzati per isolato e la nuova invece li richiede per numero civico sarà necessario duplicare i dati*

riorganizzandoli, sempre che sia possibile disaggregare per numero civico i dati degli isolati). In caso contrario le risorse risparmiate nello sviluppo della nuova applicazione devono essere impiegate nella riconversione dei dati.

Un altro metodo per espandere le potenzialità dei sistemi al fine di adattarli meglio alle necessità del dominio applicativo di interesse è quello di interfacciarli, in maniera trasparente all'utente, ad altre applicazioni, magari già in uso all'interno dell'Ente o Azienda (Figura 3.5). In questa maniera, all'utente non è richiesto di modificare il proprio metodo di lavoro ma semplicemente di estenderlo con nuove funzionalità messe a disposizione dai Sistemi Informatici Geografici. Ciò permette inoltre di preservare investimenti fatti in precedenza nell'acquisizione dell'applicazione, nella raccolta ed elaborazione dei dati e nella formazione del personale. Il problema dell'interfacciamento richiede una certa competenza nella integrazione di sistemi e la disponibilità di strumenti adeguati nei sistemi adottati, ma consente di ridurre notevolmente l'impiego di risorse nello sviluppo di nuove applicazioni, per altro già presenti sul mercato come pacchetti autonomi.

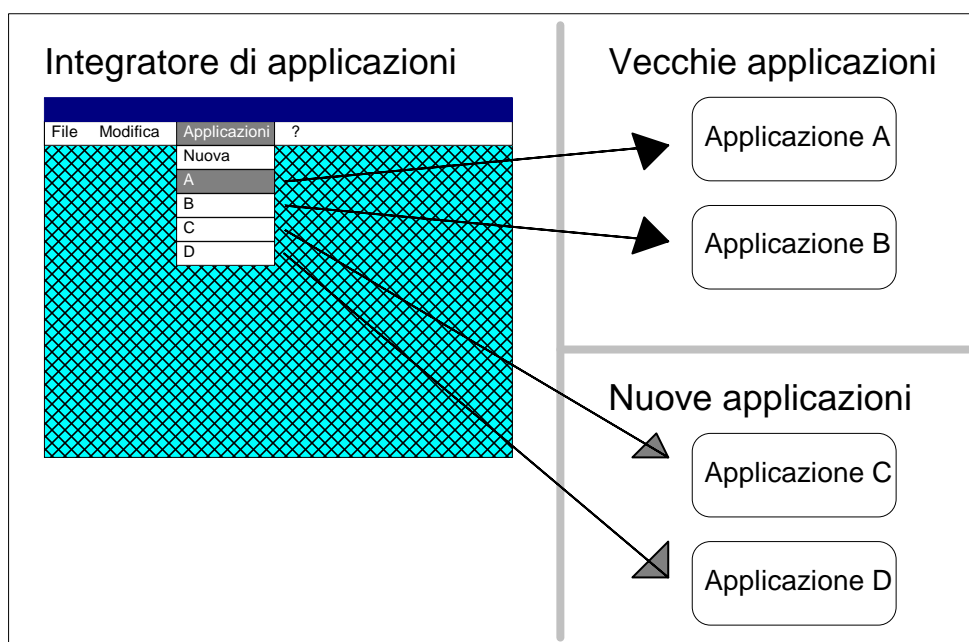


Figura 3.5 - Integrazione di applicazioni

Tramite l'interfacciamento di applicazioni esterne risulta più semplice l'**aggiornamento** dei Sistemi Informativi Territoriali con l'evolvere della disponibilità delle informazioni e delle tecnologie, sfruttando meglio le organizzazioni dei Sistemi

Operativi, che sempre più tendono all'apertura verso l'esterno, rendendo semplice l'integrazione di sistemi eterogenei.

Controllo della legittimità territoriale e della compatibilità urbanistica

L'inserimento di strumenti informatici nella pianificazione territoriale e urbanistica presenta molti vantaggi soprattutto per la fase di gestione. Poter affrontare in maniera contestuale le problematiche di territori complessi consente di evitare errori di valutazione che spesso, cercando di risolvere un problema, rendono problematiche altre realtà connesse. I Sistemi Informativi Territoriali, quindi, trovano la loro più significativa applicazione nella gestione della pianificazione territoriale ed urbanistica. Tali strumenti danno il massimo vantaggio quando trovano applicazione già in fase di progettazione dei piani alla cui gestione daranno assistenza.

Nella pianificazione territoriale ed urbanistica la gestione del piano si basa sulla normativa imposta in fase di redazione. Gli interventi sul territorio necessitano di una **verifica di legittimità** o più in generale della loro **compatibilità** rispetto alle scelte di piano. Se poi tali normative hanno una propria integrazione nel sistema tale controllo può essere anche automatizzato (*p.e. la verifica del non superamento di un numero massimo di autorizzazioni contingentate in una data area o del numero previsto di abbattimenti di una specie di selvaggina*). Nel caso della normativa edilizia, soprattutto se è prevista la presentazione anche informatizzata dei progetti proposti, diventa molto più semplice la verifica di alcune condizioni relative a normative vigenti. (*p.e. verifica della distanza da altri manufatti o di dimensioni minime degli spazi abitabili o di pertinenza*). Più in generale, tale opportunità consente di studiare più approfonditamente le proposte progettuali per giungere a pareri o autorizzazioni (*p.e. verifiche di impatto ambientale, verifiche sui vincoli idrogeologici, artistici o paesistici*). In ogni caso, anche adottando procedure usuali di presentazione, poter consultare direttamente sul sistema le limitazioni e le possibilità legate ad un territorio aggiornate correttamente consente di trattare in maniera integrata diversi corpi normativi.

È utile per altro notare che tale possibilità consente di verificare la congruità di regolamentazioni diverse. Se in generale la **verifica di non contraddizione tra due norme** non è semplice, senza strumenti adeguati, ciò è ancora più difficile per normative legate alle realtà territoriali. La complessità della casistica viene aumentata dal fattore geografico. Le caratteristiche specifiche di un luogo, sia fisiche che antropiche, possono determinare l'incongruenza tra due norme applicate a quel luogo (*p.e. conflitti tra normativa stradale e sui corsi d'acqua nella realizzazione di viadotti e opere annesse oppure tra piani regolatori comunale e piano territoriale di coordinamento regionale*). Tramite i Sistemi Informativi Territoriali, rappresentando adeguatamente i vincoli e le regolamentazioni derivanti dalle normative, è possibile verificarne la loro congruità sul territorio interessato (Figura 3.6).

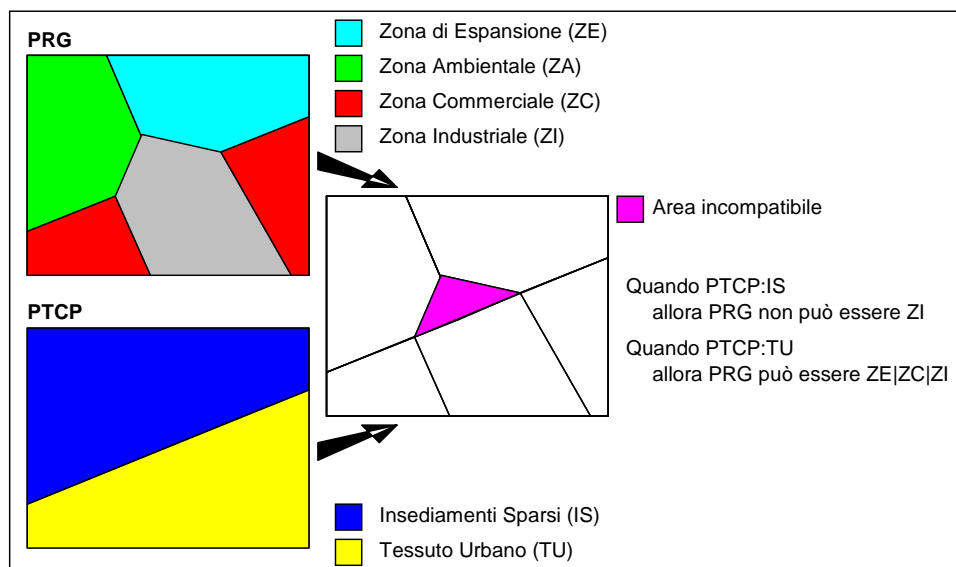


Figura 3.6 - Verifica di congruità tra zonizzazioni di piano

Un altro aspetto concernente il controllo della legittimità che può trovare grande beneficio è quello relativo alla **repressione degli abusi**. Nell'aggiornamento dei dati geografici, sia esso fatto per rilevamento diretto o tramite telerilevamento **Error! Reference source not found.**, è sufficiente fare un confronto tra i dati disponibili e quelli appena rilevati per evidenziare le differenze. Tra queste, alcune deriveranno da mutamenti naturali (*p.e. le frane*), altre da interventi legittimi (*p.e. nuovi edifici approvati o cambiamenti di coltura agricola non vietati*), sempre che questi non siano stati già direttamente inseriti tra i dati nel corso della gestione (*p.e. durante l'iter di approvazione o in fase di collaudo e consegna di un'opera*), mentre un'altra parte deriveranno da interventi abusivi o non autorizzati (*p.e. una nuova strada non approvata o l'estensione non autorizzata di una concessione di utilizzo di spazio pubblico*).

Utilizzando sistemi che siano in grado di riconoscere automaticamente queste differenze, escludendo tutte le situazioni in cui non vi sono stati mutamenti, diventa ragionevole rendere sistematica la repressione degli abusi intervenendo direttamente con un controllo nelle situazioni riconosciute come mutate. Ovviamente ciò richiede che le informazioni già note all'inizio rappresentino una condizione legale del territorio, altrimenti si rischia di considerare corretta una situazione illegale, almeno fino a quando questa non cambia. Utilizzando sistemi esperti che siano in grado di riconoscere almeno parzialmente i motivi delle modifiche al territorio, l'impegno di verifica si riduce ulteriormente ai casi riconosciuti come illegali e a quelli non riconosciuti.

Controllo della fiscalità territoriale

Proprio nel campo della repressione degli abusi, diventa molto significativo, anche da un punto di vista economico, l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali per il **controllo fiscale** sui tributi territoriali.

Poter disporre, in fase di verifica del pagamento di tributi legati all'utilizzo di spazi pubblici o privati (*p.e. la tassa sull'occupazione delle superfici e delle aree pubbliche o la tassa sulla pubblicità*), di carte costantemente aggiornate permette una più efficace opera di **controllo diretto**, fornendo agli agenti indicazioni precise non solo sugli importi ma anche sulla localizzazione delle cose da verificare (*p.e. una cartina per la verifica della regolarità e congruenza, in una strada da controllare, dei contributi versati e delle concessioni sia per gli spazi pubblici occupati che per le pubblicità esposte*) (Figura 3.7). Per altro, nei casi in cui l'imposizione fiscale è legata ad aspetti di tipo geometrico come le aree di pertinenza, l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali permette anche un **controllo automatizzato** tra contribuzione effettiva e dovuta (*p.e. tra spazi occupati da piazzali e giardini e tassa per i rifiuti pagata*).

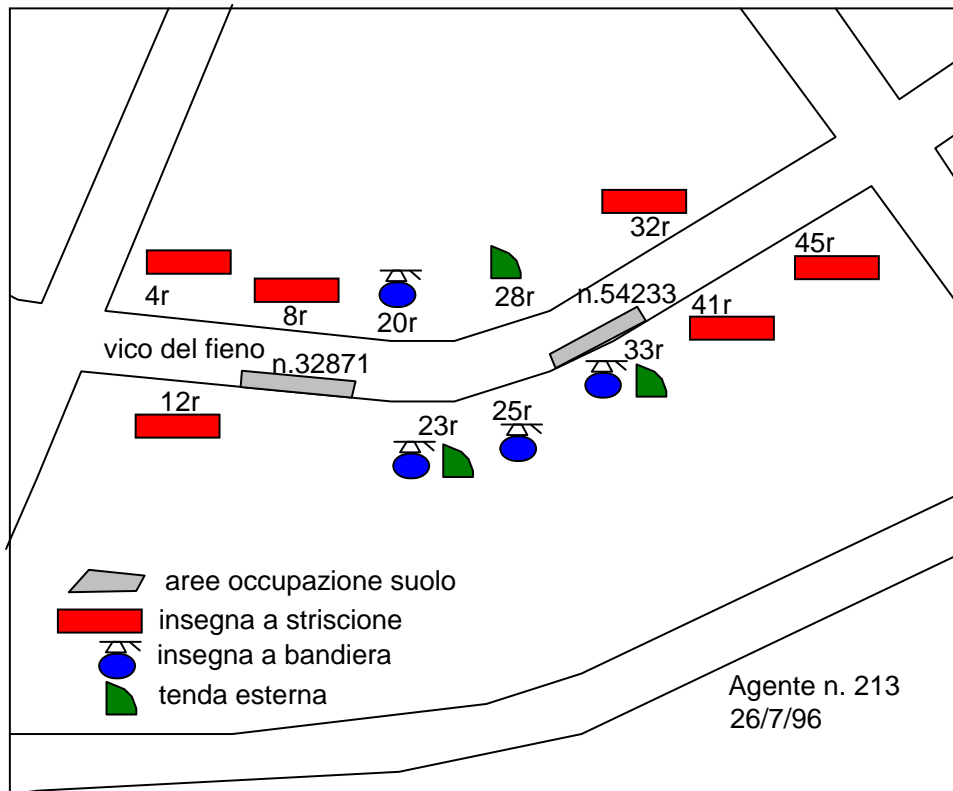


Figura 3.7 - Carta tematica operativa per il controllo fiscale

Gestione delle reti e dei servizi pubblici

Altro caso in cui i Sistemi Informativi Territoriali diventano determinanti per il miglioramento dei risultati è la **gestione di reti e servizi pubblici o privati** (p.e. reti di trasporto o distribuzione, o di raccolta, servizi sociali, sanitari o di soccorso strutturati territorialmente). Queste reti possono avere caratteristiche molto diverse tra loro (p.e. una rete di distribuzione di merci o di energia, di raccolta di rifiuti solidi o liquidi). In ogni caso, proprio la loro caratteristica di essere distribuiti su un territorio geografico ben definito, evidenzia le potenzialità dei SIT nella loro gestione.

Buona parte delle applicazioni di Sistemi Informativi Territoriali è attualmente rivolta alla gestione di **reti tecnologiche o di trasporto**. Alla base delle applicazioni sta la rappresentazione della rete stessa e degli oggetti significativi presenti in essa. Già questo permette un più efficace controllo dell'inventario della struttura. A questa base si aggiungono a volta a volta altre specifiche applicazioni che consentono un più agevole

svolgimento del compito di gestione (*p.e. telecontrollo di attuatori di linea e di traffico, calcolo di tempi e di flussi di trasporto e distribuzione e controllo dei mezzi, individuazione di punti di crisi e allertamento emergenze*). Se tutta la base viene predisposta solo per una specifica applicazione, il costo della sua progettazione e acquisizione può risultare molto alto. Ogni successivo utilizzo per soddisfare nuove aspettative, però, riduce il costo iniziale, ammortizzandolo su più applicazioni. Se il sistema iniziale, per quanto realizzato per la prima applicazione, è stato concepito prevedendo gli eventuali sviluppi futuri, l'ammortamento che si ottiene è sostanziale. Se, non essendo stata fatta una previsione di sviluppo iniziale, diventa necessaria la ristrutturazione del sistema e dei suoi dati per consentirne l'utilizzo per diverse applicazioni, questa può essere talmente dispendiosa da vanificare quasi il vantaggio atteso. Per questo motivo la progettazione di tutto il sistema complessivo dovrebbe essere fatta in anticipo sullo sviluppo già della prima applicazione.

È interessante notare che la disponibilità del sistema fa spesso sorgere l'idea di **nuovi servizi** altrimenti impensabili (*p.e. l'integrazione della rete di mezzi a percorso fisso con una rete di mezzi a chiamata elaborando in tempo reale un percorso efficiente che soddisfi le richieste, il controllo del traffico in un'area urbana dipendente dalle condizioni di inquinamento dell'aria, l'approvvigionamento di mangime a seconda della dislocazione dei capi di bestiame rilevata in tempo reale*) (Figura 3.8).

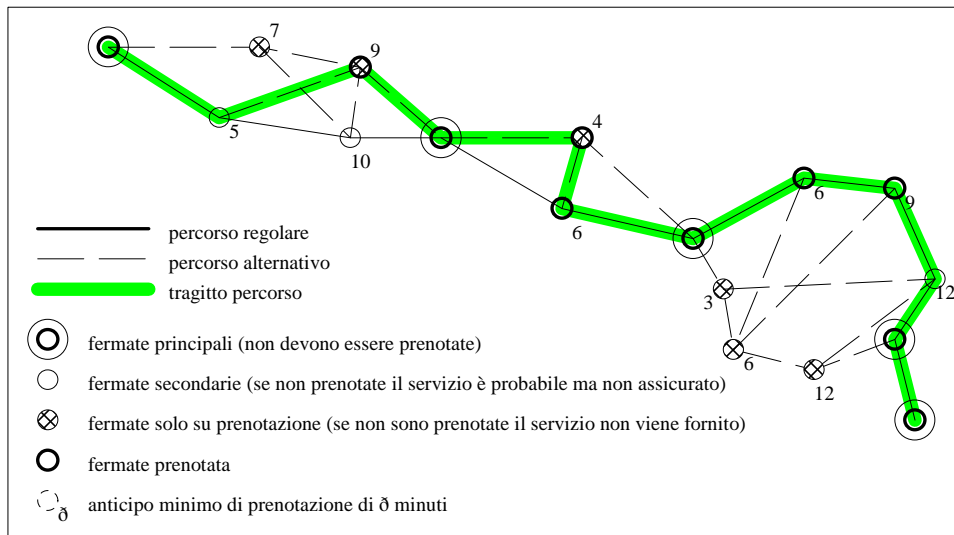


Figura 3.8 - Servizio pubblico di trasporto su tratte a traffico ridotto

Anche nella **gestione di servizi territoriali**, i Sistemi Informativi Territoriali permettono una riorganizzazione che aumenta l'efficienza (*p.e. della distribuzione del*

personale e dei mezzi tra le sedi operative, della risposta alle richieste nei centri di assistenza domiciliare, della raccolta di dati statistici sul servizio con attenzione agli aspetti geografici). Nel caso della gestione di servizi, diventa più evidente l'utilità di descrivere strutture topologiche di relazione che non hanno riscontro diretto con fattori fisici ma che sono alla base della gestione del servizio (p.e. la rete degli utenti e delle sedi che forniscono loro i servizi).

Molte di queste applicazioni non giustificherebbero da sole l'installazione di Sistemi Informativi Territoriali, ma la soluzione diventa vantaggiosa sovrapponendo più applicazioni, anche di servizi o reti diverse, sullo stesso sistema, condividendo l'investimento per l'apparecchiatura, per i dati e per il loro aggiornamento. La copresenza di più funzioni aumenta la possibilità di utilizzare dati eterogenei e di qualità perché aggiornati direttamente dai diretti interessati (p.e. il servizio turistico può usare dati sulla rete viabile o sul servizio sanitario predisposti per le proprie applicazioni direttamente dagli Enti interessati).

Coordinamento degli interventi di manutenzione

Soprattutto nel caso di reti tecnologiche, l'**integrazione di più gestioni** può ridurre drasticamente il costo di intervento e di manutenzione e il rischio di imprevisti. La sincronizzazione di più gestori per eseguire interventi contemporanei su un punto che interessa reti diverse, che attualmente richiede tempi lunghi e risultati limitati, tramite la **gestione integrata delle reti** può diventare molto più efficace (p.e. più interventi che richiedono l'apertura di una strada svolti simultaneamente da più gestori coordinati o interventi pericolosi in caso di presenza di impianti a rischio).

Questa integrazione può avvenire sia condividendo le stesse apparecchiature, sia con uno scambio periodico o con la condivisione telematica dei dati. La scelta da attuare dipende dal tipo di relazione esistente tra i diversi enti, dalla necessità di aggiornamento e dall'organizzazione dei sistemi.

Pianificazione commerciale

Nel campo del commercio, i Sistemi Informativi Territoriali possono trovare applicazione in diverse situazioni in cui la **vendita** e la **distribuzione** avviene tramite ampie **reti commerciali** o per **corrispondenza**.

Nella vendita per corrispondenza il dato di georeferenziazione è immediatamente utilizzabile, essendo l'indirizzo del cliente un'informazione necessariamente già disponibile. Dato che uno dei principali meccanismi di promozione in questi casi è il contatto tra attuale e futuro cliente, conoscere la distribuzione dei clienti permette di attuare degli interventi mirati che incentivino la funzione promozionale del singolo cliente nei punti in cui è minore la presenza. Oltre a fare promozioni per tipologie secondo indirizzari reperiti da soggetti esterni, sarà quindi possibile selezionare i

destinatari delle promozioni secondo indirizzari e in zone scelti sulla base della distribuzione territoriale della clientela (*p.e. manifesti in zone poco servite, offerte di servizi aggiuntivi localizzate dove c'è maggior densità di clienti*). Ovviamente lo stesso sistema permette di ottimizzare anche la distribuzione dei prodotti potendo scegliere di volta in volta il vettore più economico o più veloce tra quelli disponibili, a seconda della distribuzione e densità delle richieste da soddisfare (*p.e. via distribuzione diretta dove la clientela è densa e via posta dove è rada*).

Altre applicazioni che riguardano organizzazioni commerciali si riferiscono alla dislocazione dei **nuovi punti vendita** (*p.e. nuovi sportelli bancari, supermercati, agenzie di rappresentanza, distributori di carburante, centri di vendita all'ingrosso*). Disponendo di informazioni relative alla presenza di imprese concorrenti (*p.e. localizzazione dei loro punti vendita, dipendenti impiegati ed eventualmente giro d'affari dichiarato e clientela presunta*), alla distribuzione della clientela potenziale (*p.e. distanze e collegamenti di persone residenti o esercizi commerciali da rifornire, flussi di traffico presenti sulle diverse arterie*), ed eventualmente ai costi legati alla connessione dei punti vendita alla rete dell'organizzazione commerciale, in termini sia di costi di approvvigionamento sia di comunicazione, è possibile procedere alla individuazione dei luoghi più produttivi per impiantare i punti di distribuzione dei servizi e delle merci di una rete commerciale. Potendo dare un valore alle variabili in gioco, si può ottenere la rappresentazione, secondo i criteri adottati, del grado di adeguatezza all'installazione di un punto vendita (*p.e. a scala cromatica sul livello di adeguatezza ad un certo utilizzo o per tipologia di punto vendita più adeguata*) delle diverse zone studiate (**Figura 3.9**). Resterà in carico all'esperto del settore commerciale utilizzare queste indicazioni per giungere alla decisione finale.

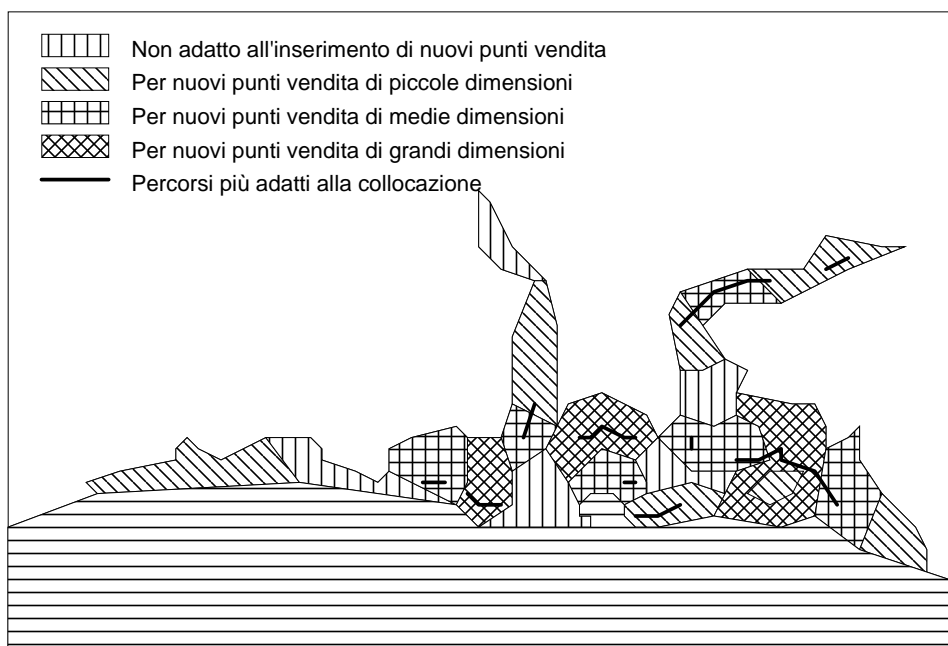


Figura 3.9 - Adeguatezza alla collocazione di nuovi punti vendita

Oltre alla dislocazione dei punti vendita, problema che concerne prevalentemente la fase di progettazione della rete commerciale, i Sistemi Informativi Territoriali forniscono un notevole supporto anche nella fase di gestione di tale rete. Soprattutto se la rete è molto capillare e le esigenze di approvvigionamento dei punti vendita sono molto variabili, può essere notevolmente produttivo poter modificare l'allocazione dei mezzi e delle risorse a seconda delle richieste (*p.e. scegliendo mezzi di diverse dimensioni o modificando i percorsi, aggregando o disaggregando i punti serviti da un determinato agente*). Se poi la distribuzione deve avvenire in tempi ristretti e determinati (*p.e. nell'approvvigionamento di pasti cotti o di medicinali*), la rideterminazione dell'allocazione delle risorse nella distribuzione può essere effettuata tenendo anche conto dei tempi di percorrenza dei singoli tratti stradali.

Gestioni patrimoniali

Altre attività commerciali che trovano vantaggio nell'utilizzo di Sistemi Informativi Territoriali sono quelle interessate alla **gestione o compravendita di immobili**. Potendo disporre di un catalogo delle offerte disponibili di tipo georeferenziato consente di fare proposte rispondenti pienamente alle richieste della clientela legate ad una località. Selezionando gli immobili sulla base sia di indicazioni geografiche che di caratteristiche richieste, soprattutto su cataloghi molto nutriti,

permette di ridurre anche le spese di gestione, ottenendo al contempo un maggior soddisfacimento del cliente (*p.e. evitando sopralluoghi inutili*) (Figura 3.10). Sfruttando la possibilità di integrare altre informazioni tramite sistemi multimediali, è possibile fornire al cliente un supporto nella scelta che soddisfi ancora meglio le sue esigenze (*p.e. presentando immagini o filmati dell'immobile e del suo contesto, schede descrittive con planimetrie ed informazioni accessorie*). Un tale sistema permette poi di meglio controllare e verificare altri aspetti gestionali e finanziari (*p.e. determinare le aree in cui cercare nuove offerte perché scoperte o con molta richiesta, stabilire la valutazione in base ai prezzi medi della zona e all'evolvere nel tempo dei prezzi*).



Figura 3.10 - Localizzazione dell'immobile meglio rispondente ad una richiesta

Per quanto riguarda poi la **gestione di patrimoni immobiliari**, nel caso di aree omogenee (*p.e. villaggi turistici, campeggi, comprensori residenziali, tenute agricole e loro consorzi*) le applicazioni sono molto simili a quelle indicate nella gestione territoriale di ambiti vasti, pur con la riduzione in scala dei problemi, ma a queste si aggiungono quelle specificamente relative alla gestione patrimoniale di immobili, anche non contigui e distribuiti non uniformemente in luoghi diversi (*p.e. patrimoni comunali, di enti previdenziali o benefici*). Alla possibilità di localizzare agevolmente le singole proprietà per facilitare sia la loro manutenzione che il controllo (*p.e. stabilendo quotidianamente gli interventi secondo la loro prossimità o il percorso degli esattori relativamente agli affitti risultanti non pagati oppure fornendo la cartina delle valvole*

di irrigazione da aprire o chiudere), si aggiunge la possibilità di fornire indicazioni precise, ad affittuari e clienti in generale, che facilitino la scelta e l'utilizzo dell'immobile (p.e. evidenziando la dislocazione degli immobili rispondenti alle caratteristiche scelte, producendo una cartina con indicata la localizzazione della piazzola da raggiungere e dei servizi disponibili).

Pianificazione e gestione dell'emergenza

La **gestione dell'emergenza** può ricevere un notevole vantaggio dall'uso dei Sistemi Informativi Territoriali grazie alla loro velocità di risposta che riduce i tempi di intervento (Figura 3.11). I grandi tabelloni delle sale operative possono venire sostituiti da monitor che presentano la situazione costantemente aggiornata, arricchita di un gran numero di informazioni supplementari. Ma ciò che conta è la capacità di elaborazione che può essere decisiva nel fare la scelta giusta in situazioni di urgenza. I Sistemi Informativi Territoriali in molti casi possono procedere autonomamente alle scelte operative o limitarsi a suggerirle lasciando all'operatore la scelta definitiva.

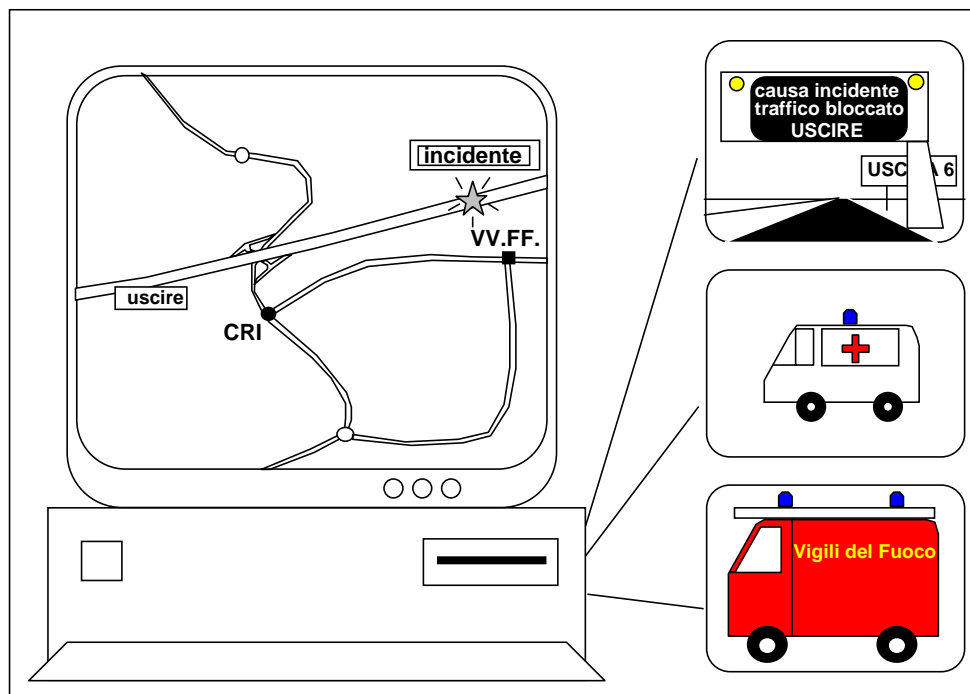


Figura 3.11 - Integrazione sistemi per la gestione di una emergenza

Oltre che la predisposizione delle strutture di risposta all'emergenza, anche l'eliminazione del rischio può avvenire grazie ai Sistemi Informativi Territoriali. Tale **prevenzione** ha spesso aspetti legati alla dislocazione delle cause di rischio che possono essere debitamente controllate (*p.e. predisposizione delle zone di divieto di transito nel trasporto di sostanze per evitare inquinamenti o commistione di sostanze a rischio o valutazione di impatto di stoccaggi di sostanze pericolose, controllo e facilitazione del transito di trasporti pericolosi, delimitazione di aree di rispetto attorno ad impianti a rischio o lungo fiumi esondanti*)

Nella gestione, le applicazioni riguardano il momento dell'allertamento, il supporto alle scelte di intervento, la gestione logistica delle strutture di soccorso (*p.e. la scelta e il numero di unità d'intervento da allertare a seconda della loro consistenza, specialità e dislocazione, la scelta di percorsi adeguati tenendo conto delle caratteristiche e delle interruzioni dei collegamenti, la rete di distribuzione dei sinistrati, degli aiuti e dei mezzi a seconda delle esigenze e delle risorse che si evidenziano*). Proprio per l'alta imprevedibilità dell'emergenza, poter disporre di strumenti che siano in grado di operare indifferentemente su sezioni territoriali diverse pur tenendo conto delle loro caratteristiche, consente di essere in grado di gestire col massimo livello di preparazione anche situazioni intrinsecamente imprevedibili.

Per l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali nella gestione dell'emergenza bisogna considerare che il sistema deve poter operare pur essendo in alcuni casi coinvolto direttamente nell'emergenza (*p.e. in caso di terremoto*). Ciò richiede alcune attenzioni nell'acquisizione delle strumentazioni (*p.e. attrezzature portatili e a prova d'urto*), ma ancora di più nell'organizzazione del sistema stesso (*p.e. ricorrendo a strutture a rete o duplicate che riescano a operare anche se parzialmente danneggiate*). Anche per quanto riguarda il delicato problema delle comunicazioni, è necessario prevedere una organizzazione che sia sufficientemente ridondante da reggere anche all'interruzione di alcuni canali di comunicazione.

La possibilità di simulare interventi sul territorio considerato, inoltre, può risultare estremamente utile in situazioni di gestione dell'emergenza (*p.e. per verificare virtualmente la fattibilità di un dato intervento prima di procedere alla sua attivazione*). Per far ciò è necessario integrare nei Sistemi Informativi Territoriali anche strumenti di modellazione e simulazione dinamica.

Studio e controllo dei fenomeni sociali

Tramite i Sistemi Informativi Territoriali diventa possibile riconoscere l'esistenza di fenomeni legati alle caratteristiche e all'evolvere della popolazione di un luogo e all'influenza che un luogo ha sulla popolazione che lo frequenta. La relazione tra una popolazione e il suo territorio è, ovviamente, reciproca, in quanto gli uomini incidono sul proprio ambiente e l'ambiente influenza le caratteristiche umane in un processo dinamico. Tale relazione può avere aspetti anche molto diversi che interessano, in

maniera anche correlata, diversi ambiti della vita umana (p.e. aspetti demografici, criminali, sanitari, epidemiologici).

Utilizzando gli strumenti messi a disposizione dai Sistemi Informativi Geografici e utilizzando dati di origine anche molto diversa, è possibile comprendere le ragioni di **fenomeni sociali** che, una volta riconosciuti, potranno essere tenuti sotto controllo, se ritenuti problematici, con un aggiornamento costante delle informazioni (p.e. la distribuzione sul territorio di patologie legate all'inquinamento ambientale in vista di un risanamento, di episodi di microcriminalità al fine della dislocazione di forze dell'ordine, della residenza di soggetti tossicodipendenti o in stato di povertà per decidere la dislocazione dei servizi di assistenza). Potendo utilizzare strumenti di analisi spaziale in maniera sufficientemente semplice, persone esperte nei fenomeni sociali ma senza competenze informatiche possono indagare rapidamente ed efficacemente le variabili presenti sul territorio (p.e. la popolazione e la sua composizione; le diverse sorgenti di inquinamento; la conformazione topografica, il reticolo dei percorsi, la conformazione della rete sociale e dei suoi punti di aggregazione) in modo da riconoscere anche relazioni complesse e nascoste ad una osservazione più superficiale (Figura 3.12). Se i dati a disposizione sono molti e diversi, è possibile ipotizzare anche relazioni non canoniche tra i fenomeni e verificare la loro attendibilità.

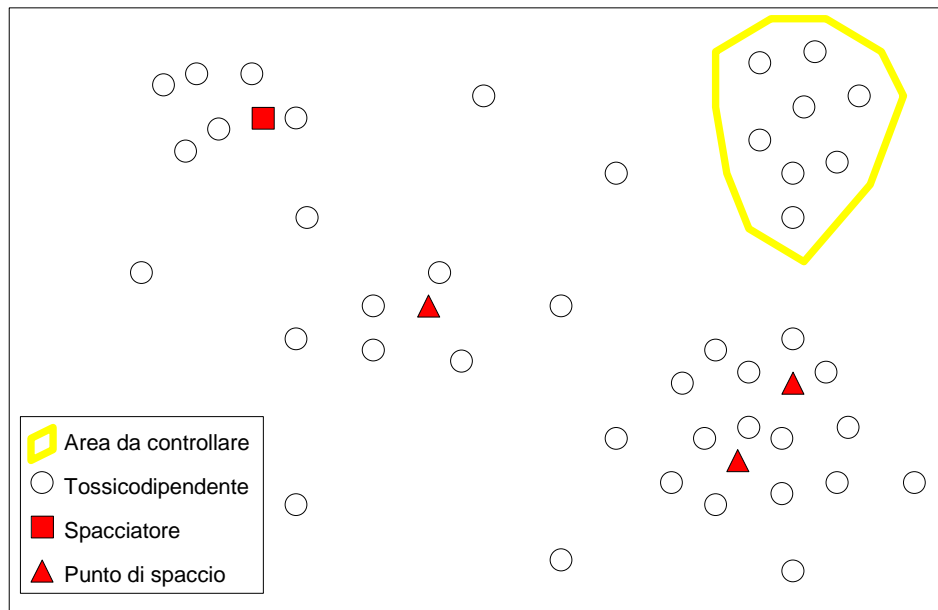


Figura 3.12 - Relazione tra residenze e luoghi di spaccio

Nell'**assistenza sociale**, avere a disposizione un sistema che riesca ad integrare le informazioni sulle persone assistite in maniera plurireferenziale (*p.e. sia secondo la loro residenza che secondo il luogo di lavoro o di aggregazione*) porta ad una reale integrazione degli interventi evitando sovrapposizioni e sprechi (*p.e. aggregando gli interventi degli operatori secondo la dislocazione delle richieste di intervento del giorno, distribuendo le risorse per interventi di aiuto alla socializzazione nelle zone in vicinanza dei punti di aggregazione più frequentati, riconoscendo le aree in cui vi sono più richieste inevase per scegliere dove rafforzare la rete dei servizi*).

Gli aspetti dell'**assistenza sanitaria** che possono trarre vantaggio dall'introduzione dei Sistemi Informativi Territoriali riguardano sia aspetti di tipo epidemiologico, che sono intrinsecamente collegati alle distribuzioni spaziali delle patologie (*p.e. per seguire l'espansione e trasmissione di una malattia epidemica per riconoscere i possibili veicoli di infettamento*), sia aspetti più specificamente sanitari legati alle caratteristiche del territorio di residenza o più genericamente di frequentazione (*p.e. relativi alle patologie indotte da inquinamento degli elementi naturali o da carenze igieniche legate a deprivazione sociale o culturale*).

Un altro ambito sociale in cui l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali può fornire buoni risultati è il controllo dei **fenomeni criminali**. Poter evidenziare la distribuzione territoriale di alcuni eventi criminosi, oltre ad essere utile ai fini della prevenzione (*p.e. per decidere come distribuire le pattuglie o per l'installazione di strumenti fissi di controllo come telecamere*), può essere molto utile a livello di indagine nella repressione dei fenomeni criminali evidenziando aggregazioni che possono indicare le loro cause o i loro meccanismi di diffusione (*p.e. mettendo in evidenza persistenze o tragitti di spostamento delle segnalazioni*). Evidentemente i Sistemi Informativi Territoriali possono essere molto efficacemente utilizzati per il controllo e la gestione delle forze dislocate sul territorio, sia automezzi che uomini, sfruttando tutte le possibilità di gestione viste per le situazioni di emergenza e per la gestione di flotte di veicoli. Essendo stati inizialmente concepiti come mezzi di controllo di forze armate in operazione, i Sistemi Informativi Territoriali si adattano perfettamente al controllo e coordinamento degli interventi delle forze dell'ordine.

Supporto ai processi decisionali

Nei **processi decisionali**, soprattutto quando coinvolgono un gran numero di persone, può risultare difficile mettere bene in chiaro le ipotesi su cui si sta lavorando quando le decisioni coinvolgono aspetti di tipo geografico (*p.e. l'aggregazione di circoscrizioni cittadine per formare comuni metropolitani, la classificazione di sottozone di un parco naturale in relazione alle loro funzioni e limitazioni d'uso, la suddivisione di un'area commerciale tra vari agenti, la localizzazione e l'affidamento dei centri di primo soccorso in caso di emergenza*).

Avere la possibilità di produrre varie versioni di una stessa cartografia a costi contenuti permette di utilizzare la rappresentazione cartografica di più ipotesi nei processi decisionali evitando fraintendimenti. Sfruttando a pieno gli strumenti messi a disposizione dai Sistemi Informatici Geografici, per ogni ipotesi possono essere prodotte carte tematiche che evidenzino le differenze tra di esse a seconda degli interessi coinvolti nella decisione (p.e. la superficie e la densità abitativa o di popolazione animale per ogni aggregazione o sottozona individuate, la suddivisione del territorio per vicinanza stradale al centro di soccorso e il carico di abitanti e di sinistrati relativo ad ogni centro) (Figura 3.13).

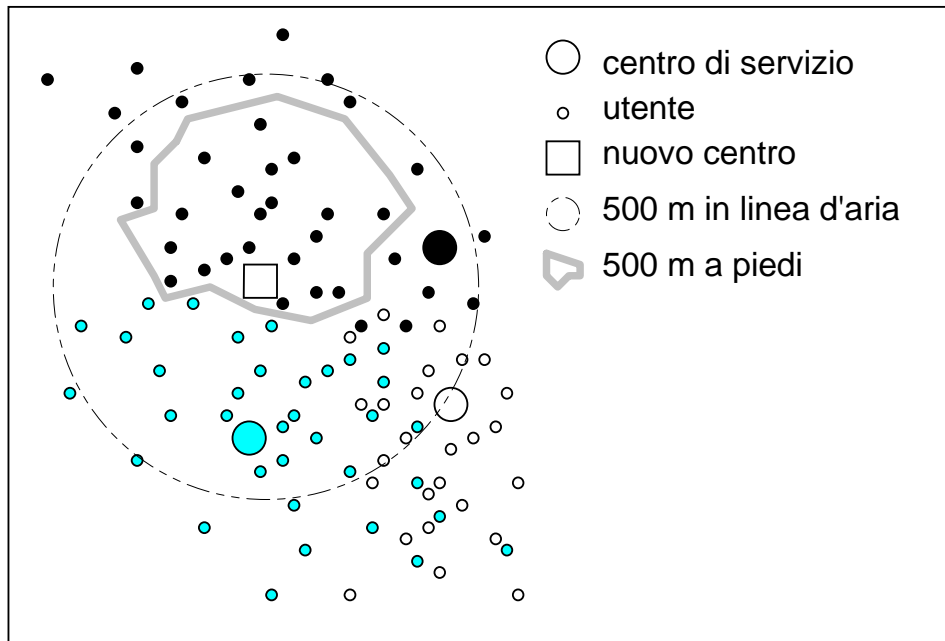


Figura 3.13 - Studio per la collocazione di un nuovo servizio

Soprattutto se ci si dota di una strumentazione, anche non molto costosa, per la proiezione al pubblico che consenta ad un gruppo di persone di osservare e commentare insieme le elaborazioni prodotte, diventa possibile **verificare direttamente le ipotesi** sorte in fase decisionale, non solo come risposte a quesiti relativi alla base di dati geografica, ma anche come risultato di simulazioni in cui entrino in gioco anche gli aspetti dinamici dei fenomeni coinvolti (p.e. la redistribuzione dei carichi di traffico in funzione della realizzazione di nuove infrastrutture viarie o di una nuova regolamentazione, la modifica del deflusso dei corsi d'acqua in seguito alla realizzazione di nuove opere di regimentazione).

Se i processi decisionali non coinvolgono solamente i livelli dirigenziali ma richiedono un **coinvolgimento di un vasto numero di persone** (p.e. i dipendenti o la popolazione presenti sul territorio in via di pianificazione) la possibilità di produrre materiale o realizzare presentazioni a scopo divulgativo o esplicativo permette di avere un pieno coinvolgimento delle persone interessate che consente più facilmente sia di raccogliere le indicazioni da utilizzare nel processo decisionale sia di far condividere le decisioni prese (p.e. per la presentazione alla cittadinanza di una nuova revisione di Piano Regolatore Generale o dell'impatto visivo di una ipotesi progettuale in via di approvazione o la verifica della rispondenza delle ipotesi di ristrutturazione di una rete di vendita alle osservazioni degli agenti commerciali operanti in essa su un dato territorio).

Riassunto

I campi in cui i Sistemi Informativi Territoriali hanno una fruttuosa applicazione sono i più svariati e riguardano discipline anche molto lontane dall'informatica. Se è evidente che tali applicazioni sfruttano l'informazione geografica, bisogna rimarcare che i sistemi predisposti in tale caso possono fornire un supporto per applicazioni non necessariamente connesse ad informazioni geografiche: quando l'esperto del dominio prende dimestichezza con le potenzialità fornite dal sistema sarà in grado di sfruttarlo per risolvere i diversi problemi legati al proprio lavoro anche se non sono di tipo geografico.

L'integrazione in un unico sistema delle informazioni utili a diverse applicazioni spesso permette di utilizzare sinergicamente gli sforzi compiuti per la loro acquisizione ed il loro aggiornamento. Tale **integrazione** non deve necessariamente essere fatta fisicamente su un'unica apparecchiatura ma anche **connettendo**, fisicamente o anche solo funzionalmente, più calcolatori. A tale scopo è utile studiare la problematica in fase di realizzazione dei nuovi sistemi.

I campi di applicazione coinvolgono **aspetti legislativi ed organizzativi** relativi a molti ambiti della società. Il **controllo della legittimità** rispetto a regolamenti e normative legati ad aspetti geografici e la gestione di **attività distribuite su ambiti territoriali** più o meno vasti per la dislocazione delle strutture dell'attività o più semplicemente dei suoi utilizzatori possono essere resi più agevoli e rapidi, individuando anche delle possibilità di azione non ipotizzabili senza l'ausilio dei Sistemi Informativi Territoriali.

3.3 La progettazione geografica

Sempre più spesso i Sistemi Informativi Territoriali vengono utilizzati nella **progettazione territoriale**. Con questo termine si intendono sia gli aspetti di **studio ed analisi** sia quelli relativi alla **predisposizione di interventi**. La maggiore differenza rispetto alla gestione deriva dal fatto che si passa da scelte operative a scelte strategiche.

Ciò significa un maggior peso delle valutazioni qualitative rispetto a quelle quantitative. I Sistemi Informativi Territoriali diventano quindi veri e propri strumenti di progettazione che forniscono un supporto alle decisioni.

Oltre che per rappresentare le scelte programmatiche e gestirle, i Sistemi Informativi Territoriali permettono di studiare il territorio per riconoscerne i problemi e le potenzialità. Poter progettare i nuovi interventi tenendo in conto la realtà esistente diventa determinante per gestire correttamente i processi in atto, soprattutto quelli di trasformazione (p.e. quelli relativi ad aree in via di riqualificazione territoriale o allo sviluppo in aree senza alcuna attività).

Quanto più il Sistema Informativo Territoriale utilizzato riesce ad integrare informazioni eterogenee relative alle realtà presenti sul territorio, tanto più permetterà di fare delle analisi territoriali che siano in grado di **evidenziare fenomeni** significativi altrimenti fraintendibili o non riconoscibili (Figura 3.14). Lo strumento di per sé può fornire precise risposte ma sta sempre all'esperto del campo di applicazione scegliere e svolgere le ricerche necessarie e significative ed interpretarne i risultati.

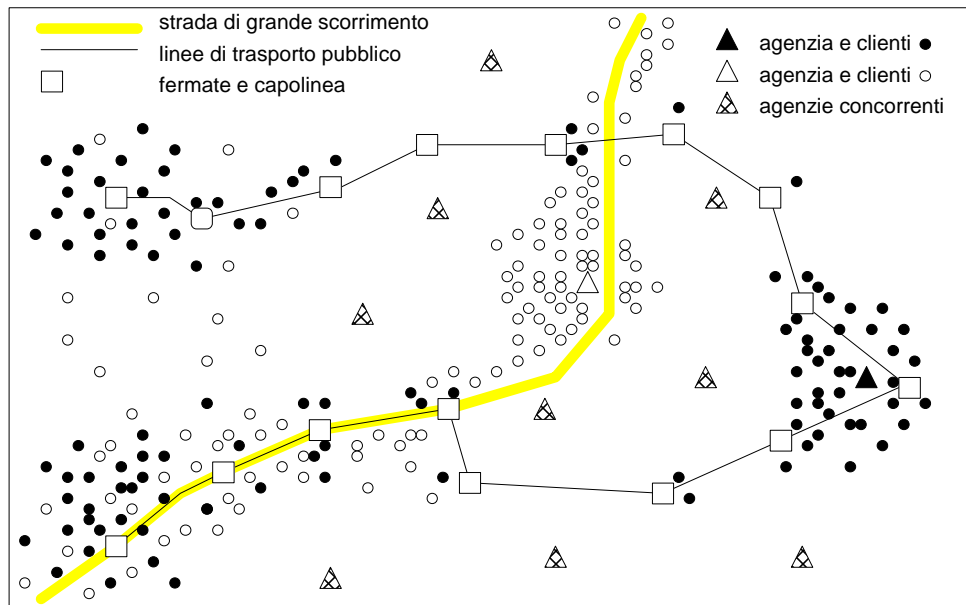


Figura 3.14 - Dipendenze tra mezzi di trasporto, agenzie e relativi clienti

È ovviamente determinante che le informazioni utilizzate siano aggiornate correttamente per non rischiare di fare analisi su rappresentazioni della realtà ormai obsolete. Questo è ancora più vero per territori in rapida evoluzione in cui nel giro di

pochi anni i volumi di traffico, la popolazione, la produzione e in genere i valori significativi del territorio hanno rapide fluttuazioni.

Se l'intervento ipotizzato ha come scopo la **riqualificazione territoriale**, si possono trarre grandi vantaggi dall'uso di Sistemi Informativi Territoriali che integrino diversi strumenti propri dell'informatica nella gestione globale delle informazioni territoriali. Poter sfruttare una rappresentazione del territorio sufficientemente globale per verificare i motivi delle situazioni di crisi o problematiche e l'effetto di ipotetiche trasformazioni tramite modelli simulativi che non siano eccessivamente semplificati rende più sicuro il risultato di una pianificazione mirata alla riqualificazione territoriale (*p.e. poter simulare il deflusso delle acque lungo un corso d'acqua tenendo in considerazione tutti i manufatti presenti nel suo alveo da quanto risulta dai rilievi topografici permette di riconoscere i punti di strozzatura con rischio di esondazione e verificare le ipotesi di risanamento semplicemente ipotizzando di modificare o eliminare alcuni manufatti*).

Uguali strumenti, in applicazioni non strettamente di pianificazione territoriale, permettono di sfruttare al meglio le risorse e le occasioni messe a disposizione dal territorio considerato fornendo servizi più efficienti e meno costosi. Poter studiare correttamente il contesto in cui una qualche attività va ad inserirsi permette di evitare sprechi e di cogliere tutte le occasioni utili alla produttività per giungere ad una pianificazione molto efficace. Se, come normalmente avviene, il sistema utilizzato nello studio del piano viene poi utilizzato anche nella sua gestione, i costi si riducono notevolmente e ciò diventa ancora più evidente nelle successive fasi di aggiornamento della pianificazione, durante le quali le informazioni da utilizzare nello studio sono già disponibili e correttamente aggiornate in fase di gestione.

Analisi oggettive e soggettive

Il primo supporto alla progettazione geografica è di tipo quantitativo. Scelte strategiche corrette non possono eludere valutazioni di tale genere. Il progettista trova nei Sistemi Informativi Territoriali **strumenti di analisi** che gli consentono di ottenere facilmente risposte **oggettive**. Spesso queste risposte si basano su calcoli **statistici** che aggregano i dati matematicamente facendo loro assumere un significato più generale.

Gli aspetti di tipo oggettivo non si riferiscono esclusivamente a **valori numerici** o **quantitativi** (*p.e. il numero di abitanti presenti in un edificio, distanza tra due centri di servizio, dimensione di un lago identificato da immagine satellitare*), ma fanno riferimento anche a questioni **geometriche** o più generalmente **topologiche**. Gli strumenti a disposizione nei Sistemi Informatici Geografici permettono di trattare congiuntamente alle quantità calcolabili anche le questioni legate alle relazioni spaziali o più generalmente alle relazioni tra oggetti geografici (*p.e. quanti abitanti abitano a meno di una data distanza oppure come è diviso un territorio a seconda della minor distanza pedonale da una fermata di mezzo pubblico o da una sede di servizio, quale è il flusso di traffico stimato in un certo tratto stradale ad una data ora, quali sono i*

terreni inondata da una piena di data entità, massima lunghezza dei corsi d'acqua a monte di un punto) (Figura 3.15).

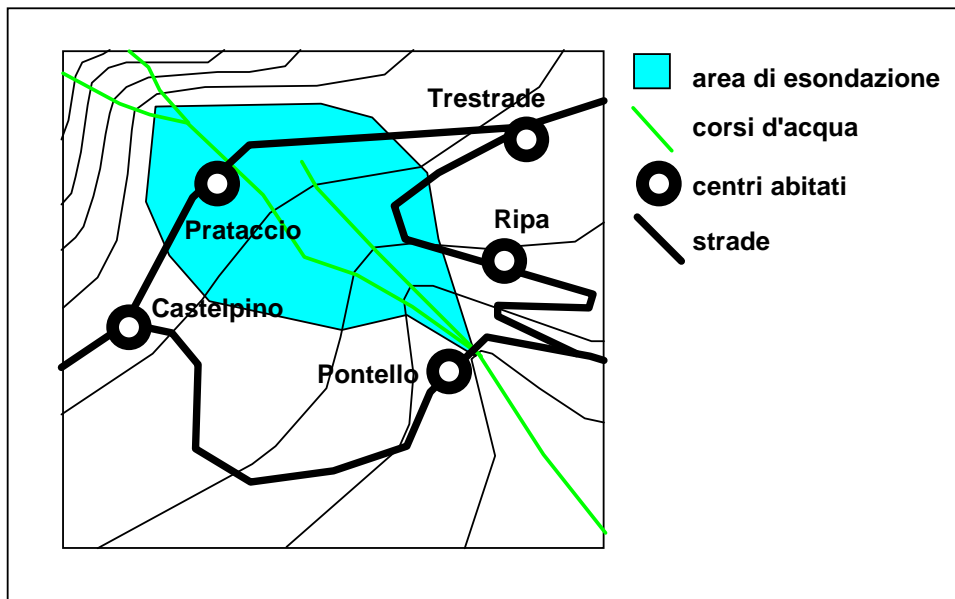


Figura 3.15 - Carta di rischio idrogeologico

Avendo a disposizione adeguati strumenti per l'espressione di criteri di valutazione di **tipo soggettivo**, è possibile estendere il supporto all'analisi territoriale anche a fattori qualitativi. Tramite sistemi per la **rappresentazione della conoscenza** che lascino al progettista la possibilità di esprimere i propri criteri di valutazione, il sistema sarà in grado di integrare tali criteri con i dati a disposizione per giungere a valutazioni precise e quantificabili (*p.e. quale è il grado di vocazione faunistica o quello di rischio di incendio di una zona*). Paragonabili a quelle di tipo soggettivo sono le valutazioni di **tipo normativo**, dato che derivano direttamente da criteri soggettivi resi oggettivi in seguito ad una loro codificazione. Anche in tal caso, strumenti di rappresentazione della conoscenza adeguati consentono di ottenere delle valutazioni che integrino gli aspetti normativi (*p.e. quanta superficie effettivamente edificabile è presente in una data zona, quali sono le aree in cui sia possibile realizzare un edificio con un certo volume*).

Utilizzo di strumenti generici o specifici

Nella fase di analisi, proprio per la bassa ripetitività dell'azione, è difficile riconoscere compiti routinari automatizzabili tramite applicazioni specifiche. In questo caso il progettista deve avere a disposizione interattivamente dei potenti **strumenti di analisi** per rispondere alle domande che di volta in volta emergono. Alcuni di questi strumenti, riguardanti più questioni di tipo numerico, geografico o topologico, sono già presenti nei sistemi, anche se con interfacce non sempre amichevoli. Altri, più specifici di un certo tipo di progettazione, possono essere sviluppati come una "cassetta degli attrezzi" del progettista di un certo aspetto della progettazione territoriale (*p.e. per la pianificazione urbanistica, per la pianificazione dei bacini, per la progettazione delle reti e dei servizi*). Tali insiemi di strumenti sono ancora poco sviluppati perché l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali nella progettazione territoriale è limitato ma anche perché solo in alcuni sistemi più sofisticati sono in via di integrazione sistemi di rappresentazione della conoscenza per permettere la valutazione qualitativa, più raramente coinvolta nella fase di gestione territoriale in cui i sistemi di base sono generalmente impiegati.

Tramite gli strumenti di analisi si può quindi giungere ad uno studio della situazione territoriale preciso e definito su cui basare le scelte strategiche. L'esperto della pianificazione può recuperare dalla Base di Dati Geografica le informazioni a lui necessarie per lo studio in corso. Nella **ricerca delle informazioni** deve avere a disposizione dei metodi per collegare semanticamente diversi criteri di ricerca basati su aspetti logici, geometrici o topologici al fine di ottenere le risposte quali-quantitative a lui necessarie da utilizzare nella scelta delle soluzioni (Figura 3.16).

criteri logici	criteri geometrici	criteri topologici
lavoro="insegnante"	a 100 m dal bar	collegato al servizio
lunghezza<300 m	entro 1 km dal centro	entro 50 km via treno
età > 60 anni	con area < 10000 m ²	raggiungibile col bus
clima=[sole,nuvole]	incluso in zona B	a monte della pompa

Figura 3.16 - Alcuni criteri di analisi

È interessante notare che, quanto più è flessibile il meccanismo per formalizzare i criteri soggettivi, tanto più è facile **confrontare tra loro ipotesi diverse** secondo il giudizio di un dato esperto. Da un punto di vista scientifico ciò rende anche interessante

il confronto tra i criteri soggettivi formalizzati da diversi esperti di uno stesso dominio applicandoli parallelamente allo stesso caso di studio.

Ciò consente però anche di passare ad una pianificazione più attenta che tenga conto delle **valutazioni di esperti di domini diversi** ai quali chiedere di formalizzare i propri criteri qualitativi. In questa maniera esperti di un dato dominio possono svolgere la propria analisi utilizzando i criteri di esperti di altri domini integrati nel sistema. In tal modo la pianificazione non deriva dalla mediazione tra più piani, che possono essere anche tra loro contrastanti, ma avviene integrando direttamente nella pianificazione i diversi aspetti.

Gli strumenti di analisi

Sono innumerevoli gli **strumenti di analisi** messi a disposizione dai Sistemi Informativi Geografici. Sicuramente sono presenti quelli più semplici che permettono, come su generici sistemi di gestione di basi di dati, di calcolare il **numero** o altre **caratteristiche statistiche** degli oggetti selezionati (*p.e. il numero di edifici industriali in cui operano attività con meno di 50 occupati, l'età media degli abitanti di una unità urbanistica, la somma delle prescrizioni mediche fruite dai residenti di un comune*) o che consentono di calcolare **distanze e dimensioni** relative alla rappresentazione adottata (*p.e. la distanza tra due fermate di un servizio pubblico, la superficie di una circoscrizione urbana*). Queste possibilità già presenti in sistemi di altro tipo (come i sistemi per la gestione di basi di dati o i sistemi CAD) assumono già una migliore valenza nella loro integrazione operando calcoli statistici su quantità dimensionali (*p.e. l'altezza media degli edifici residenziali, la macchia boschiva di dimensioni massime*).

Strumenti di analisi di secondo livello permettono di formulare interrogativi utilizzando formalizzazioni legate ad **aspetti topologici**. I più comuni sono quelli che tengono conto delle questioni geometriche (*p.e. i terreni fronteggianti un tratto stradale, le attività commerciali comprese entro una zona tributaria, i residenti a meno di 500 metri da un serbatoio a rischio di esplosione, le aree che sono contemporaneamente classificate come zone agricole sul piano regolatore e come zone di conversione sul piano di coordinamento*). È poi possibile utilizzare strumenti che sappiano sfruttare informazioni relative ad aspetti connettivi (*p.e. le fermate collegate ad un ambulatorio da una linea di servizio pubblico, i tratti di rete fognaria a monte di un punto in cui è stato rilevato un inquinamento, i percorsi possibili per trasportare un infortunato ad un pronto soccorso in meno di trenta minuti*).

Simili ai precedenti sono gli strumenti che permettono l'**analisi di immagini**. Elaborando le informazioni pittoriche in maniera numerica si possono ottenere risposte molto utili relative ai territori rilevati. Diventa possibile affrontare questioni quantitative (*p.e. numero degli agglomerati di case riconosciuti, dimensione delle aree riconoscibili come superfici idriche*) ma soprattutto identificare aree secondo criteri specifici del

telerilevamento (*p.e. le aree che riflettono come la roccia, di colore compreso tra il grigio e il nero che emettono calore per identificare i tetti in ardesia di case abitate*).

Gli strumenti dell'intelligenza artificiale, se integrati nei Sistemi Informatici Geografici, consentono una **analisi qualitativa** di più alto livello secondo i metodi di formalizzazione messi a disposizione (*p.e. le aree che si dimostrano adatte al rimboschimento con leccio o al ripopolamento con fagiani, le aree a vocazione produttiva, le aree a rischio di frana*). Generalmente la selezione che può essere attuata tramite i sistemi esperti si basa su criteri tendenzialmente soggettivi legati alle scelte degli esperti del settore. Altri strumenti dell'intelligenza artificiale come le reti neurali determinano la selezione con meccanismi più oggettivi ma che si basano ugualmente sulle valutazioni degli esperti attuate in fase di apprendimento.

È ovvio che il massimo dell'efficacia degli strumenti di analisi si ha quando questi possono essere utilizzati contemporaneamente nella selezione degli oggetti (*p.e. il totale del valore catastale dei terreni che risultano compresi nell'area in cui l'immagine satellitare evidenzia gli effetti di un incendio, i percorsi per raggiungere un paese da un centro di soccorso che non siano interrotti dall'inondazione rilevabile da foto aerea con larghezza minima superiore a quella dei mezzi di soccorso disponibili*).

Strumenti di previsione e di verifica delle ipotesi

Tutte le trasformazioni che si pensa di indurre in un territorio hanno un effetto sul contesto che potrebbe sia essere dirompente come pure valorizzante ed è in ogni caso necessario riuscire a prevedere l'effetto indotto. In particolare, per gli Enti interessati alla pianificazione territoriale, diventa necessario prevedere l'effetto che le soluzioni ipotizzate per i problemi di loro competenza possono avere sul contesto in cui vanno ad inserirsi. Ciò andrebbe fatto possibilmente utilizzando strumenti che consentano di **simulare** la ricaduta che un fenomeno ha sul territorio circostante in modo da rendere meno aleatoria la previsione (*p.e. misurare l'effetto che l'apertura di un nuovo centro commerciale può indurre sulla rete distributiva tenendo in considerazione l'attrazione di nuovi flussi dall'esterno ma anche la deflessione di quelli interni al territorio e il saldo tra nuova occupazione creata dalle nuove realtà distributive e quella persa a causa delle chiusure di attività, sul traffico aggiunto o spostato nella viabilità circostante sia per l'acquisto che per l'approvvigionamento, sul sistema di smaltimento dei rifiuti, sul sistema di trasporto pubblico per le nuove richieste da soddisfare in termini di frequenze ed orari o per le tratte che rimangono sottoutilizzate per diminuzione di utenza*).

Applicando gli strumenti di analisi, invece che sulla situazione reale, sul risultato di una pianificazione, si può approssimare una simulazione dell'effetto del piano. Ciò può essere fatto elaborando, secondo il piano predisposto, la possibile situazione finale partendo dalle premesse reali per verificare che gli sviluppi della situazione reale guidati dal piano realizzeranno effettivamente le aspettative del piano (*p.e. per verificare cosa*

avviene se l'apertura di punti vendita induce analoghi interventi della concorrenza), o anche verificando se le ipotesi di piano sono compatibili con il resto del piano progettato per vedere se l'inserimento di un nuovo intervento nel piano mantiene la validità di tutte le altre scelte (*p.e. verificando la corretta distribuzione dei flussi di traffico con l'inserimento di una nuova arteria*). Per fare questo, diventa utile integrare nel sistema meccanismi di **simulazione dinamica**.

Dato che un territorio raramente evolve in maniera discontinua se non a seguito di fatti traumatici (*p.e. terremoti, catastrofi idrogeologiche, eventi bellici o anche tracolli economici*), per studiare correttamente la sua evoluzione è necessario conservare e poter utilizzare dati storici che rappresentino stati passati del territorio in considerazione. Ciò può essere fatto se il sistema prevede una gestione del tempo che consenta una **referenziazione temporale** delle informazioni.

A maggior ragione gli strumenti di simulazione dinamica devono basarsi su sistemi che prevedano la gestione del tempo, soprattutto nella memorizzazione, al fine di gestire correttamente ed in maniera reversibile l'evolvere del territorio ai diversi stadi di sviluppo del piano simulato.

Riassunto

Lo studio di un territorio che consenta la corretta progettazione di una pianificazione geografica può essere fatto molto proficuamente utilizzando gli strumenti messi a disposizione dai Sistemi Informatici Geografici.

L'**analisi**, che si basa su **criteri sia oggettivi che soggettivi**, può trovare in questi sistemi un gran numero di strumenti che permettono di trattare **informazioni alfanumeriche, geometriche, logiche e topologiche** nella formulazione di richieste di informazioni da sottoporre alla Base di Dati Geografica. Le risposte che si ottengono possono così costituire la base per una scelta accurata nelle decisioni di progetto.

Integrando nei Sistemi Informativi Territoriali anche la possibilità di gestire la **rappresentazione delle conoscenze**, diventa possibile formalizzare ed utilizzare nella ricerca di informazioni anche **aspetti soggettivi** che possano trattare anche valutazioni qualitative. L'integrazione di sistemi esperti nei Sistemi Informatici Geografici sarà sempre più diffusa proprio perché l'integrazione di criteri soggettivi ed oggettivi permette di selezionare le informazioni in maniera molto precisa e significativa, basando quindi le proprie scelte su conoscenze accuratamente studiate.

La disponibilità di **strumenti di simulazione**, poi, consente di verificare la validità delle ipotesi progettuali in modo da evitare, per quanto possibile, la necessità della loro prova sul campo. Dato che la simulazione è significativa nella misura in cui il modello è sufficientemente complesso e non approssima eccessivamente la realtà, i Sistemi Informativi Territoriali possono dare risultati molto buoni nelle simulazioni integrando informazioni anche molto eterogenee, sufficientemente aggiornate, che

consentono, nella predisposizione del modello di simulazione, di tenere conto di contesti anche molto complessi.

4. - Acquisizione ed aggiornamento dei Sistemi Informativi Territoriali

Nella valutazione delle risorse necessarie all'introduzione di nuove tecnologie per il trattamento dell'informazione geografica, l'attenzione viene principalmente centrata sull'acquisizione e realizzazione dei sistemi e sul problema dell'inserimento dei dati di partenza. Anche per motivazioni commerciali, il costo di acquisto dell'hardware e del software sono quelli che vengono maggiormente presi in considerazione.

Ciò che spesso viene trascurato nella progettazione dei sistemi di pianificazione geografica è l'aspetto del loro **aggiornamento**.

Nei Sistemi Informativi Territoriali il problema dell'aggiornamento è cruciale per vari motivi. Un sistema informativo generico non aggiornato diventa rapidamente inutilizzabile (*p.e. un sistema di gestione di magazzino in cui non venga aggiornata la situazione del magazzino stesso può essere utilizzato per ben poco, magari per conoscere quali sono gli articoli trattati, ma dopo poco non può servire neppure più a quello; una sistema di consultazione a cui non sia possibile integrare nuovi strumenti di accesso remoto come sportelli automatici o connessioni telematiche non consente di ridurre il costo di accesso richiedendo l'utilizzo di operatori che in breve possono renderlo economicamente troppo costoso*). I Sistemi Informativi Territoriali, dovendo integrare informazioni rappresentanti il territorio e sistemi che operano su questo, richiedono uno sforzo notevole di aggiornamento proprio perché le strutture territoriali hanno una evoluzione molto autonoma rispetto alla capacità di controllo del suo gestore (*p.e. un sistema per il controllo del traffico veicolare in cui non sia possibile integrare nuovi strumenti di rilevazione ed attuazione o integrare altri sistemi di controllo di nuove infrastrutture e servizi rischia di non riuscire a supportare i vantaggi forniti dalle nuove introduzioni se non di arrivare direttamente a confliggere con esse*). Questo significa che tenere aggiornato un Sistema Informativo Territoriale richiede un continuo lavoro di rilevazione di realtà esterne che nei normali sistemi informativi non è in generale necessario, dovendo trattare quasi esclusivamente informazioni e processi sotto il pieno e costante controllo del gestore. Questa **rilevazione**, soprattutto per i dati, ha generalmente un costo notevole anche se può non essere necessario effettuarla immediatamente, al verificarsi della modifica della realtà. Le informazioni provenienti dal territorio a volte possono essere utilizzabili anche se un po' obsolete, inducendo un errore accettabile nelle scelte di gestione. Se però l'obsolescenza diventa eccessiva, il sistema stesso diventa causa di errore, inducendo scelte basate su informazioni erranee. Quindi se l'aggiornamento non è abbastanza costante la sua efficacia decresce rapidamente fino a richiedere l'abbandono del suo utilizzo.

Per trovare una strada che consenta un livello di aggiornamento sufficiente a conservare efficace l'uso del Sistema Informativo Territoriale, senza richiedere un impiego di risorse così alto da superare il vantaggio derivante dall'utilizzo del sistema, è necessario

affrontare con attenzione i problemi legati all'aggiornamento fin dal momento della progettazione del sistema.

4.1 Gli aspetti dell'aggiornamento

Per evitare il rischio di sprecare notevoli investimenti a causa della rapida obsolescenza dei sistemi, l'aggiornamento deve entrare a pieno titolo nella progettazione del sistema stesso, sia per quanto riguarda l'**introduzione di nuove tecnologie**, sia per il mantenimento dell'**attualità delle informazioni** gestite e delle **conoscenze** utilizzate, prevedendo metodologie specifiche che riescano a coniugare efficacia ed efficienza, in modo da poter contare su un aggiornamento il più possibile rapido con un investimento giustificato dal ritorno del sistema.

Tali metodologie devono considerare sia la struttura complessiva del sistema sia le tecniche da adottare per l'aggiornamento.

I sistemi informatici

La progettazione di sistemi agevolmente aggiornabili deve necessariamente prevedere una struttura flessibile di tipo **modulare** in cui sia facile adeguare o aggiungere sottoparti senza dover toccare il resto del sistema.

L'evoluzione dei sistemi può essere richiesta sia per un adeguamento tecnologico degli strumenti, sia per adeguarsi all'evoluzione dei sistemi geografici da trattare (*p.e. per introdurre processori, sistemi operativi o Sistemi Informatici Geografici più potenti oppure per integrare in un sistema di controllo ambientale una rete di nuovi rilevatori da installare*).

I Sistemi Informativi Territoriali, per altro possono essere costituiti dall'interconnessione di sistemi anche molto eterogenei i quali a loro volta possono richiedere una evoluzione costante. Diventa perciò importante concepire i sistemi stessi in maniera aperta che possa evolvere per sottoparti senza perdere in funzionalità (Figura 4.1).

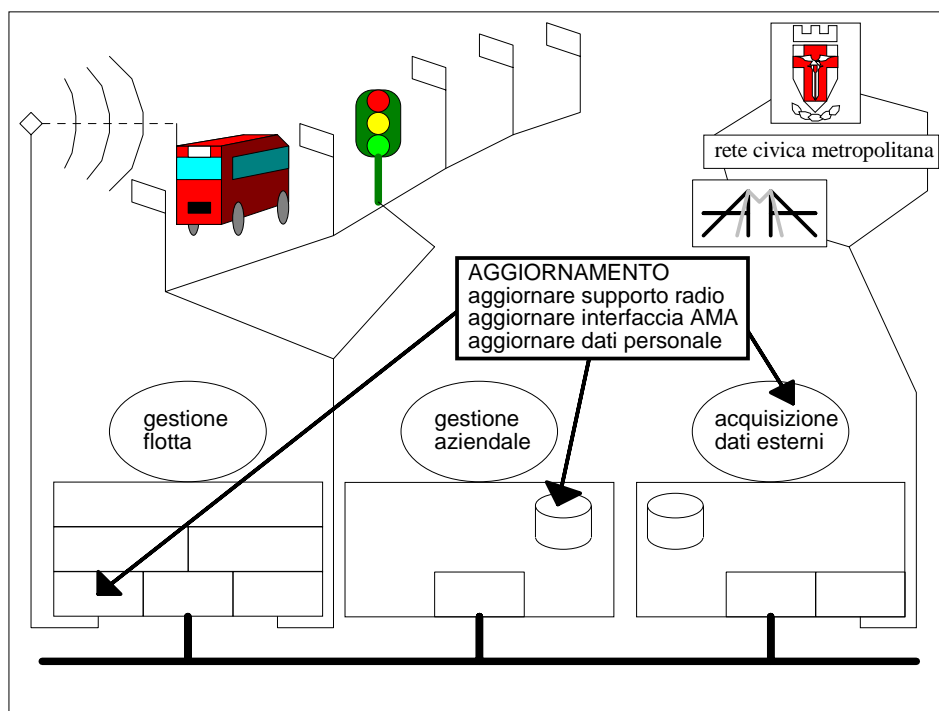


Figura 4.1 - Aggiornamento di sistema modulare

I dati

Se l'aggiornamento si limita ai **dati**, a seconda dei dati manipolati cambieranno anche le loro tecniche di aggiornamento. Anche in funzione della semantica associabile ad un dato, la tecnica di aggiornamento cambia.

Generalmente buona parte dei dati può essere facilmente aggiornata avendo cura di registrare tutte le modifiche che vengono di volta in volta operate sulla realtà (*p.e. ogni volta che una squadra di intervento modifica la rete di distribuzione, magari per riparare un guasto, le modifiche vengono subito riportate nella rappresentazione della rete*).

Soprattutto nel controllo di realtà territoriali molto vaste e complesse, però, non è possibile avere un tale aggiornamento simultaneo, anche perché spesso chi attua la modifica non ha alcun rapporto con chi utilizza la rappresentazione del territorio. In questo caso è necessario procedere ad un aggiornamento generalizzato di tutte le informazioni. D'altra parte, se non si adottano metodologie adeguate, tale aggiornamento diventa costoso quanto la prima acquisizione del dato. Se si sfrutta l'informazione già a

disposizione, però, l'aggiornamento può recuperare dalla sua struttura parte della semantica del dato (p.e. il riconoscimento di una modifica ad un dato può implicare la modifica di altri dati o di altre caratteristiche dello stesso dato; se un oggetto è già noto con una certa caratteristica, ritrovare la stessa caratteristica, nel caso di una revisione di tutte le informazioni, può permettere di riconoscere l'oggetto come immutato; se una caratteristica può evolvere solo con un limitato insieme di alternative, conoscere il precedente valore della caratteristica circonda l'insieme dei possibili valori di aggiornamento) (Figura 4.2).

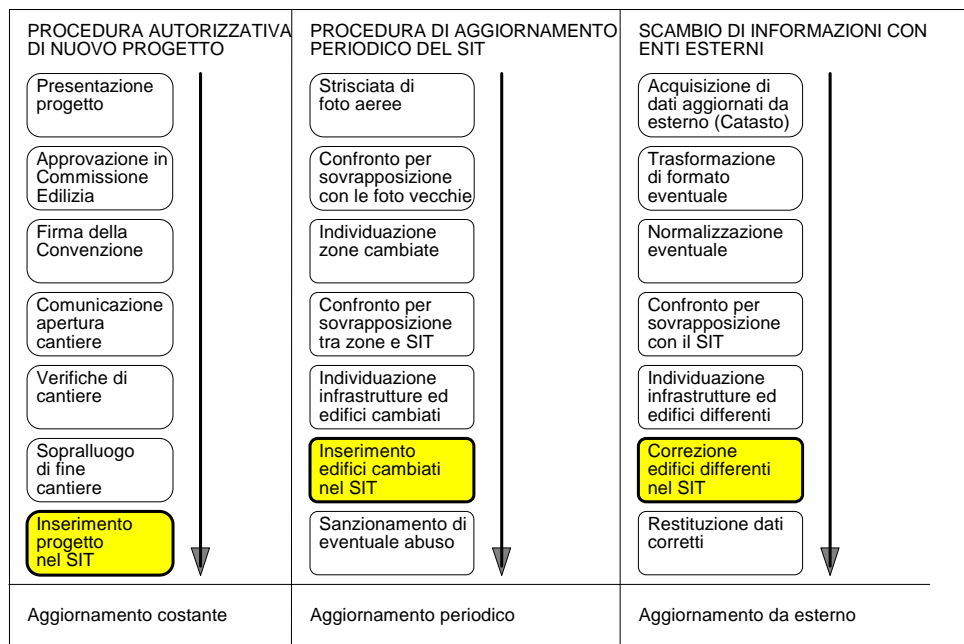


Figura 4.2 - Diversi processi di aggiornamento dei dati

Progettando correttamente il sistema, si può facilmente sfruttare l'aggiornamento dei dati fatto per altri scopi (p.e. utilizzando direttamente le informazioni anagrafiche aggiornate costantemente per fini istituzionali) pur di connettere correttamente i sistemi su cui tali aggiornamenti vengono realizzati.

Le conoscenze

Nel caso, poi, dei sistemi per il supporto delle decisioni, l'inserimento delle conoscenze relative al dominio di applicazione non viene neppure visto come problema di gestione del sistema ma più semplicemente come questione inerente alla realizzazione

del sistema stesso. Generalmente in tutti i sistemi di questo tipo, non solo nei rari casi di utilizzo per la gestione territoriale, si considera che le conoscenze su cui si basa il supporto alla decisione siano immutabili nel sistema, anche quando il sistema stesso non ha le conoscenze di dominio cablate al proprio interno ma si basa su ambienti per la realizzazione di sistemi esperti indipendenti dal dominio di applicazione. Di conseguenza non viene neppure posto in questione il problema dell'**aggiornamento delle conoscenze** di dominio, derivante dall'elaborazione di nuovi criteri di gestione o più semplicemente dalla necessità di trattare casi non considerati inizialmente, non solo per una analisi iniziale parziale ma anche per il semplice fatto che tali casi non erano in precedenza neppure ipotizzabili.

Riassunto

L'**aggiornamento** dei Sistemi Informativi Territoriali riguarda diversi aspetti strettamente connessi tra loro che richiedono specifiche attenzioni durante la vita e, ancor più, al momento della progettazione dei sistemi stessi.

Gli aspetti da considerare riguardano soprattutto l'**aggiornamento dei dati**, che generalmente hanno una più rapida evoluzione. La loro gestione è di solito il motivo stesso dell'introduzione dei Sistemi Informativi Territoriali. Non sono però da trascurare altri due aspetti che molte volte sono ignorati: l'aggiornamento ed **adattamento dei sistemi** alle nuove esigenze di elaborazione ed organizzazione e l'**aggiornamento delle conoscenze** che guidano il supporto alle decisioni. Anche questi due aspetti, per quanto abbiano tempi di modifica più lunghi, possono portare ad una rapida obsolescenza dei Sistemi Informativi Territoriali, che può risultare perfino in un abbandono del loro utilizzo a causa della non attendibilità ed inefficacia dell'ausilio ricevuto.

4.2 L'aggiornamento dei sistemi

L'aggiornamento dei Sistemi Informatici Geografici, e in generale delle strumentazioni di supporto ai Sistemi Informativi Territoriali, richiede una attenzione notevole al momento della progettazione dei sistemi.

L'**espansione** o la **sostituzione** di parti del sistema con **nuovi strumenti** viene, al massimo, presa in considerazione con un approccio modulare alla progettazione che preveda la definizione di interfacce a cui i moduli funzionali devono corrispondere. Se la descrizione delle interfacce viene studiata con sufficiente generalità e lungimiranza, slegandosi dalle tecnologie disponibili al momento contingente, la possibilità di evoluzione del sistema è sufficientemente garantita. Spesso, però, si dà per scontato che l'introduzione di nuove tecnologie e metodologie possa avvenire solo sostituendo completamente il sistema con uno nuovo in un tempo successivo. Purtroppo ciò ha come conseguenza un notevole spreco di risorse, al momento dell'abbandono del vecchio sistema a seguito della sua obsolescenza, che induce a far sopravvivere molto più del necessario sistemi concettualmente vecchi. Si corre così il rischio di un loro utilizzo

sempre più marginale compensato tramite altri strumenti non integrati in un sistema (p.e. vecchi Sistemi Informativi Territoriali basati su dati non trasferibili).

L'**indipendenza dei dati** dal sistema, ovviamente, rende più semplice svincolarli dal vecchio sistema, quando si intende migrare verso uno con caratteristiche migliori. Se però i dati sono strutturati nel sistema, la progettazione deve anche studiare tutta la fase di migrazione. Se l'aggiornamento consiste nell'inserimento di un nuovo modulo o la sostituzione di uno vecchio, è necessario studiare l'influenza o la potenzialità del nuovo modulo sui dati presenti.

La flessibilità assume ancora più valore se le sottoparti invece che separate funzionalmente sono separate fisicamente, come entità operanti autonomamente e interconnesse tra loro. Tale separazione può anche realizzarsi utilizzando una **connettività geografica** sempre più facilmente accessibile. I singoli moduli di un sistema potranno essere semplicemente sottosistemi autonomi, che gestiscono funzioni territoriali proprie, di cui possono essere competenti anche Enti differenti che, tramite rete geografica, cooperano automaticamente (p.e. i Sistemi Informativi che supportano i diversi dipartimenti degli Enti Locali e delle Aziende Pubbliche di un dato territorio, connessi in rete urbana con propri servizi, possono scambiarsi informazioni di tipo anagrafico o operativo nello svolgimento di compiti anche molto diversi, dalla certificazione anagrafica al controllo del traffico) (Figura 4.3).

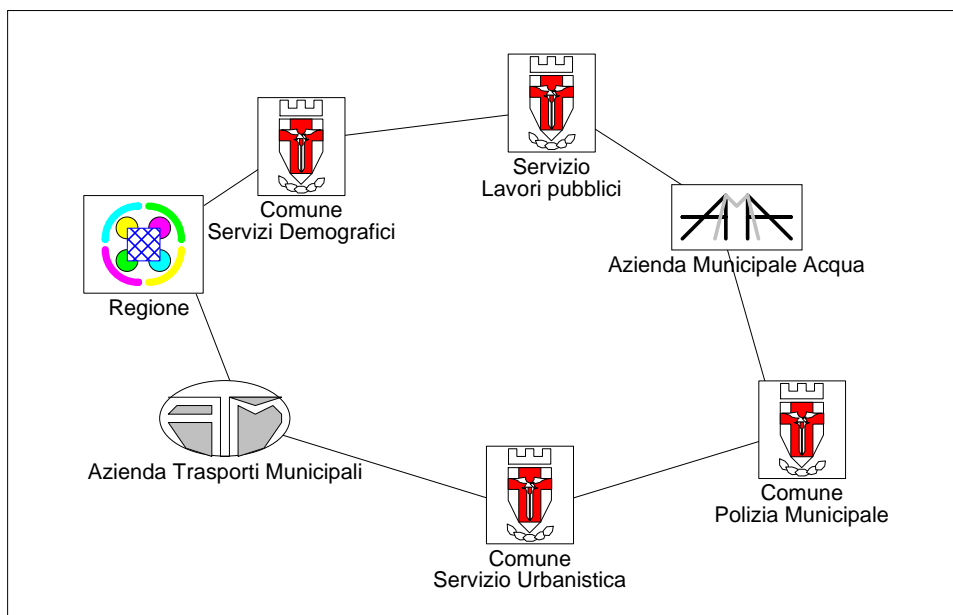


Figura 4.3 - Connessioni tramite rete metropolitana

4.3 L'acquisizione e l'aggiornamento dei dati

Come il costo dell'acquisizione dei dati di base ha molte volte bloccato l'utilizzo di Sistemi Informativi Territoriali, il loro mancato aggiornamento ha spesso portato ad obsolescenza e ad un conseguente abbandono della loro applicazione. I **dati**, se acquisiti in tempo reale e automaticamente, richiedono un alto costo per l'installazione del sistema di rilevamento e, generalmente, un costo contenuto per l'ordinaria amministrazione. I dati acquisiti in altra maniera richiedono una cadenza periodica di aggiornamento. Per altro, relativamente al tipo di dato e alle sue caratteristiche (p.e. *quali altri utilizzi sono prevedibili, quantità di dati rilevati, costo del loro rilevamento ed inserimento*) si può prevedere una cadenza più o meno frequente di aggiornamento legata all'obsolescenza del dato stesso (Figura 4.4).

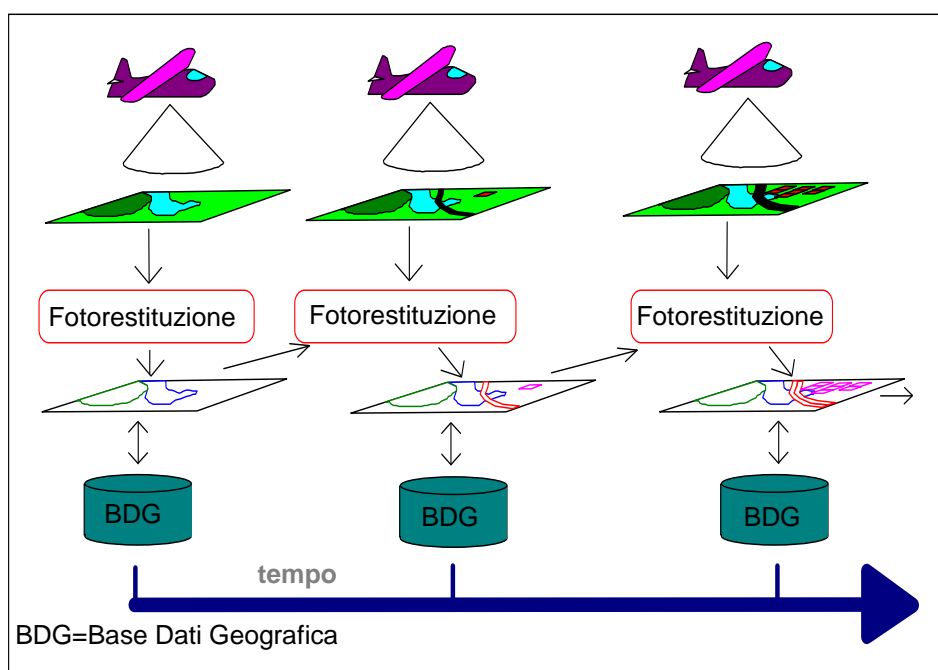


Figura 4.4 - Acquisizione ed aggiornamento tramite foto aeree

L'aggiornamento, rispetto alla prima acquisizione, può essere sicuramente molto più automatizzato, sfruttando tecniche di rilevamento a basso costo (p.e. *telerilevamento per immagini*), dato che si può basare sulle informazioni già acquisite in passato per guidare l'identificazione e il riconoscimento. In ogni caso, al momento dell'installazione di una applicazione bisogna tenere conto delle necessità di aggiornamento dei dati. Se questo

non avvenisse, il sistema stesso diventerebbe a poco a poco sempre meno utile e, ciò che è peggio, non più affidabile.

Proprio perché spesso l'aggiornamento non viene distinto, come processo, dall'inserimento dei dati, non sono molto sviluppate le tecniche che permettono di effettuarlo in maniera efficace ed efficiente.

I dati iniziali

Le questioni legate al reperimento dei **dati di partenza**, siano essi derivanti dalla trascrizione di tabulati cartacei oppure carte digitali acquistate presso fornitori istituzionali o commerciali, a volte vengono considerate in un secondo tempo, quasi non fossero anch'esse strutturali al sistema stesso. A volte tale introduzione iniziale viene considerata semplicemente la prima parte della gestione ordinaria del sistema, alla stregua dell'aggiornamento dei dati. Quest'ultimo approccio porta spesso ad una cattiva valutazione dei costi o dei tempi, facendo risultare eccessivamente onerose le fasi di aggiornamento dei dati, nel caso in cui si assuma che il carico di lavoro derivante dall'inserimento iniziale dei dati perduri anche nei tempi successivi, oppure inducendo una lunghissima fase di avviamento, nel caso l'inserimento iniziale avvenga tramite le risorse previste per il semplice aggiornamento dei dati. Per progettare la fase di prima acquisizione può essere utile rilevare **aspetti semantici** dei dati che, sapendoli sfruttare, permettono di ridurre il costo della loro acquisizione (*p.e. un indirizzo contiene un significato geografico, che non è presente nella descrizione di un articolo di magazzino, e può far evitare di georeferenziare esplicitamente il dato associato all'indirizzo*).

I costi dell'aggiornamento e della correzione dei dati

Tutti questi aspetti sono determinanti nella scelta delle tecnologie, influenzando notevolmente sia dal punto di vista economico che nella gestione dei tempi di attuazione dei progetti. Una cattiva valutazione di tali problemi può portare al fallimento dei progetti di introduzione di Sistemi Informativi Territoriali all'interno di organizzazioni ed amministrazioni.

Il costo dell'acquisizione dei dati risulta spesso preponderante su quello per l'acquisto di hardware e software. Se a ciò si aggiunge il **costo dell'aggiornamento** delle informazioni, si può comprendere quanto sia importante considerare nella progettazione del sistema la loro integrazione e i canali di acquisizione.

Spesso, può risultare economicamente vantaggioso effettuare l'aggiornamento dei dati ottenendo da attori esterni **versioni aggiornate** dei dati acquistati al momento della prima acquisizione, sempre che l'aggiornamento non venga venduto al prezzo della prima acquisizione. In questa maniera oltre agli aggiornamenti che rispecchiano i mutamenti della realtà, se i fornitori svolgono un lavoro di qualità, si ottengono dei dati in cui sono stati anche **eliminati gli errori** riconosciuti a partire dalla prima redazione.

Se il venditore dei dati non fa questa distinzione tra prima acquisizione ed aggiornamento, può invece risultare più economico impegnare parte delle proprie risorse nel lavoro di **aggiornamento interno**. In tal caso sarà necessario prendersi cura di eliminare gli errori riscontrati oltre ad inserire gli aggiornamenti rilevati.

L'autonomia dei dati rispetto ai sistemi

I dati devono avere una autonomia rispetto ai sistemi che li usano. Questa autonomia può essere raggiunta a diversi livelli che lasciano vari spazi di libertà. Infatti i dati possono essere strettamente legati all'applicazione che li elabora essendo in un formato interno non noto e senza possibilità di esportazione: sostituire l'applicazione significa dover necessariamente reinserire tutti i dati precedentemente disponibili. Una prima possibilità di autonomizzazione risiede nei meccanismi di esportazione. L'applicazione, pur utilizzando un formato interno, permette di produrre una copia dei dati in formati di interscambio, spesso standard, che può essere utilizzata in fase di migrazione per assorbirli nella nuova applicazione senza doverli reintrodurre. Un altro meccanismo di autonomizzazione dei dati consiste nell'utilizzare un'altra applicazione che in parallelo gestisce i dati. I dati non vengono gestiti direttamente dai Sistemi Informatici Geografici ma da un Gestore di Basi di Dati che con esso comunica. Volendo sostituire l'applicazione, si può sceglierne un'altra che possa lavorare in parallelo con lo stesso Gestore di Basi di Dati. Una ulteriore possibilità consiste nell'utilizzo di applicazioni che siano in grado di utilizzare direttamente i dati in un formato standard comune senza la necessità di migrazioni o di intermediazioni di altre applicazioni. Per giungere a questo però è necessaria un'opera di accordo tra produttori ed utilizzatori con la supervisione di Enti di standardizzazione che è attualmente in atto.

Rendendo autonomi i dati l'aggiornamento dei sistemi può avvenire sostituendo solo gli strumenti e non dovendo necessariamente riorganizzare o peggio riacquisire tutti i dati. **L'autonomia dei dati** consente inoltre di evidenziare la separatezza di dati di natura ed origine diversa, in modo da progettare sistemi che integrino dati eterogenei. Questa possibilità, sempre più spesso disponibile nei sistemi di gestione dei dati attuali, se sfruttata, rende molto più semplice anche il processo di aggiornamento perché, tra l'altro, permette di tenere in considerazione le diverse frequenze e dimensioni degli aggiornamenti di dati di natura diversa, consentendo di suddividere tra attori diversi l'onere dell'aggiornamento in un'ottica di integrazione di dati di diversa provenienza.

La scelta di rendere i dati autonomi dal sistema può risultare in contraddizione ad un **approccio ad oggetti**! **Reference source not found.** in cui il sistema è costituito dall'insieme degli oggetti in esso contenuti. In tal caso, senza perdere la potenza dell'impostazione ad oggetti, basterà fare attenzione a considerare gli oggetti come entità che agiscono sul mondo esterno più che su se stessi. (*p.e. l'oggetto autocarro invece che conservare "al proprio interno" la descrizione del proprio carico, conserverà un riferimento ad una struttura esterna in cui è conservata tale descrizione.*)

Aggiornamento e condivisione dei dati

In un sistema complesso che prevede diversi attori interagenti, a seconda delle scelte, l'aggiornamento va in carico a soggetti diversi. Diventa quindi cruciale identificare già al momento della progettazione del sistema a chi **affidare l'aggiornamento**, tenendo in considerazione che tale funzione può richiedere un buon grado di competenza e conoscenza che permetta di controllare efficacemente le informazioni che vengono aggiornate. È ovvio che l'affidabilità delle informazioni dipende direttamente dall'affidabilità del suo gestore: l'alternativa è una duplicazione dei processi di rilevazione da parte di tutti gli attori in modo da poter controllare autonomamente tutto il processo di produzione dell'informazione, ma è implicito che in questo caso il costo della produzione può portare a dover trascurare parte delle informazioni con conseguente rischio di cattive valutazioni basate su dati incompleti.

Se si sceglie di avere un unico sistema che svolge funzione di **supporto comune** a carattere pubblico per i diversi attori, (*p.e. un unico centro regionale che integri tutti i dati relativi alla regione di competenza*) è probabile che l'aggiornamento sia demandato a quel sistema su informazione dei diretti interessati. Ciò può dare problemi di efficacia, disaccoppiando la figura di chi aggiorna da chi ha la competenza sulle informazioni. Quello che si rischia è, oltre alla evidente sovrabbondanza di informazioni da dover gestire, la perdita di significato delle nuove informazioni: proprio perché i vecchi dati hanno un alto valore in fase di aggiornamento, per chi sa metterli in relazione con i nuovi. Se l'aggiornamento viene fatto da esterni, questo valore, importante soprattutto per validare i nuovi dati, va in buona parte perso (*p.e. l'anomalia del rilevamento di un certo tipo di selvaggina in una zona con determinate caratteristiche naturali può essere riconosciuta solo da chi conosce gli habitat dei vari animali*).

Se invece si prevede l'**integrazione di più sistemi** autonomi tramite **canali di comunicazione** sufficientemente veloci, si ha il vantaggio di lasciare ad ognuno il compito di aggiornare le informazioni riguardanti la propria attività, che conosce e sa interpretare ed eventualmente correggere. D'altra parte questo approccio richiede un maggiore impegno nell'integrazione, dovendo prevedere la consistenza dei dati di tutto il sistema. Ovviamente l'affidabilità di tale approccio dipende anche dall'affidabilità dei singoli gestori delle informazioni utilizzate, non solo per quanto riguarda il corretto rilevamento delle informazioni, ma anche riguardo alla completezza del loro aggiornamento.

L'integrazione di sistemi complessi può per altro essere facilitata tramite la descrizione di interfacce di scambio a cui i vari operatori sono tenuti ad adeguarsi. L'interazione diventa una generica procedura di domanda e risposta tra più agenti cooperanti che riporta facilmente ad un approccio ad oggetti.

Aggiornamento incrementale automatizzabile

Nelle applicazioni di gestione l'aggiornamento deve essere istantaneo perché è necessario conservare sempre coerente la realtà con la sua rappresentazione. Per ottenere ciò, nella pratica gestionale, si fa in modo che ogni modifica dello stato rappresentato possa avvenire solo tramite transazioni informatizzate che hanno come effetto, oltre allo scambio di informazione necessario allo svolgimento del compito, l'aggiornamento della rappresentazione della realtà (*p.e. l'uscita della merce dal magazzino, che potrebbe avvenire concretamente senza particolari formalità, viene subordinata all'emissione di una bolla di accompagnamento a scopi fiscali che consente contestualmente l'aggiornamento della rappresentazione informatica dello stato delle giacenze*).

Nella gestione territoriale, per altro, il sistema reale da controllare è molto più indipendente da chi lo gestisce (*p.e. una azienda di trasporti pubblici può sfruttare la formalizzazione dell'uscita di un automezzo dalla rimessa, ma ben difficilmente può ottenerla del blocco di un percorso stradale in seguito ad un incidente*). Molte informazioni però possono essere recuperate all'esterno **da altri enti** se questi sono connessi (*p.e. la questura può comunicare un blocco in seguito ad una manifestazione politica per cui è stata fatta regolare comunicazione o il Comune lo può fare divulgando l'inizio di lavori stradali per cui è stata richiesta l'autorizzazione*), e molte altre acquisite direttamente **da rilevatori esterni** (*p.e. le stazioni meteorologiche automatiche possono fornire istantaneamente informazioni utili al controllo delle emergenze meteorologiche o le spire di rilevamento dei veicoli possono fare altrettanto per il controllo del traffico*).

D'altra parte la gestione territoriale in molte situazioni non richiede un aggiornamento così istantaneo, nei casi in cui si deve procedere a scelte strategiche più che operative. Anche in questo caso l'aggiornamento può essere fatto in maniera almeno parzialmente automatica, sfruttando altri strumenti, come le immagini satellitari o le foto aeree, che forniscono **informazioni per ampie aree** a tempi saltuari. Queste immagini riescono a dare informazioni ad alto valore semantico e contestuale non solo per singoli punti come i rilevatori visti prima ma per aree più o meno ampie (Figura 4.5).

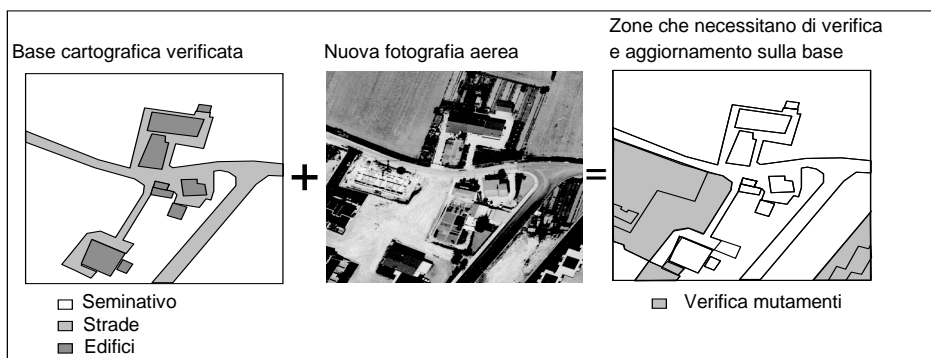


Figura 4.5 - Aggiornamento semiautomatico da foto aerea

Per andare verso l'automatizzazione dell'aggiornamento, una prima osservazione da cui partire è che al momento dell'aggiornamento sono già note le tipologie più frequenti di dati e si conoscono già le informazioni da aggiornare. Queste osservazioni sembrano ovvie ma quasi mai vengono sfruttate. Infatti, partendo da una descrizione parziale dell'aggiornamento, è possibile fornire suggerimenti riguardo alla parte di descrizione non ancora fornita, proprio in base alle tipologie più comuni all'interno del corpo di dati a disposizione. Se, per di più, si intersecano queste informazioni tipologiche generali con le informazioni obsolete a disposizione, è spesso possibile arrivare ad un aggiornamento completo fornendo un numero limitato di informazioni (p.e. per aggiornare il titolo di studio di una persona, la conoscenza del suo titolo precedente permette di dedurre il titolo di scuola media inferiore se il precedente era la licenza elementare, di restringere ai titoli di scuola media superiore se il precedente è un titolo di scuola media inferiore o, se il precedente è un titolo di scuola superiore, di suggerire le lauree più frequentemente conseguite in seguito a quel titolo di scuola superiore senza per altro escludere le altre lauree o altri titoli di scuola superiore).

Soprattutto per quanto riguarda le informazioni di tipo geografico, per altro, nella fase di aggiornamento, l'**informazione già nota** può essere sfruttata per rendere più veloce e automatizzare, almeno parzialmente, il processo di aggiornamento. Infatti almeno parte delle informazioni geografiche possono essere acquisite direttamente da moduli integrabili nei sistemi. Le trasformazioni di un territorio, soprattutto quelle di tipo naturale ma in buona parte anche quelle indotte dall'intervento umano, hanno una tipologia di evoluzione nota. Ciò significa che l'aggiornamento può essere effettuato spesso automaticamente semplicemente partendo dalla descrizione delle condizioni storiche ed acquisendo strumentalmente le informazioni relative alla situazione presente (p.e. se in una località era precedentemente nota la presenza di una foresta e da immagine satellitare o da foto aerea l'area risulta fredda o nera è facile dedurre la distruzione della foresta a causa di un incendio).

Riassunto

L'**aggiornamento dei dati**, fondamentale per mantenere efficaci i Sistemi Informativi Territoriali, è una funzione che, più che per altri tipi di sistemi informativi, richiede una progettazione attenta alle problematiche connesse e uno studio di metodologie adeguate, che permettano di sfruttare a pieno le informazioni disponibili. Infatti, le informazioni geografiche hanno una **notevole variabilità**, che difficilmente è sotto il controllo esclusivo di chi intende gestirle tramite i Sistemi Informativi Territoriali, ma allo stesso tempo hanno una **notevole ridondanza semantica**, che permette di estrapolare almeno parte degli aggiornamenti da dati apparentemente poco significativi ma facilmente acquisibili.

L'utilizzo di tecniche e metodologie di rilevazione ed elaborazione adeguate e correttamente progettate, permette di conservare i dati iniziali ad un buon livello di aggiornamento che li conservi sufficientemente significativi.

4.4 L'acquisizione e l'aggiornamento delle conoscenze

Per quanto riguarda poi il supporto alle decisioni, se normalmente viene affrontata molto parzialmente e non molto efficacemente la questione dell'inserimento delle conoscenze su cui basare le decisioni, viene sempre del tutto trascurato il problema dell'aggiornamento di tali conoscenze.

L'aspetto dell'**aggiornamento delle conoscenze** su cui si basa il supporto alle decisioni fornito dal sistema non viene neppure preso in considerazione, considerando tali conoscenze immutabili e cablandole quindi nel sistema stesso anche nel caso di utilizzo di strumenti aperti per la realizzazione di sistemi per il supporto alle decisioni.

L'evoluzione delle conoscenze

Uno dei più grossi problemi legati all'introduzione del supporto alle decisioni in contesti che non siano già intrinsecamente informatizzati è sempre stata la trasposizione delle conoscenze degli esperti all'interno dei sistemi. La necessità di dover ricorrere alla mediazione di un informatico e la richiesta agli esperti di esprimere organicamente le proprie conoscenze ha spesso reso inattuabili dei progetti validissimi.

Ma anche nei casi in cui lo sforzo arriva a buon fine e la conoscenza sul dominio viene adeguatamente formalizzata, spesso il sistema realizzato rimane imbalsamato a tale livello di conoscenze perché qualsiasi modifica richiede uno sforzo a volte maggiore della già faticosa prima fase di formalizzazione delle conoscenze. Risulta quindi proibitivo far evolvere il sistema a seconda delle **nuove acquisizioni teoriche** o delle **nuove situazioni** da affrontare.

Come è importante separare i dati dai sistemi di gestione in modo da permettere una loro agevole migrazione tra diversi sistemi ed un semplice aggiornamento,

analogamente le conoscenze che guidano il supporto alle decisioni dovrebbero rimanere ben separate per permettere, oltre all'aggiornamento, la loro verifica e sostituzione per il confronto tra diversi sistemi di conoscenze.

Inoltre, se le conoscenze sono distinte dal sistema che le gestisce, è possibile mettere a confronto **diverse teorie** facendo affrontare lo stesso problema al sistema guidato da diverse basi di conoscenza. Soprattutto nei casi in cui la conoscenza è prevalentemente di tipo qualitativo tale possibilità è notevole al fine di fornire un supporto alle decisioni abbastanza complesso.

I problemi di formalizzazione

Uno dei principali problemi consiste nella difficoltà di formalizzare completamente una teoria del dominio. In genere gli esperti del dominio non sono chiamati a descrivere tutta la loro conoscenza ma piuttosto ad usarla affrontando i problemi. Molte volte un esperto sa risolvere un problema ma non sa spiegare la teoria che soggiace alla soluzione trovata (*p.e. un meccanico difficilmente sa spiegare le leggi fisiche per cui un motore non funziona ma è ugualmente in grado di rimetterlo in funzione*). Di solito un esperto segue un **percorso risolutivo** formato da osservazioni e scelte che lo conducono alla soluzione: posto di fronte ad un problema è in grado di avanzare delle ipotesi per poi, identificate quelle corrette, proporre delle nuove ipotesi da verificare. Mettendo assieme i vari percorsi costituiti dalla successione di ipotesi e verifiche, si ottiene una metodologia che permette di risolvere tutti i problemi che sono affini ai casi affrontati fino a quel punto (Figura 4.6). Ogni caso che non rientra tra quelli trattati necessita dell'identificazione di un nuovo percorso risolutivo che, aggiunto agli altri, va ad estendere le capacità risolutive della metodologia.

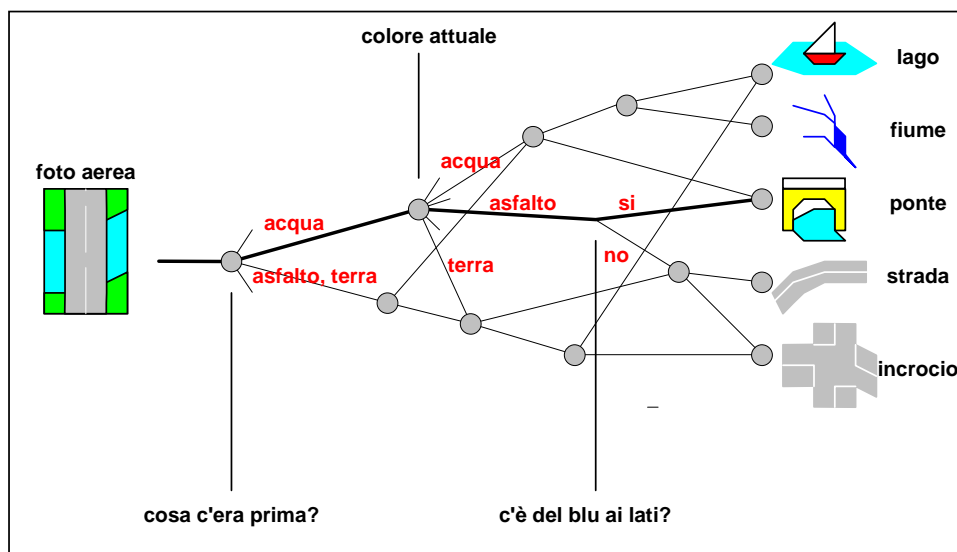


Figura 4.6 - Identificazione del percorso risolutivo

Se le conoscenze sono anche di tipo qualitativo, diventa importante poter esprimere **conoscenze imprecise** utilizzando sistemi per la gestione della conoscenza che siano in grado di svolgere ragionamenti incerti.

Adottando uno strumento che consenta di descrivere e correttamente utilizzare questi percorsi risolutivi di un dominio, è possibile ottenere un sistema di supporto alle decisioni che non richieda la formalizzazione della teoria soggiacente al dominio stesso. La predisposizione del sistema può avvenire descrivendo un primo insieme di percorsi risolutivi, magari i più semplici, estendendolo a partire da casi specifici per i quali viene seguito il percorso risolutivo. Si ottiene così una modalità di acquisizione delle conoscenze mediante **apprendimento per esempi**. Tale sistema è intrinsecamente aggiornabile in base alle nuove conoscenze sopravvenute o ai nuovi casi da trattare, proprio per la metodologia di acquisizione delle conoscenze che utilizza.

Riassunto

L'**aggiornamento delle conoscenze** legate al supporto delle decisioni o più in generale utilizzate nelle scelte di gestione realizzate tramite i Sistemi Informativi Territoriali richiede, innanzi tutto, l'utilizzo di sistemi di rappresentazione della conoscenza che permettano di separarla dai sistemi stessi senza doverla considerare loro parte integrante.

Uno dei problemi legati alla rappresentazione della conoscenza, particolarmente al fine di un suo corretto aggiornamento, è quello dell'utilizzo di un **metodo di formalizzazione** che dia facilmente all'esperto delle problematiche geografiche la possibilità di esprimere i propri criteri di giudizio e modificarli ed estenderli in base all'esperienza e alla necessità.

Anche se la problematica è ancora in fase di studio, l'approccio che maggiormente sembra fornire gli strumenti adeguati si basa sull'addestramento del sistema tramite la soluzione guidata di esempi al fine di fargli acquisire i percorsi risolutivi corretti dal punto di vista dell'esperto geografico.

5. - Dall'informazione quantitativa a quella qualitativa.

Anche se i calcolatori sono nati espressamente per gestire velocemente questioni prettamente numeriche, perciò quantitative, l'evoluzione dell'informatica ha reso disponibili tali strumenti anche in contesti dove le scelte si basano su **aspetti maggiormente qualitativi**.

Ipotizzando l'applicazione dell'informatica in domini diversi, è importante che gli esperti dei domini almeno conoscano quali sono le possibili elaborazioni messe a disposizione dall'informatica.

Alcuni aspetti tecnici influiscono sulla realizzazione di soluzioni applicative. Alcune questioni che sembra facile affrontare direttamente richiedono uno sforzo notevole per essere risolte informaticamente (*p.e. la predisposizione delle tabelle orarie per l'allocazione di autisti e automezzi di un servizio pubblico di trasporto*). D'altra parte, e questo è più interessante, alcune questioni che direttamente risultano difficilmente affrontabili trovano una soluzione, a volte quasi banale, utilizzando strumenti informatici (*p.e. l'individuazione dei soggetti corrispondenti a certi criteri di selezione anche complessi in una popolazione di varie migliaia di persone della cui descrizione si dispone*). Per un esperto di domini non informatici conoscere queste possibilità diventa importante per trovare nuove soluzioni a problemi che sembrano irrisolvibili.

5.1 **Aspetti quantitativi: i valori**

Alla base di ogni applicazione dell'informatica ci sono dei **dati**, valori precisi da elaborare. Tali valori possono essere di tipi anche molto diversi e con gradi sempre maggiori di strutturazioni (*p.e. numeri, testi, punti geometrici, linee, aree, aggregazioni di valori*). Alcune di queste strutturazioni sono particolarmente significative nel contesto dei Sistemi Informativi Territoriali, permettendo di trattare gli aspetti tipici delle informazioni geografiche.

La strutturazione dei dati

I dati presenti nei Sistemi Informativi Territoriali devono essere **adeguatamente strutturati** in relazione all'utilizzo che se ne intende fare e delle relazioni che questi hanno tra loro (Figura 5.1).

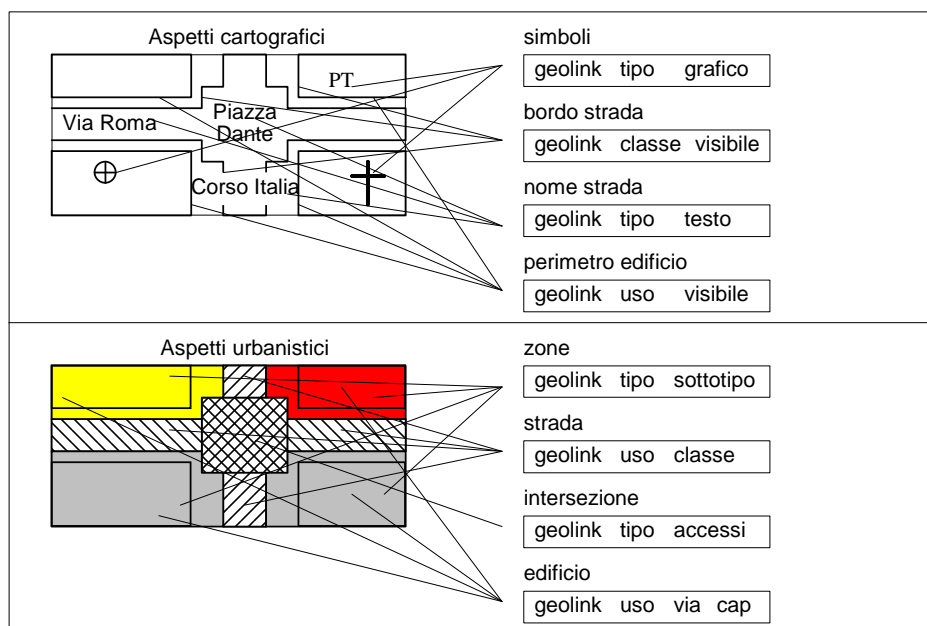


Figura 5.1 - Strutture diverse per usi diversi

La descrizione di tale struttura deve avvenire in maniera dettagliata prima di procedere all'acquisizione dei dati, potendo influenzare anche questa fase. La descrizione della struttura dei dati è uno dei compiti che richiede maggior attenzione e competenza perché, se fatta superficialmente ed ignorando alcuni aspetti del contesto di applicazione, può portare ad un sottoutilizzo, se non ad uno spreco completo, dell'investimento per l'acquisizione di Sistemi Informativi Territoriali.

Dopo aver **studiato** i dati che si intendono utilizzare e le applicazioni che si intende sviluppare subito o in futuro, si procede alla **descrizione** della struttura e delle relazioni tra le informazioni per poi passare alla loro **acquisizione e memorizzazione**.

Dato che molte volte almeno parte dei dati sono già disponibili, perché frutto di precedenti acquisizioni per l'utilizzo in altre applicazioni, si porrà la scelta tra il tentativo di inglobare nei Sistemi Informativi Territoriali le basi di dati e i loro gestori già utilizzati in precedenza o reintrodurre, magari dopo un passaggio di conversione, i dati precedenti nella nuova base di dati. A meno che i vecchi sistemi di gestione dei dati non vengano abbandonati per passare alla loro gestione tramite i Sistemi Informativi Territoriali, può risultare proficuo fare un maggiore sforzo di **integrazione** per utilizzare direttamente i vecchi sistemi come parte di quelli nuovi, soprattutto per avere direttamente l'aggiornamento dei dati senza doverlo effettuare esplicitamente travasando periodicamente le informazioni dal sistema vecchio a quello nuovo.

Le tecniche utilizzate nell'**archiviazione di dati** possono essere molto diverse, anche in relazione al momento in cui tali basi di dati sono state progettate e realizzate. Con l'evoluzione della tecnologia si è passati da basi di dati gerarchiche **Error! Reference source not found.**, in cui i dati dovevano essere organizzati secondo un albero gerarchico rappresentante le dipendenze dai dati a seconda dell'utilizzo che se ne intendeva fare, a basi di dati reticolari **Error! Reference source not found.** in cui le relazioni tra dati erano un po' più libere e consentivano un utilizzo più agile delle informazioni raccolte, fino alle attuali basi di dati relazionali che nei sistemi più aggiornati sono rese ancora più espressive evolvendo verso le basi di dati ad oggetti.

Le **basi di dati relazionali** **Error! Reference source not found.** sfruttano il concetto di relazione mediante il quale è possibile rappresentare le varie entità da memorizzare. Da un punto di vista grafico, una relazione può essere vista come una **tabella** **Error! Reference source not found.** in cui per ogni riga è conservata una entità rappresentata tramite l'elencazione delle sue caratteristiche, una per ogni colonna. Le colonne raggruppano perciò il valore della stessa caratteristica per tutte le entità rappresentate e vengono identificate da un nome che sarà un **attributo della relazione** **Error! Reference source not found.** Nella tabella quindi le righe sono le entità della relazione rappresentata e le colonne sono i suoi attributi. Usando un approccio insiemistico, la relazione può essere considerata un insieme di elementi omogenei con uguale struttura, cioè le entità rappresentate tramite la relazione, le cui parti sono identificabili per mezzo di un **nome di attributo**, distinguibili in base ad un valore, unico per ogni entità, che prende il nome di **chiave** **Error! Reference source not found.** La chiave è costituita da un sottinsieme degli attributi della relazione.

Nei sistemi di più recente concezione invece che insiemi di entità, in cui sono distinguibili diversi valori associati ad una struttura del dato, si utilizzano insiemi di **oggetti** **Error! Reference source not found.**, definiti da una **classe** **Error! Reference source not found.**, i quali, oltre ad aggregare dei valori, possono aggregare ad ogni entità rappresentata anche delle funzioni. In questa maniera i dati non sono più passivi, ma oggetti attivi che possono interagire con gli altri oggetti presenti nel sistema. Lo sviluppo delle applicazioni per sistemi ad oggetti avviene modificando notevolmente l'approccio, suddividendo la soluzione del problema in sottoproblemi ridotti alla descrizione dei comportamenti di diversi agenti cooperanti.

Rappresentazione dei dati geografici

Le informazioni geografiche elementari, cioè quelle che permettono di collocare nello spazio le informazioni, sia quelle più semplici che quelle maggiormente strutturate, vengono rappresentate secondo due metodologie differenti (Figura 5.2) che permettono, a seconda degli usi, una migliore elaborazione dell'informazione stessa. La prima metodologia, la **rappresentazione vettoriale** **Error! Reference source not found.**, descrive le informazioni tramite figure geometriche come punti, linee, aree e volumi. Anche le informazioni strutturate vengono associate a tali figure geometriche

che possono essere manipolate come **oggetti geografici**. Secondo la rappresentazione vettoriale un punto nello spazio può appartenere a uno o più oggetti geografici oppure essere uno "spazio vuoto". La seconda metodologia, utilizzata attualmente esclusivamente per informazioni bidimensionali (anche se nulla esclude una sua estensione anche allo spazio tridimensionale) è la **rappresentazione raster**. In tal caso ogni punto della superficie (o del volume) in considerazione appartiene ad una "cella" a cui è associato uno o più valori. Si ottiene una partizione dello spazio in quadrati (o cubi) a cui viene associato un unico valore, generalmente la media su tutto l'elemento della partizione. Questo tipo di rappresentazione, facilmente memorizzabile ed elaborabile come matrice, dopo un periodo in cui la richiesta di maggiore precisione aveva spostato verso la rappresentazione vettoriale le applicazioni, ha ripreso interesse grazie all'integrazione nei Sistemi Informativi Territoriali di immagini digitali. Una immagine satellitare è naturalmente trasposta in una equivalente rappresentazione raster in cui ogni **pixel** dell'immagine corrisponde ad uno dei quadrati del raster.

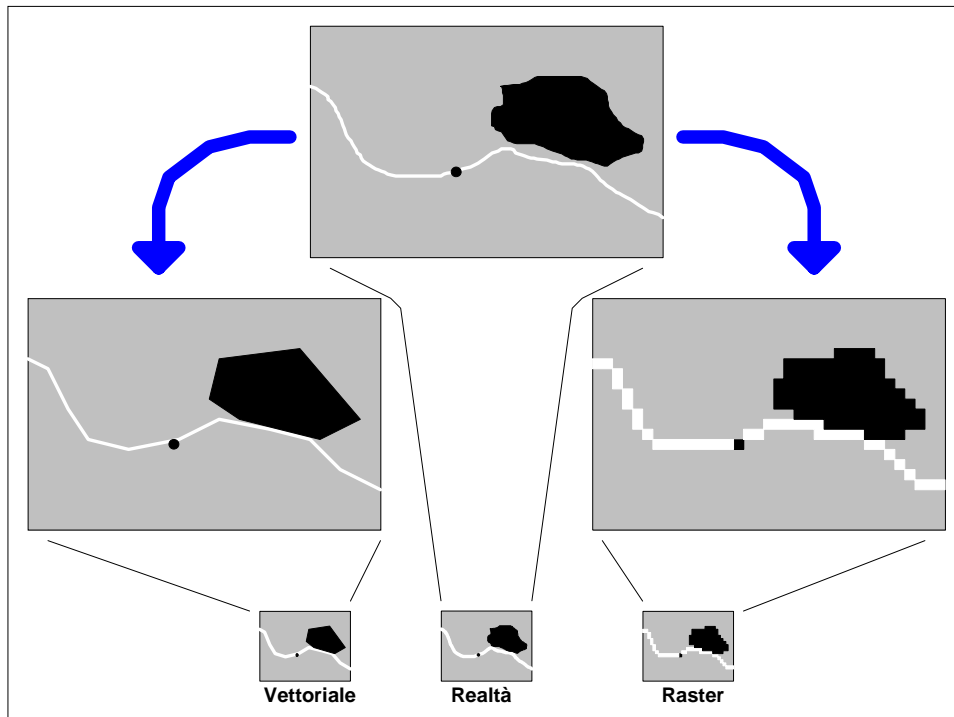


Figura 5.2 - Confronto tra rappresentazione vettoriale e raster

Se la dimensione del quadrato è sufficientemente ristretta, la precisione della rappresentazione diventa significativa ed accettabile. Dato che le due rappresentazioni permettono vantaggi diversi di elaborazione, è utile scegliere quale rappresentazione utilizzare a seconda dell'applicazione. In molti casi però i migliori risultati si ottengono dall'integrazione delle due metodologie di rappresentazione.

È anche possibile ipotizzare di trasformare una rappresentazione nell'altra ma tale processo induce notevoli perdite di precisione. Se il passaggio da vettore a raster risulta sufficientemente efficace associando ad ogni elemento del raster che interseca un oggetto geometrico i valori ad esso associato (procedimento che viene attuato ogni volta per la semplice visualizzazione degli oggetti su uno schermo video), il processo inverso è più complesso e prende il nome di **vettorializzazione**. In tale caso algoritmi abbastanza complessi e non deterministici tentano di riconoscere nel raster delle figure geometriche tramite le quali strutturare l'informazione. Dato che questo processo dipende fortemente dalla precisione del raster e dalla semplicità geometrica dell'informazione rappresentata, il risultato della vettorializzazione ha quasi sempre necessità di essere convalidato dopo una verifica che risolva le situazioni di indeterminatezza (Figura 5.3).

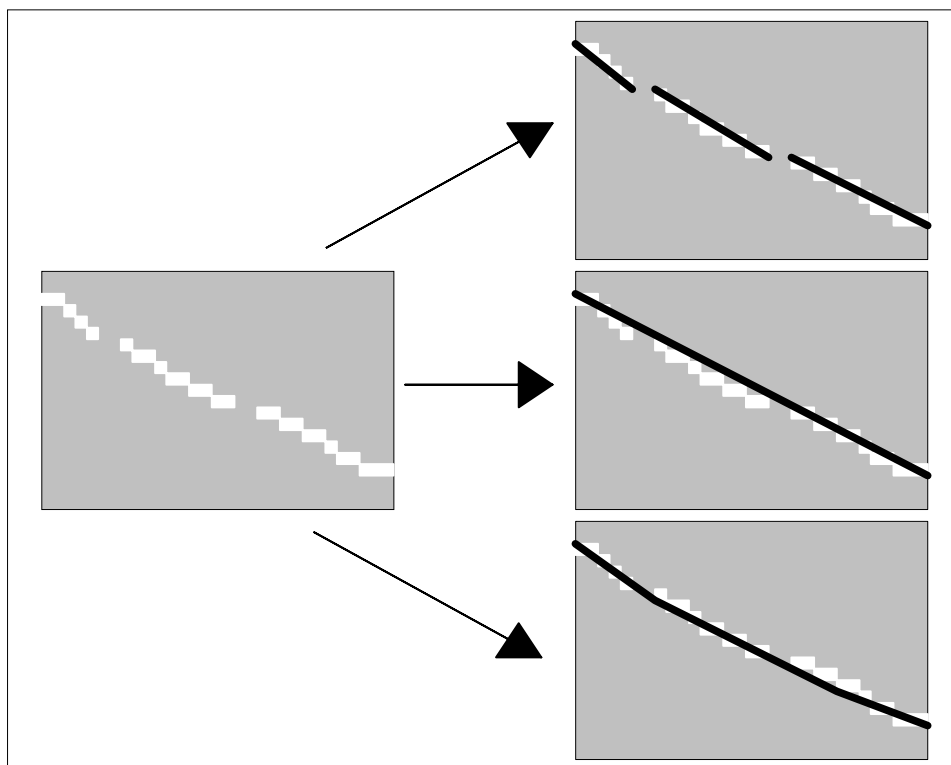


Figura 5.3 - Tre possibili vettorializzazioni

Una terza possibilità, la **rappresentazione a griglia**~~Error! Reference source not found.~~, è analoga a quella raster. Le informazioni sono rilevate sui nodi di una griglia rettangolare che normalmente ha maglie regolari o quadrate. In questo caso l'informazione è di tipo puntuale e può essere visualizzata anche in forma tridimensionale connettendo i nodi della griglia con rette. La griglia può anche essere facilmente visualizzata a linee nascoste. Il passaggio da rappresentazione raster a rappresentazione a griglia è immediato, immaginando di sovrapporre al raster una maglia che ha i nodi nel centro dei quadrati raster e valore uguale a quello medio sul raster. La trasformazione inversa è ovviamente ottenuta dando al quadrato che circonda il nodo della maglia il valore rilevato nel nodo.

Tramite la rappresentazione a griglia è possibile ottenere una semplice rappresentazione tridimensionale dei dati geometrici. Tramite la griglia è possibile rappresentare una superficie (*p.e. il suolo o uno strato geologico*) o una funzione anche non fisica legata ad un territorio (*p.e. la distanza pedonale dal più vicino centro di servizio o il livello di concentrazione di un inquinante nell'aria*). Tramite più griglie si

può rappresentare una stratificazione. Una volta che l'informazione è rilevata nei nodi della maglia, è possibile procedere ad una serie di elaborazioni (*p.e. per identificare punti di minimo, di massimo o selle, per riconoscere le direzioni di incremento massimo*) che, relativamente all'informazione rilevata, possono fornire indicazioni molto interessanti sul fenomeno (*p.e. in un punto di massima distanza da un centro di servizio può essere logico inserire un nuovo centro o su una sella bisogna adottare delle misure specifiche perché il livello di inquinamento è maggiore rispetto ad un altro punto a uguale distanza da una sola sorgente di inquinamento*).

Nella rappresentazione di dati geografici diventa importante determinare il metodo di **rappresentazione della superficie terrestre** che è un riferimento naturale primario per la collocazione di tutti i dati. Il metodo adottato implica una maggiore o minore semplicità delle elaborazioni richieste nelle applicazioni o una diversa precisione nella rappresentazione della superficie. La superficie viene approssimata tramite una tassellazione di superfici semplici che si basa su rilevazioni puntuali. Un primo metodo, basato sulla rappresentazione a griglia, determina l'altezza dei nodi della maglia come interpolazione dei punti rilevati limitrofi. A tal fine si ricorre ad un calcolo pesato delle altezze che tiene conto della distanza dei punti rilevati dal nodo della griglia. I quattro nodi di una maglia si considerano collegati da due triangoli che dividono in due il rettangolo della maglia. Un secondo metodo, che fornisce una rappresentazione vettoriale, connette i punti rilevati tramite superfici triangolari. Il calcolo richiede di determinare l'aggregazione corretta dei punti in modo da rispettare l'andamento della superficie.

Nel primo caso la superficie viene interpolata tra i punti rilevati ottenendo una maggiore approssimazione rispetto al secondo metodo. In compenso alcune ricerche e calcoli risultano semplificati per la semplicità della griglia rettangolare o quadrata.

Georeferenziazione dei dati alfanumerici

Il primo vantaggio specifico fornito da una base di dati geografica e, più in generale, dai Sistemi Informativi Territoriali è la possibilità di **localizzare nello spazio** informazioni di tipo alfanumerico e, conseguentemente, elaborarle e rappresentarle.

Informazioni che già attualmente vengono gestite informaticamente, potendo essere localizzate rispetto allo spazio rappresentato, assumono un significato molto più preciso (*p.e. un indirizzo, la quantità di sostanze disperse nell'aria da una attività industriale, i dati di un paziente affetto da disturbi epidemici*).

La **georeferenziazione** **Error! Reference source not found.** può avvenire legando tali dati ad una entità geometrica (*p.e. un punto, una linea, un'area o un volume*) collocata precisamente nella rappresentazione dello spazio creata dai Sistemi Informativi Territoriali (Figura 5.4).

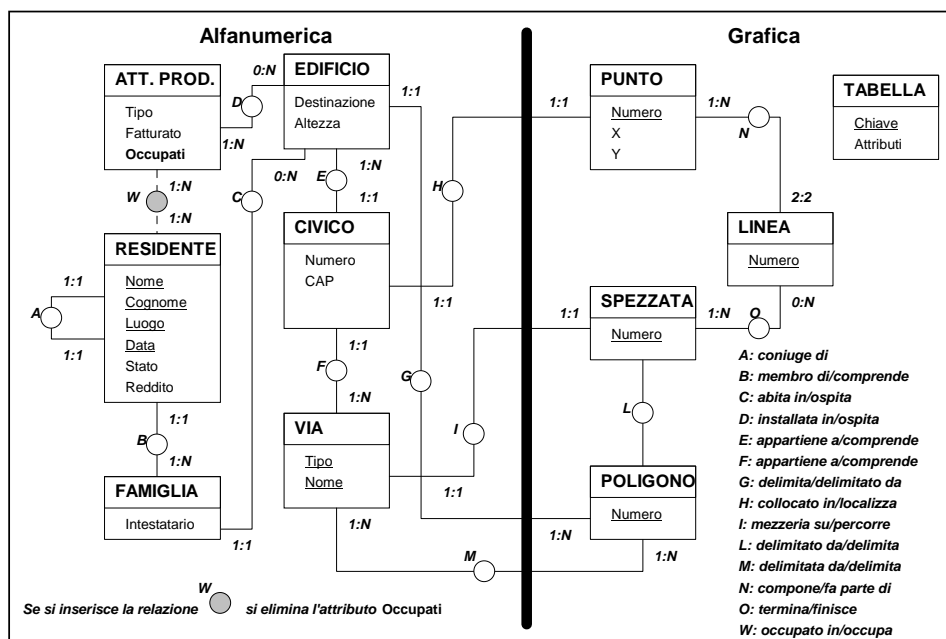


Figura 5.4 - Base di Dati Relazionale georeferenziata

Dovendo integrare dati rilevati in maniera diversa, risulta spesso necessario un processo di normalizzazione che, tramite trasformazione delle coordinate in cui gli oggetti sono stati rilevati, permetta di riportarli ad un unico sistema di riferimento. I Sistemi Informatici Geografici integrano al loro interno appositi strumenti di trasformazione tra sistemi di coordinate (*p.e. Universale Trasversale Mercatore o Gauss Boaga*) in modo da consentire tale normalizzazione, generalmente ottenuta tramite traslazione e cambio di proiezione, sfruttando la collimazione di punti noti.

Identificazione puntuale delle informazioni

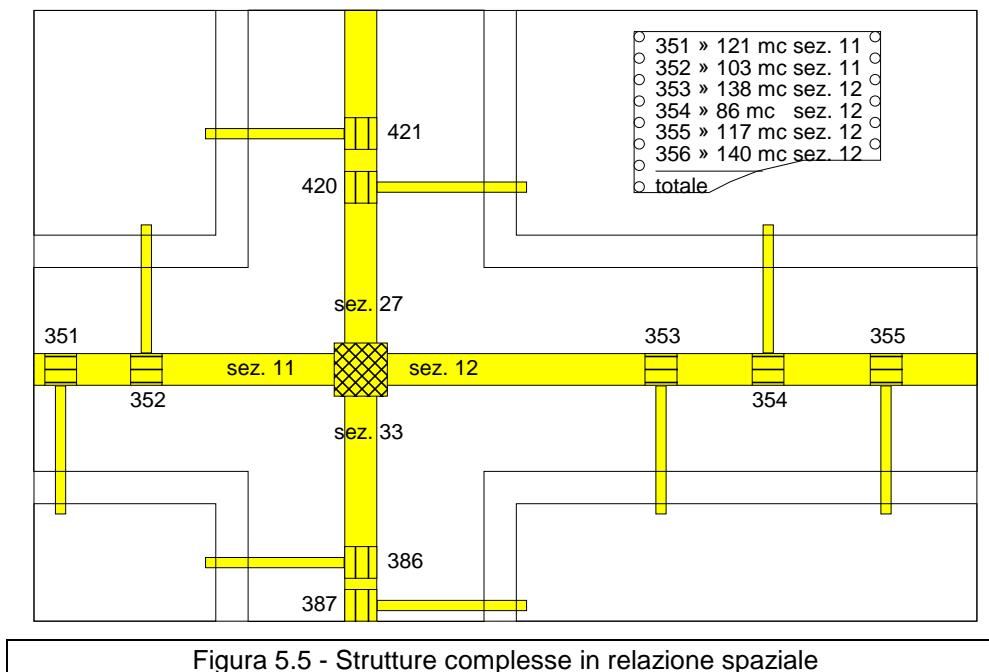
Un primo semplice uso dei Sistemi Informativi Territoriali è la **visualizzazione** degli elementi in esso contenuti, selezionati secondo le loro caratteristiche (*p.e. tutti gli edifici di costruzione anteriore ad una certa data o le strade transitabili da mezzi oltre un certo peso, la dislocazione delle proprietà che hanno in comune un parcheggio pertinenziale*). Di per sé sembra superfluo poter ritrovare elementi che sono stati inseriti in precedenza nello spazio, magari dallo stesso operatore. Se ciò è vero in un contesto di informazioni ed utenti molto limitato, può diventare determinante quando i dati raggiungono quantità notevoli, e, magari, si sono accumulati nel tempo ad opera di operatori molto diversi.

Se poi i sistemi sono concepiti per tracciare dinamicamente, anche in tempo reale, i **movimenti di oggetti** nello spazio (p.e. la posizione di mezzi di soccorso o di flotte di autocarri) la possibilità di rilevare la localizzazione di un oggetto diventa la base del sistema stesso.

Gestione della complessità geografica

Collocare gli oggetti in una rappresentazione spaziale serve anche per verificare come tali oggetti si pongono in relazione con altri già rappresentati nel sistema. Questo serve sia per rappresentare oggetti più complessi derivanti dall'aggregazione delle loro rappresentazioni, sia per verificare che non ci siano incongruenze tra rappresentazione e realtà o tra realtà presente e futura.

Oggetti georeferenziati possono essere a loro volta messi in relazione con altri oggetti in strutture spaziali anche molto complesse (p.e. per contiguità fisica come i diversi tratti di una unica strada o come un fiume coi suoi affluenti) (Figura 5.5). In questa maniera si dà una struttura più articolata alle informazioni sulla base della sua collocazione territoriale.



Soprattutto per poter utilizzare rilievi e rappresentazioni a scale diverse, la possibilità di **aggregare oggetti diversi** su base geografica evita la ridondanza dei dati. Strumenti diversi permettono, oltre all'aggregazione automatica di più entità (*p.e. l'unificazione di più edifici in un unico isolato*), anche la rappresentazione di uno stesso oggetto in base al livello di aggregazione utilizzato (*p.e. metodi di rappresentazione di strade o di agglomerati urbani dipendenti dalla scala di rappresentazione*).

La possibilità di porre in relazione più oggetti geografici nello spazio a tre dimensioni può essere sfruttata pienamente proprio per una **verifica della congruità spaziale** tra più oggetti che altrimenti sarebbe estremamente onerosa. Limitandosi a trattare tutto su una superficie bidimensionale, si ottiene una semplificazione dell'acquisizione delle informazioni e in parte anche del loro trattamento, ma a volte si arriva a semplificazioni eccessive, soprattutto in territori molto vasti, con orografia complessa o semplicemente in contesti urbani molto connessi, in cui l'edificazione e le sovrastrutture si sono stratificate nel tempo a molti livelli (*p.e. linee di metropolitana o reti tecnologiche che si intersecano a vari livelli di profondità*) (Figura 5.6). Tramite gli strumenti messi a disposizione dai Sistemi Informatici Geografici, oltre a risultare semplice verificare se un oggetto è stato rilevato correttamente, potendolo posizionare anche in relazione agli oggetti vicini (*p.e. più sezioni di una strada costituita da terrapieni, viadotti e gallerie*), diventa molto utile verificare se i nuovi oggetti che andranno ad inserirsi nella realtà sono congruenti ad essa (*p.e. le due sezioni di una galleria in costruzioni devono risultare collimanti nel punto di contatto, una nuova condotta non deve intersecare precedenti opere sotterranee*). Se buona parte di queste verifiche possono essere fatte anche solo con sistemi CAD **Error! Reference source not found.** (Computer Aided Design - Progettazione Assistita dal Calcolatore), alcune possono sfruttare nella loro analisi le informazioni collegate agli oggetti geografici (*p.e. verificando che tutte le sezioni di un percorso stradale o ferroviario ricadano in terreni di proprietà pubblica e per converso identificando i proprietari dei terreni pubblici per procedere ad esproprio*).

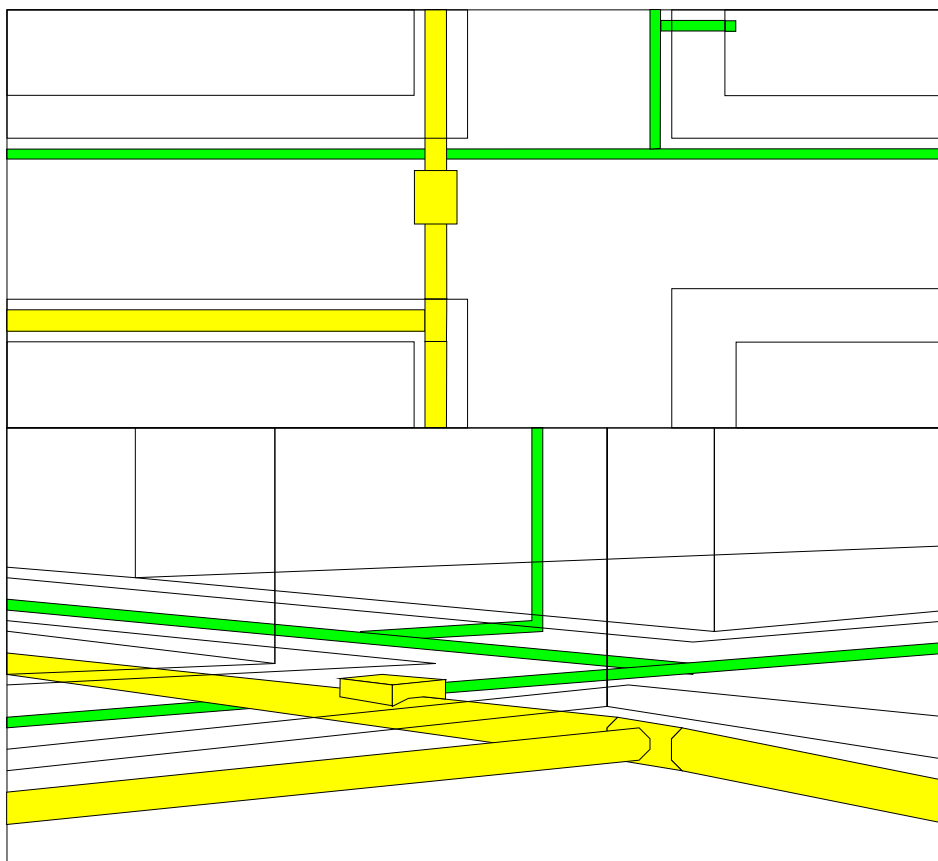


Figura 5.6 - Verifica dell'interferenza di reti tecnologiche

Sfruttando gli strumenti geometrici inclusi nei Sistemi Informatici Geografici che sono in grado di trattare la rappresentazione del territorio non come costituita da semplici oggetti geometrici ma, ad un livello semantico superiore, come insieme di vere e proprie strutture territoriali e geografiche, è possibile ottenere il calcolo di valori e verifiche molto utili nello studio del territorio e nella sua pianificazione (*p.e. calcolare l'acclività e l'esposizione dei versanti o il volume e la superficie di bacini, cave e valli; verificare che il terreno visibile da più postazioni di avvistamento o di telerilevamento in un territorio accidentato comprendano tutte le aree da controllare*).

Analisi statistica dei fenomeni

Fin dall'inizio i Sistemi Informativi Territoriali sono stati utilizzati per analisi di tipo statistico, proprio sfruttando la possibilità di rappresentare i valori su base

geografica. Tramite i Sistemi Informativi Territoriali è possibile ottenere carte tematiche che fanno risaltare le caratteristiche di alcuni fenomeni legate allo spazio (*p.e. numero medio di auto per famiglia intersecando residenza georeferenziata, proprietà delle auto e nuclei familiari*).

In genere elaborazioni di questo tipo vengono effettuate partendo da una aggregazione dei dati per piccole aree territoriali (*p.e. le unità censuarie o le unità urbanistiche*) che devono essere trattate come unità indivisibili. Utilizzando i Sistemi Informativi Territoriali è possibile decidere in ogni momento come delimitare il territorio da analizzare senza essere costretti ad aggregare unità elementari minime ottenendo delle risposte anche puntuali (*p.e. il punto di inquinamento massimo o l'edificio con reddito medio minimo*) e non necessariamente come insiemi di unità minime.

La disponibilità di operatori statistici o più in generale matematici che possano operare su insiemi selezionati su base geografica all'interno dei sistemi rende agevoli dei calcoli anche molto complessi per analizzare le caratteristiche statistiche di un fenomeno.

Il tempo e l'evoluzione territoriale

Se nei Sistemi Informativi Territoriali viene integrata la rappresentazione della **situazione storica del territorio**, è possibile ottenere interessanti valutazioni tramite il confronto dei valori in fasi successive della sua evoluzione (Figura 5.7). Ciò può essere fatto in sistemi che consentano la **cronoreferenziazione** delle informazioni. Agli oggetti geografici non sono associate solo staticamente delle informazioni caratteristiche ma queste vengono conservate in tutta la loro evoluzione storica. In alcuni casi è possibile anche trattare l'evoluzione della georeferenziazione di oggetti geografici in movimento.

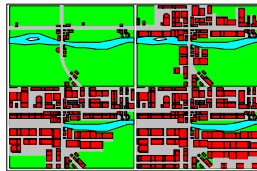


Figura 5.7 - Evoluzione temporale del territorio

L'introduzione di **basi di dati spazio-temporali** permette di affrontare anche ricerche statistiche su base storica che mostrano i fenomeni evolutivi di un territorio: date le sue forti caratteristiche dinamiche diventa determinante, soprattutto nello studio, poter disporre di strumenti di calcolo che consentano **statistiche storiche**. Una analisi probabilistica che consenta di estrapolare

delle proiezioni riguardo a tali valori permette anche un notevole aiuto nello studio diacronico del territorio, consentendo di fornire delle previsioni per il futuro del territorio in esame.

Poter trattare dati storici, inoltre, permette di studiare adeguatamente gli effetti indotti sul territorio da interventi di modificazione. Spesso, una volta introdotta una modifica, risulta difficile confrontare le conseguenze che essa ha portato nel territorio, se non utilizzando le informazioni recuperate e conservate prima dell'introduzione della modifica. Poter utilizzare la rappresentazione del territorio in una fase precedente la modifica permette di studiare lo stato di partenza per capire in che misura la modifica ha migliorato o peggiorato la situazione (*p.e. una volta rilevato un eccessivo volume di traffico in una arteria, poter verificare se la sua evoluzione è rimasta proporzionale a quella della popolazione insistente su tale percorso o in caso contrario cercare a ritroso quale intervento di regolazione del traffico può aver indotto la modifica dei percorsi con conseguente aumento di traffico in arterie già molto utilizzate*).

Riassunto

Poter **referenziare le informazioni** secondo due o più dimensioni, comprendendo lo spazio e il tempo, permette di operare sui valori a disposizione con elaborazioni e visualizzazioni che consentono di **verificare la corretta collocazione** degli oggetti nello spazio anche in relazione agli altri oggetti presenti nella realtà e di osservare, studiare e comprendere alcuni fenomeni territoriali che altrimenti potrebbero passare inosservati.

Oltre ai valori di tipo alfanumerico **georeferenziati**, risulta essere molto utile poter trattare anche informazioni **cronoreferenziate**. Questa è una esigenza che deriva dal fatto che in una base di dati geografica non è solo interessante conoscere lo stato più aggiornato delle informazioni, come spesso avviene in una normale base di dati, ma diventa molto significativo conoscere l'evoluzione di un territorio col passare del tempo. Ciò può essere fatto esplicitamente associando un tempo a tutte le informazioni conservate nella base di dati geografica, ma in alcuni casi sono gli stessi Sistemi Informativi Geografici che forniscono metodologie e strumenti per un corretto e semplice trattamento diacronico dell'informazione.

5.2 Aspetti topologici: le strutture geografiche

Oltre a rappresentare l'aggregazione degli oggetti geografici è estremamente interessante poter operare su di essa utilizzando gli strumenti specifici messi a disposizione dai Sistemi Informativi Geografici.

Sempre più spesso si hanno a disposizione strumenti che, a parte le relazioni di **topologia geometrica** **Error! Reference source not found.** (*p.e. due aree confinanti o intersecanti, due punti sovrapposti, un punto incluso in un'area*), trattino le relazioni di

topologia logica**Error! Reference source not found.** in cui la relazione spaziale tra gli oggetti si basa più sulla loro connessione, anche solo logica, che sulla loro dislocazione fisica (*p.e. il collegamento tra due nodi di una rete tecnologica, l'utenza di un servizio presso una data sede*).

Tale aggregazione permette di rappresentare **relazioni logiche e funzionali** che prescindono da aspetti prettamente spaziali (*p.e. una strada a senso unico da A a B da un punto di vista fisico connette A con B e B con A, ma da un punto di vista funzionale consente solo la prima connessione*). Anche aspetti fisici possono essere rappresentati topologicamente per semplificare il loro trattamento o la presentazione tenendo in considerazione solo le caratteristiche interessanti (*p.e. i tratti di una rete ferroviaria metropolitana come rette o spezzate tra i nodi che rappresentano le stazioni*).

Prima di procedere nella acquisizione degli oggetti geografici e della loro aggregazione topologica, è importante aver progettato il loro uso futuro per evitare di trovarsi una organizzazione dei dati non adeguata alle applicazioni che si vanno a sviluppare (*p.e. se non si distinguono le piazze dagli incroci o dagli slarghi di strada, non si potrà in seguito trattarle come oggetti differenti da un punto di vista funzionale; aver memorizzato un fiume tramite i suoi argini escludendo la linea di corrente rende complesso descrivere in seguito la gerarchizzazione del corso d'acqua*).

La topologia geometrica

Oltre alla possibilità di aggregare più oggetti geometrici in strutture complesse (*p.e. le superfici del terreno di una valle o di una collina*) che consentono **calcoli geometrici** significativi da un punto di vista geografico (*p.e. il volume di terreno necessario per scavare le gallerie e riempire i terrapieni di una nuova arteria stradale o linea ferroviaria, per il calcolo delle necessità di discarica*), altre analisi di **topologia geometrica****Error! Reference source not found.** danno risposte significative per la pianificazione geografica.

Tutti i problemi di **inclusione, intersezione, vicinanza** ed altre relazioni di topologia geometrica tra oggetti geografici, infatti, possono essere trattati con gli strumenti di analisi topologica dei Sistemi Informatici Geografici (*p.e. la ricerca degli oggetti ad una data distanza da una linea come una via di transito o un fiume, detta "bufferizzazione"***Error! Reference source not found.**, *l'identificazione degli oggetti compresi in una o più aree o invece di quelli esclusi, l'individuazione delle aree confinanti con una superficie determinata o attraversate da un nuovo percorso*) (Figura 5.8).

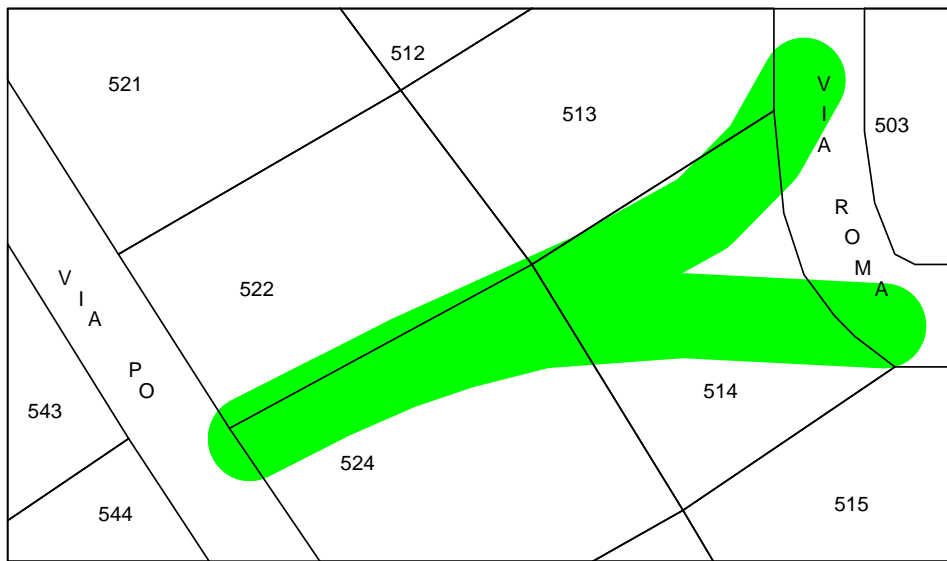


Figura 5.8 - Proprietà da espropriare per una nuova strada

Calcolo e logica reticolare

La topologia geometrica tra oggetti geografici può essere estesa da altri livelli di **topologia logica****Error! Reference source not found.** che normalmente è rappresentata tramite grafi (*p.e. l'albero della gerarchia dei tratti di un corso d'acqua o la rete dei percorsi stradali di un dato territorio*) che a loro volta possono essere trattati sia come reticoli che mediante matrici. Se le due rappresentazioni sono corrette, possono facilmente essere trasformate una nell'altra in entrambi i sensi, anche se, a seconda delle applicazioni che si intende sviluppare, conviene adottare una o l'altra.

Entrambe le rappresentazioni hanno propri spazi di applicazione. I **grafi****Error! Reference source not found.** in forma reticolare possono rendere più semplici alcuni problemi che tengono in maggior conto la differenziazione tra le relazioni che collegano i nodi (*p.e. trasporto tramite vettori eterogenei o canalizzazioni con caratteristiche diverse*) (Figura 5.9).

Con le **matrici****Error! Reference source not found.** diventa invece semplice trattare molti aspetti con semplici calcoli matriciali tipici della ricerca operativa, ottenendo risposte molto significative a domande altrimenti difficili da soddisfare (*p.e. sulla connettività tra i nodi della rete, sulla distribuzione dei flussi, sui costi di attraversamento*).

Uno dei problemi che maggiormente rallenta lo sviluppo di applicazioni o in generale di strumenti che sfruttano gli aspetti topologici è la limitata **espressività delle interfacce** per manipolare tali strutture. Col passare del tempo tali interfacce si stanno sempre più evolvendo, sia per una maggiore interattività, sia definendo operatori che consentono di esprimere tali concetti anche in forma di regole, in maniera da utilizzare tali strutture all'interno di procedure automatiche di elaborazione.

Rappresentazione di strutture geomorfologiche

Le strutture geomorfologiche, che sono le più legate agli aspetti fisici, sono sottese per altro da relazioni topologiche che evidenziano caratteristiche determinanti per il loro studio e la loro gestione (*p.e. la gerarchia dei corsi d'acqua e le relative strutture di deflusso come valli o bacini, la maglia delle correnti dei venti o di acque interne e marine, la rete degli antri di una caverna*).

La rappresentazione della struttura topologica degli **aspetti naturali** fornisce la possibilità di recuperare le informazioni secondo criteri tipicamente geografici (*p.e. l'identificazione di oggetti geografici come attività industriali o insediamenti residenziali dislocati lungo il corso e gli affluenti oppure all'interno del perimetro della valle a monte di un dato punto di un fiume per cercare le possibili sorgenti di un inquinamento*) (Figura 5.10)

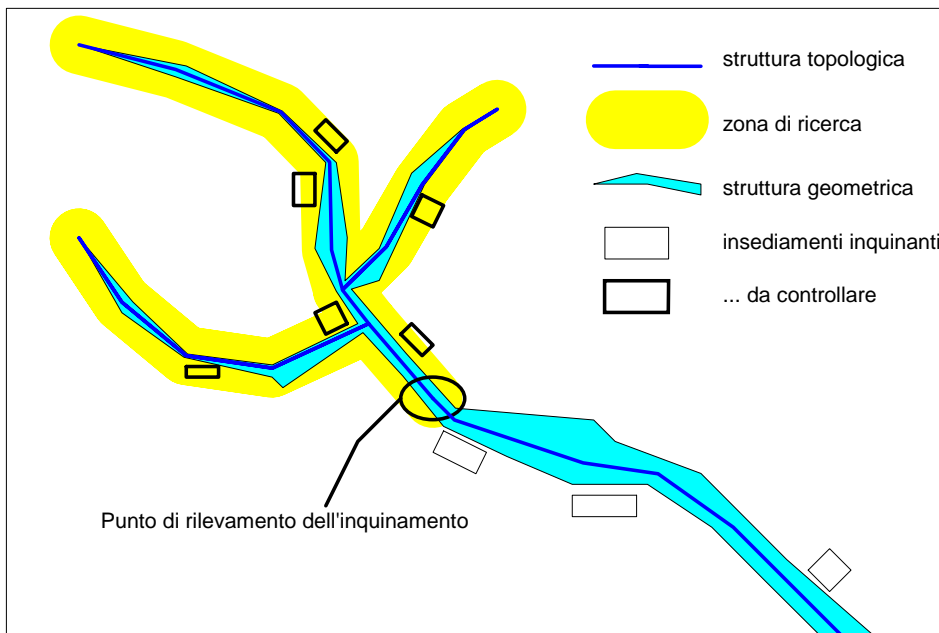


Figura 5.10 - Utilizzo della topologia logica e geometrica di strutture naturali

Tramite la rappresentazione di tali strutture topologiche, si possono poi **simulare** i comportamenti degli elementi naturali del territorio sia a regime che in situazioni catastrofiche, al fine di progettare interventi specifici (*p.e. le piene di un corso d'acqua e i relativi allagamenti, la dispersione di inquinanti in mare o nell'aria*).

Rappresentazione di strutture antropiche

Le strutture antropiche, proprio perché derivanti da necessità funzionali, hanno intrinsecamente al proprio interno una forte componente di informazione topologica. Tali strutture possono essere distinte tra quelle con forte identità fisica (*p.e. i collegamenti viari, le reti tecnologiche*) e quelle prettamente funzionali (*p.e. le reti di trasporto pubblico o privato, le strutture per l'allertamento e il soccorso nell'emergenza*).

Il trattamento di queste strutture topologiche oltre a perseguire scopi analoghi a quelli raggiungibili per le strutture naturali (*p.e. identificare le attività produttive e gli insediamenti residenziali riforniti da una rete tecnologica a valle di un punto di interruzione, verificare i tempi di dispersione dei passeggeri per mezzo di una rete di trasporto all'uscita di una manifestazione*), può essere utilizzato per scopi strettamente legati alle attività umane (*p.e. bilanci di esercizio, catasto dei materiali, distribuzione*

del personale e organizzazione della manutenzione sistematica divisi per sottoreti, controllo dei mezzi di una flotta o del flusso del traffico cittadino a seconda degli orari).

Rappresentazione di relazioni sociali, politiche ed economiche

Ulteriore estensione dell'uso di strutture topologiche è la loro applicazione nella rappresentazione di relazioni che non hanno riscontro, se non molto marginalmente, in aspetti fisici (*p.e. i confini amministrativi, le reti dei servizi sociali o commerciali, le parcelle catastali*).

In questo caso l'utilizzo per lo studio di problematiche di tipo geometrico è limitato, ma rimangono significative applicazioni di tipo logico (*p.e. unificabilità di proprietà, verifica dell'edificabilità di un terreno in relazione agli indici e alle pertinenzialità già stabilite, aggregazione di risorse secondo diverse suddivisioni territoriali, carico di utenza diretta e indiretta di una sede di servizio, verifica della distribuzione territoriale delle risorse economiche derivanti da sorgenti e percorsi distributivi diversi*).

La simulazione di relazioni complesse

Le strutture reticolari sono molto utili per guidare la simulazione di ciò che sta avvenendo con un controllo in tempo reale della realtà oppure la simulazione delle possibili evoluzioni del territorio in seguito a date condizioni iniziali (Figura 5.11). Mentre l'utilizzo di **modelli simulativi continui** *Error! Reference source not found.*, quanto più il contesto è complesso, risente delle semplificazioni necessarie per superare la complessità di calcolo matematico e statistico, la **simulazione per eventi** *Error! Reference source not found.* mantiene efficacia anche in contesti in cui i fattori interagenti diventano molti.

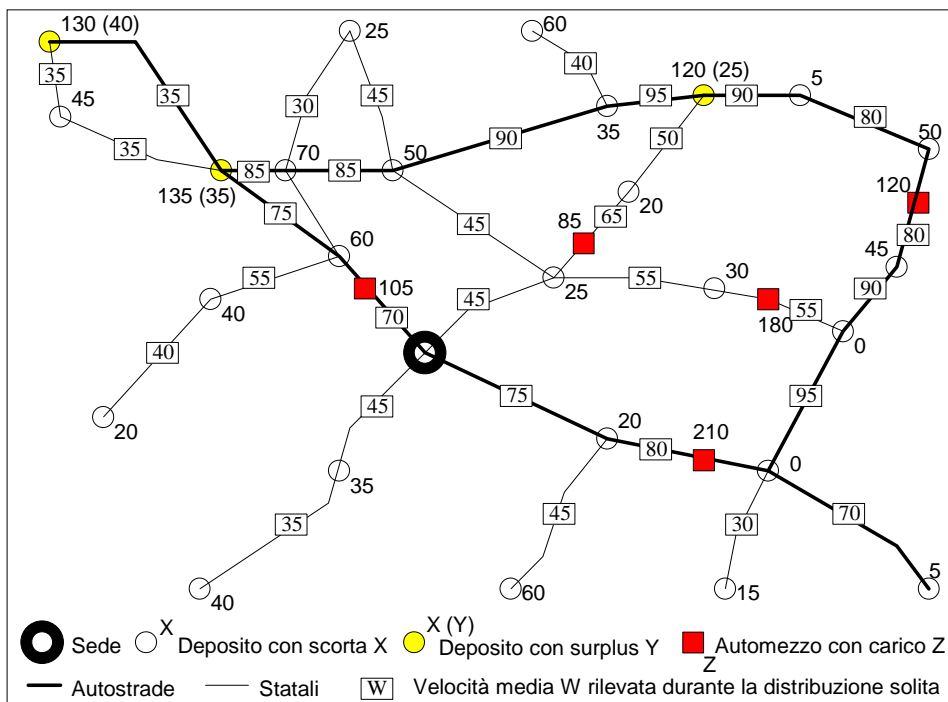


Figura 5.11 - Simulazione di distribuzione con recupero da deposito

Tramite le strutture reticolari è possibile descrivere la topologia spaziale e logica delle relazioni tra i vari attori coinvolti nella simulazione. È sufficiente avere a disposizione un motore che, sfruttando le descrizioni reticolari, sviluppi il dinamismo della simulazione sia modificando, tramite telerilevamento o aggiornamento da operatore, le caratteristiche associate agli oggetti coinvolti nella rilevazione in tempo reale, sia gestendo i diversi stati e gli eventi delle simulazioni predittive.

L'utilizzo di sistemi ad oggetti rende ancora più semplice la descrizione degli attori della dinamica territoriale. Il sistema stesso risulterà immediatamente concepito come un insieme di oggetti geografici che interagiscono tra loro modificandosi e modificando gli altri oggetti in relazione. La simulazione ad eventi, tipica di sistemi complessi come quelli territoriali, avrebbe un immediato supporto in tale tipo di rappresentazione: ciò che servirebbe aggiungere è il trattamento della coda degli eventi per gestire l'evoluzione dinamica della rappresentazione.

Riassunto

Gli oggetti geografici riescono a rappresentare correttamente un territorio se vengono esplicitate tutte le relazioni che tra essi intercorrono. Oltre a quelle legate ai valori associati agli oggetti georeferenziati, sono estremamente significative quelle legate agli **aspetti spaziali**.

Queste ultime si distinguono tra **relazioni geometriche e reticolari** a seconda del livello di astrazione utilizzato per esprimere i concetti di vicinanza, di adiacenza, di sovrapposizione o simili.

La possibilità di esprimere queste relazioni anche in forma di regole rende più semplice il loro utilizzo in procedure automatiche che non richiedano l'individuazione interattiva di localizzazioni.

Tramite questi concetti è possibile rappresentare strutture di vario genere, da quelle naturali e quelle sociali.

Rendendo realmente significativa la georeferenziazione degli oggetti, la descrizione della topologia permette di effettuare una **simulazione** estremamente efficace delle dinamiche geografiche sia come rappresentazione della realtà che come strumento di previsione.

5.3 Aspetti qualitativi: i criteri

Nelle valutazioni propedeutiche alle decisioni, gli aspetti qualitativi hanno una grande influenza. Normalmente non vengono integrati nei sistemi informatici ma lasciati totalmente in carico all'esperto del dominio che deve procedere alla decisione. Lo strumento informatico si limita a fornire valori di riferimento che vengono utilizzati dall'esperto nel prendere la decisione. Uno dei principali motivi per cui ciò avviene è che la **valutazione qualitativa** è intrinsecamente soggettiva. Per rappresentarla, bisogna quindi utilizzare un formalismo, possibilmente direttamente accessibile all'esperto del dominio, che gli consenta di esprimere i propri criteri di valutazione (*p.e. il grado di vocazione faunistica di un'area o il rischio di esplosione di un impianto*).

Tramite un tale meccanismo è poi possibile rappresentare in maniera sufficientemente flessibile anche altri criteri e regole che si possono definire oggettivi, per quanto conservino un notevole livello di discrezionalità (*p.e. leggi e regolamenti urbanistici o i principi che regolano alcuni fenomeni naturali come la franosità*).

I sistemi per la **rappresentazione della conoscenza** **Error! Reference source not found.** possono fornire tale possibilità lasciando all'esperto del dominio la capacità di verifica delle indicazioni fornite dal sistema. Con l'introduzione di metodi per la gestione dell'**indeterminatezza** gli aspetti qualitativi hanno trovato un'ulteriore possibilità di espressione. In questa categoria di strumenti rientrano sistemi a regole, a reti semantiche,

probabilistici ed altri ancora. A seconda delle applicazioni alcuni sono più adeguati di altri.

Anche altri sistemi, come le **reti neurali**, possono essere fruttuosamente integrati allo scopo di fornire valutazioni qualitative, ma in tale caso diventa quasi impossibile il controllo dell'esperto sulla valutazione fornita.

Al momento attuale i Sistemi Informativi Territoriali molto raramente prevedono l'integrazione di strumenti per la rappresentazione della conoscenza, sia perché l'evoluzione è già notevole per arrivare al pieno utilizzo degli strumenti visti in precedenza, sia perché le interfacce di questi sistemi generalmente non sono sufficientemente accessibili per l'esperto del dominio che, per questo, non riesce ad avere sufficiente fiducia nella validità delle valutazioni prodotte. Quanto più le interfacce saranno accessibili, tanto più l'utilizzo di tali strumenti diventerà ampio inducendo alla loro integrazione nei Sistemi Informatici Geografici. Se, poi, le interfacce sono anche flessibili, diventa agevole l'aggiornamento costante delle conoscenze in base al mutamento dei criteri di valutazione (*p.e. l'introduzione o la modifica di una legge, l'adeguamento ad una nuova acquisizione scientifica*).

Rappresentazione di normative

Le normative, che strutturalmente sono insiemi di regole, sono i primi criteri che possono facilmente essere formalizzati in sistemi per la rappresentazione della conoscenza. Essendo **i regolamenti e le leggi** di per sé regole scritte, diventa facile tradurle in un altro formalismo. Tramite **sistemi a regole**, è possibile preparare una **base di conoscenza**, che permetta, almeno entro certi limiti di raffinatezza, di dare responsi riguardo alla legittimità di certe situazioni (*p.e. la sufficiente distanza da corsi d'acqua o il rispetto dei limiti di emissione da parte di un impianto il cui grado di inquinamento è sotto tolleramento*) (Figura 5.12).

SEMPRE AllertaCO2 deve essere 300.

SE Impianto:CentraleElettrica
ALLORA MassimoCO2 deve essere 500.

SE non Impianto:CentraleElettrica
ALLORA MassimoCO2 può essere 400.

SE LivelloCO2>MassimoCO2 o
(LivelloCO2>AllertaCO2 e InversioneTermica:presente)
ALLORA LivelloAllarme deve essere alto.

SE Pressione>1000 e Temperatura>25
ALLORA InversioneTermica può essere presente.

Figura 5.12 - Alcune regole relative al controllo dell'inquinamento atmosferico

Dato che il corpo legislativo è in costante evoluzione, risulta molto utile poter modificare le regole o inserirne di nuove senza dover ricostruire tutto il sistema.

Rappresentazione di leggi naturali

Anche le **leggi naturali** possono essere trasposte in regole di una base di conoscenza **Error! Reference source not found.** Se da una parte c'è il vantaggio che tali criteri sono molto più stabili nel tempo del corpo normativo, evitando la necessità di continui adeguamenti, dall'altro è necessario, prima di formalizzarle in una base di conoscenza, arrivare a descrivere precisamente tali leggi. In alcuni casi tali leggi sono tanto precise da poter semplicemente essere descritte da formule matematiche che non richiedono, quindi, particolari strumenti di rappresentazione (*p.e. le regole di formazione di inquinanti in seguito a reazione chimica o della dinamica degli oggetti fisici*), ma in altri casi la situazione è molto più complessa e meno precisa (*p.e. le regole di evoluzione dei fronti franosi o delle precipitazioni*).

Per quanto lo studio dei **fenomeni naturali** ha portato ad una descrizione sufficientemente puntuale dei principi che li regolano anche in forma scritta, in pubblicazioni di vario genere, non sempre tale descrizione è costituita da una semplice regola che mette in relazioni dati di fatto. È quindi necessario giungere prima alla definizione di un "corpus" delle leggi naturali che interessano nell'applicazione, per poi

trascriverle nel formalismo adottato. Se il formalismo è sufficientemente espressivo, tale passaggio intermedio non sarà necessario, riducendo quindi lo sforzo di formalizzazione.

Ovviamente l'oggettività di tali leggi naturali dipende dal dominio e dal livello di specificazione. Nei casi di classificazione, tale oggettività è legata al livello di oggettività delle classi stesse (*p.e. la distinzione dei corsi d'acqua in base alla ramificazione degli affluenti o al rischio di esondazione*).

Le valutazioni qualitative fornite dal sistema potranno riguardare la **previsione di situazioni future** (*p.e. il rischio di franosità di un punto*) o la **classificazione di oggetti geografici** (*p.e. la vocazione faunistica di una zona o la distinzione in classi meteorologiche o silvicole di aree del territorio*).

Rappresentazione di criteri urbanistici, economici e sociali

Nella pianificazione è spesso necessario dare una **valutazione qualitativa** su cui basare scelte di piano. Oltre che sulla situazione fisica dei luoghi, tali valutazioni si devono basare su criteri maggiormente antropici che possono coinvolgere aspetti ancora più soggettivi che nella valutazione di aspetti naturali. (*p.e. la distinzione degli edifici in base a caratteristiche strutturali dell'immobile o in funzione della loro importanza storica e artistica*). Da ciò consegue che anche i criteri di valutazione possono variare notevolmente a seconda dell'esperto che affronta la pianificazione (*p.e. il valore urbanistico di un centro sociale di aggregazione o la vocazione turistica di un'area a seconda delle attrazioni e delle strutture presenti*).

Da un certo punto di vista ogni esperto ha un proprio corpo di **leggi di valutazione**, per quanto condiviso da altri, che dovrebbe essere tradotto in una **base di conoscenza** **Error! Reference source not found.** per poter essere integrato e applicato alla rappresentazione della realtà presente nei Sistemi Informativi Territoriali al fine di ottenere delle **valutazioni qualitative**. Se da una parte ciò richiede un formalismo abbastanza espressivo da poter essere utilizzato dagli esperti di dominio per concretizzare e razionalizzare i propri criteri, che spesso non hanno mai formalizzato pur essendo ben chiari nella loro mente, dall'altra un simile strumento permette di confrontare i risultati di valutazioni diverse fatte da diversi esperti. Se il formalismo adottato permette poi di descrivere la conoscenza acquisita in una teoria che sia leggibile dagli esperti (*p.e. coi sistemi a regole o a reti semantiche*), il confronto tra i criteri di valutazione può essere più diretto e non limitarsi a quello tra le soluzioni proposte.

Rappresentazione di aspetti qualitativi

Un primo utilizzo della valutazione qualitativa è sicuramente la **rappresentazione di tematismi** legati alle categorie individuate o a intervalli di

gradazioni calcolate (*p.e. carta dei luoghi di interesse turistico, storico e ambientale; carta delle vocazioni economiche o naturali delle aree di una regione; mappe di rischio per diversi fenomeni*).

Relativamente ai dati di base coinvolti nella valutazione qualitativa, la rappresentazione dei risultati delle valutazioni può essere sia una distribuzione di aree tematiche (*p.e. le aree urbane per livello di vivibilità o le aree di un bacino per rischio di incendio*), sia la classificazione di oggetti geografici (*p.e. gli edifici posseduti classificati per utilizzabilità economica e sociale o le sorgenti di inquinanti per livello di pericolosità ambientale*) o quella di strutture territoriali (*p.e. i percorsi per livello di attrattività turistica e per economicità di attraversamento o i tratti di fiume per livello di pescosità*).

Tramite queste rappresentazioni è possibile presentare più semplicemente le caratteristiche dei fenomeni, riconoscendone le peculiarità.

Verifica di legittimità e fattibilità anche di interventi complessi

Avere formalizzato la **normativa vigente** nel sistema permette di fornire una rapida verifica di legittimità degli interventi ipotizzati in fase di progettazione o rilevati in fase di controllo (*p.e. rispetto delle norme in merito alle distanze o delle autorizzazioni*).

Nel caso in cui i criteri integrati nel sistema si riferiscono a valutazioni di esperti del dominio, si può avere la verifica di fattibilità dell'intervento secondo la valutazione di questi (*p.e. livello di franosità o alluvionabilità eccessivo, grado di accessibilità sufficiente*).

È interessante notare che in entrambi i casi, sostituendo la formalizzazione di altre legislazioni o di criteri di esperti diversi, diventa semplice confrontare le risposte date nei diversi casi, se il luogo fosse sottoposto a legislazione diverse o adottando le valutazioni di esperti differenti.

Quanto più gli interventi sono complessi quanto più fruttuoso è l'utilizzo di un tale strumento, richiedendo uno stesso sforzo di formalizzazione delle norme o dei criteri, che devono essere forniti in un corpus completo, ma permettendo di sfruttarlo pienamente.

Calcolo di indici valutativi

A volte, soprattutto in fase di studio, non basta trattare condizioni che possono essere solo verificate o meno. Le valutazioni possono dover essere elaborate in scale di valori o perfino come indici continui da trattare in maniera numerica (*p.e. fasce di solidità economica, livello di adeguatezza ad usi specifici, livello di rischio di infezione*,

grado di permeabilità del terreno). Altre volte i risultati delle valutazioni devono essere classificati in insiemi non ordinati (*p.e. per categorie produttive o sociali*).

Oltre che nella rappresentazione tematica, tali indici possono essere utilizzati anche nel calcolo di altri **indici derivati** per giungere ad una valutazione quali-quantitativa di un fenomeno secondo formule e regole provenienti dalla esperienza o da studi specifici.

Se poi i dati di base conservano le informazioni storiche, tali indici permettono di estendere anche ad aspetti qualitativi le **proiezioni probabilistiche** utilizzate per lo studio di scenari futuri.

Per poter esprimere e elaborare degli indici di valutazione adatti, è importante disporre di un linguaggio formale tramite il quale sia possibile esprimere dei criteri anche imprecisi, normali nelle elaborazioni qualitative, che integrino anche formulazioni matematiche tipiche e espressioni efficaci a gestire l'informazione spaziale (Figura 5.13).

SE Esiste(B in "FermateBus" con DistanzaDa(B)>200) e Numero(R in "Residenti" con DistanzaDa(R)<300)<1500 ALLORA InteresseCommerciale può essere minimo.

Figura 5.13 - Espressione comprendente aspetti matematici, logici e geometrici.

Rappresentazione di criteri evolutivi

Avendo a disposizione i dati storici, tramite gli strumenti di rappresentazione dei criteri qualitativi diventa possibile esprimere criteri non necessariamente matematici sull'**evoluzione dei fenomeni**. In questo modo si può ottenere un meccanismo di simulazione a regole che permette di studiare il comportamento evolutivo di un territorio, cioè come si modifica l'incidenza di un fenomeno al verificarsi di un dato evento, e verificare la validità di alcune ipotesi risolutive, come l'attuazione di un intervento correttivo (*p.e. la presenza di tossicodipendenti all'inserimento di un servizio di prevenzione o recupero nell'area interessata e nelle zone più distanti oppure l'inquinamento in una zona sostituendo una centrale termoelettrica con un impianto di incenerimento rifiuti*).

Tali criteri, se già applicati in precedenza in qualche parte del territorio rappresentato, potrebbero per altro essere abbastanza semplicemente verificati applicandoli al sistema stesso sulla base di dati storici e verificando se il criterio è in grado di "indovinare" la situazione attuale.

Riassunto

Pur essendo ancora poco diffusi, alcuni strumenti che consentono di trattare le **informazioni qualitative** sono integrabili all'interno dei Sistemi Informatici Geografici. Grazie ad essi è possibile strutturare i Sistemi Informativi Territoriali come veri sistemi di **supporto alle decisioni**.

Integrando strumenti derivanti dall'**intelligenza artificiale**, che si cura di individuare applicazioni dei calcolatori che trattino più aspetti semantici e simbolici che numerici, è possibile dare maggior risalto agli aspetti qualitativi delle problematiche riducendo la necessità diretta di numerizzare tutte le informazioni e le conoscenze sul fenomeno e sul territorio da considerare.

Tra i **sistemi esperti a regole**, le **reti neurali**, le **reti semantiche** e i **sistemi statistici e ponderati**, è possibile individuare gli strumenti più adatti a tale compito di supporto alle decisioni relativamente alla necessità di avere responsi precisi, veloci o espliciti.

Le conoscenze rappresentabili sono molto diverse tra loro ed in ogni caso è delicata la fase di travaso di tali conoscenze dall'esperto del dominio di applicazione al sistema. È possibile prevedere l'intervento di un cosiddetto **ingegnere della conoscenza** che svolga una funzione di mediazione tra il linguaggio dell'esperto del dominio e quello del sistema, ma i migliori risultati si ottengono impiegando i formalismi e le interfacce che maggiormente semplificano l'accesso diretto dell'esperto del dominio alla formalizzazione.

6. - Bibliografia

Per ulteriori approfondimenti, viene qui fornita una ristretta bibliografia, prevalentemente in lingua inglese. I testi indicati riguardanti i Sistemi Informativi Territoriali forniscono ampie indicazioni di approfondimento sui temi del trattamento dell'informazione spaziale mentre per gli altri argomenti affrontati in questo testo come estensione dei Sistemi Informatici Geografici l'approccio è generalmente di tipo introduttivo. Tali testi potranno essere utili anche per individuare articoli specialistici che affrontano specifiche applicazioni o problematiche.

Bagini, L. - Marescotti, L. (a cura di) *I Sistemi Informativi Ambientali per l'Urbanistica: metodologie di progetto e applicazioni*, Milano, I: Il Rostro, 1996.

Barret, E.C. - Curtis, L.F. *Introduction to Environmental Remote Sensing*, London, UK: Chapman and Hall, 1992.

Bonfatti, F. (a cura di), *Elaborazione automatica dei dati geografici*, Milano, I: Masson, 1988.

Birkin, M.(et al.) *Intelligent GIS: location decisions and strategic planning*, Cambridge, UK: GeoInformation International, 1995.

Dubois, D. - Prade, H. *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, New York, NY, USA: Academic Press, Mathematics in Science and Engineering Series, Vol. 144, 1980.

Graham, I. - Jones, P.L. *Expert Systems: Knowledge, Uncertainty and Decision*, London, UK: Chapman and Hall, 1988.

Hofmann-Wellenhof, B. - Lichtenegger, H. - Collins, J. *Global Positioning Systems: theory and practice*, Berlin, D: Springer-Verlag, 1994.

Huxhold, W.E. *Managing Geographic Information Systems Projects*, Oxford, UK: Oxford University Press, 1995.

Laurini, R. - Milleret Raffort, F. *L'Ingénierie des Connaissances Spatiales*, Paris, F: Hermès, 1989.

Laurini, R. - Thompson, D. *Fundamentals of Spatial Information Systems*, London, UK: Academic Press, The APIC Series, Vol. 37, 1992..

Meyckyi, D. - Hearnshaw S. & H. *Human Factors in Geographics Information Systems*, London, UK: J. Wiley & Sons, 1993.

Longley, P. - Clarke, G. *GIS for Business and Service Planning*,

Parson, E. *Essential Guide to GIS*, Cambridge, UK: GeoInformation International, 1994.

Raper, J. *Three-dimensional Applications in Geographical Information Systems*, London, UK: Taylor and Francis, 1989.

Robinson, A.H. (et al.) *Elements of Cartography*, London, UK: J. Wiley & Sons, 1995.

Samet, H. *Applications of Spatial Data Structures: Computer Graphics, Image Processing and GIS*. Reading, Mass., USA: Addison-Wesley. 1990.

Zadeh, L.A. *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers*. London, UK: J. Wiley & Sons, 1987.

7. - Glossario

Alfanumerico

Di informazioni che possono essere rappresentate tramite sequenze di lettere e cifre (stringhe di caratteri) come nomi, indirizzi, valori numerici, descrizioni, codificazioni.

Basi di Dati

Insiemi di dati organizzati per categorie messe in relazione tra loro. Normalmente sia le categorie (le classi) che i loro elementi possono essere messi in corrispondenza tra loro per descrivere la strutturazione semantica dell'informazione. Nell'accezione generica le Basi di Dati conservano informazioni di tipo alfanumerico.

Basi di Dati Geografiche

Basi di Dati in cui almeno una parte dei dati è georeferenziata, cioè ha una collocazione precisa in una rappresentazione dello spazio determinata.

Digitalizzazione

Dall'inglese *digit* (cifra), significa tradurre in forma numerica una informazione. Nel campo dei Sistemi Informativi Territoriali si riferisce alla trasformazione di immagini in matrici di valori (pixel) o alla sua vettorializzazione ottenuta trasformando i segni evidenti come linee, punti e aree nella loro rappresentazione numerica (vettoriale).

Geographical Information System

Vedi **GIS**.

Georeferenziare

Associare ad una informazione una localizzazione geografica all'interno di una rappresentazione dello spazio.

GIS

Acronimo di **Geographical Information System** (Sistema per l'Informazione Geografica). Questa sigla viene spesso utilizzata per indicare due concetti simili ma diversi come i **SIT** (vedi) e i **SIG** (vedi)

Global Positioning System

Vedi **GPS**.

GPS

Acronimo di **Global Positioning System** (Sistema di Localizzazione Globale). Sistema basato su una rete di satelliti che emettono segnali sincronizzati. Interpolando le informazioni provenienti da tre o più satelliti questi sistemi sono in grado di calcolare le coordinate della loro posizione rispetto al globo terrestre. Inizialmente concepiti a scopi militare, sono adesso a disposizione anche di usi civili, pur se con precisione volutamente ridotta. Quelli più sofisticati, integrando altri sistemi di misura, sono in grado di recuperare almeno parte della precisione iniziale.

Ortofotocarta

Elaborazione di una fotografia aerea su cui sono state operate le trasformazioni necessarie ad eliminare la distorsione ottica ed per farla corrispondere ad dati sistemi di proiezione e di coordinate.

Pianificazione Geografica

Insieme di decisioni ed azioni che portano alla redazione e gestione di un piano di intervento. Le due fasi di Progettazione e Gestione possono suddividersi ulteriormente in sottofasi.

SIG

Acronimo di **Sistemi Informatici Geografici**. Con questo termine si intendono tutti gli strumenti (hardware e software) necessari a realizzare i Sistemi Informativi Territoriali. Possono essere costituiti da un semplice Personal Computer con un programma per la visualizzazione di dati georeferenziati ad una rete di stazioni di lavoro equipaggiate con diversi moduli applicativi per differenti funzioni di elaborazione di Basi di Dati geografiche.

SIT

Acronimo di **Sistemi Informativi Territoriali**. Con questo termine si intende i **SIG** con i **dati** e le **procedure applicative** che su essi risiedono. A volte viene utilizzato come sinonimo il termine **Sistemi Informativi Geografici** per assimilazione alla traduzione di **GIS** anche se, in italiano, l'aggettivo **geografico** si riferisce prevalentemente agli aspetti quantitativi, tralasciando quelli relazionali, ugualmente rappresentati nei SIT.

Sistemi Informatici Geografici

Vedi **SIG**.

Sistemi Informativi Territoriali

Vedi **SIT**.

Telecontrollo

Controllo di sistemi effettuato tramite attuatori remoti che attivati da lontano eseguono le azioni richieste.

Telerilevamento

Rilevamento da distante tramite immagini (foto aeree, panoramiche o immagini satellitari) o tramite sensori remoti.

8. - Indice analitico

A

approccio ad oggetti, 102
attributo della relazione, 112

B

banche dati, 29
base di conoscenza, 43; 135; 136; 137
basi di dati, 29
basi di dati geografiche, 25; 36
basi di dati gerarchiche, 112
basi di dati relazionali, 112
basi di dati reticolari, 112
basi di dati spazio-temporali, 124
bufferizzazione, 127

C

CAD, 30; 121
carte tematiche, 53
cartografia digitale, 49; 58
chiave, 113
classe, 113
cronoreferenziazione, 123

D

digitalizzare, 49

F

foto aeree, 32

G

Geographical Information System, 4
georeferenziazione, 14; 18; 37; 118
GIS, 4
GPS, 33
grafi, 128

I

immagini digitali, 34
immagini satellitari, 31
immagini zenitali, 56

M

matrici, 128

O

oggetti, 113
oggetti geografici, 113
oggetti, approccio a, 39
ortofotocarte, 32; 56

P

pattern, 34
piani economici, 14
piani operativi, 13
piani territoriali, 9
piani urbanistici, 9
pixel, 34; 114
procedurale, approccio, 39

R

rappresentazione a griglia, 17; 116
rappresentazione della conoscenza, 134
rappresentazione raster, 17; 113
rappresentazione vettoriale, 16; 113
rasterizzazione, 32
reti di rilevamento, 31
reti neuronali, 41; 44; 134
rilevamenti, 20

S

simulazione continua, 40; 131
simulazione per eventi, 41; 132
sistemi a regole, 43; 135
sistemi di connessione, 45
sistemi di rilevamento di posizione, 33
sistemi di simulazione, 40
sistemi di supporto alle decisioni, 43
sistemi esperti, 43
Sistemi Informatici Geografici, 4; 37
Sistemi Informativi Territoriali, 4; 36
SIT, 4
sonar, 32

T

tabella, 112
telecontrollo, 35; 38
telerilevamento, 20; 31; 38; 64
tessiture, 34
texture, 34

topologia geometrica, 125; 126
topologia logica, 126; 127

V

vettorializzazione, 115

Z

zonizzazioni, 20

9. - Indice

1. - Introduzione.....	3
2. - Strumenti informatici per la pianificazione geografica	4
2.1 FASI DELLA PIANIFICAZIONE.....	5
<i>REDAZIONE E GESTIONE DEL PIANO</i>	<i>5</i>
<i>ATTUAZIONE E AGGIORNAMENTO DEL PIANO</i>	<i>7</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>7</i>
2.2 I TIPI DI PIANO.....	8
<i>PIANI TERRITORIALI E URBANISTICI</i>	<i>9</i>
<i>PIANI OPERATIVI</i>	<i>13</i>
<i>PIANI ECONOMICI.....</i>	<i>14</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>15</i>
2.3 I DATI E LE ELABORAZIONI.....	16
<i>CENSIMENTI, ANAGRAFI, CATASTI E STATISTICHE</i>	<i>18</i>
<i>MAPPE, ZONIZZAZIONI E RILEVAMENTI A DISTANZA O SUL CAMPO.....</i>	<i>19</i>
<i>LE REGOLE.....</i>	<i>20</i>
<i>L'INTEGRAZIONE DEI DATI E DEI SISTEMI</i>	<i>22</i>
<i>I PRODOTTI DELLA PIANIFICAZIONE.....</i>	<i>25</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>26</i>
2.4 LE TECNOLOGIE.....	27
<i>BANCHE DATI E BASI DI DATI.....</i>	<i>29</i>
<i>SISTEMI PER IL DISEGNO TECNICO E LA PROGETTAZIONE</i>	<i>30</i>
<i>SISTEMI PER IL TELERILEVAMENTO.....</i>	<i>31</i>
<i>SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DI IMMAGINI DIGITALI.....</i>	<i>34</i>
<i>SISTEMI PER IL TELECONTROLLO.....</i>	<i>35</i>
<i>SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI.....</i>	<i>36</i>
<i>SISTEMI DI SIMULAZIONE</i>	<i>40</i>
<i>SISTEMI ESPERTI E DECISIONALI.....</i>	<i>42</i>
<i>SISTEMI GRAFICI, MULTIMEDIALI E PER LA COMUNICAZIONE.....</i>	<i>45</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>46</i>
3. - Dalla rappresentazione cartografica alla decisione delle scelte territoriali.....	48
3.1 LA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DEI PIANI TERRITORIALI ED OPERATIVI.....	49
<i>LA DISPONIBILITÀ DEI DATI DI BASE.....</i>	<i>49</i>
<i>LA QUALITÀ DEI DATI.....</i>	<i>50</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE NORMATIVA, DESCRITTIVA E OPERATIVA.....</i>	<i>51</i>
<i>FLESSIBILITÀ DI PRODUZIONE DELLA CARTOGRAFIA</i>	<i>52</i>
<i>CARTOGRAFIA TEMATICA E TECNICA A SCALE DIVERSE.....</i>	<i>53</i>

INTEGRAZIONE DI DATI RECUPERATI DA FONTI E SU SCALE DIVERSE	54
IMMAGINI E CARTOGRAFIA.....	56
CARTOGRAFIA DINAMICA.....	58
RIASSUNTO.....	59
3.2 LA GESTIONE DEL TERRITORIO E DEI RELATIVI SERVIZI.....	59
STRUMENTI GENERICI E PROCEDURE SPECIFICHE.....	60
CONTROLLO DELLA LEGITTIMITÀ TERRITORIALE E DELLA COMPATIBILITÀ URBANISTICA	62
CONTROLLO DELLA FISCALITÀ TERRITORIALE	65
GESTIONE DELLE RETI E DEI SERVIZI PUBBLICI	66
COORDINAMENTO DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE.....	69
PIANIFICAZIONE COMMERCIALE.....	69
GESTIONI PATRIMONIALI.....	72
PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELL'EMERGENZA	74
STUDIO E CONTROLLO DEI FENOMENI SOCIALI	76
SUPPORTO AI PROCESSI DECISIONALI.....	78
RIASSUNTO.....	80
3.3 LA PROGETTAZIONE GEOGRAFICA	81
ANALISI OGGETTIVE E SOGGETTIVE	83
UTILIZZO DI STRUMENTI GENERICI O SPECIFICI	85
GLI STRUMENTI DI ANALISI.....	86
STRUMENTI DI PREVISIONE E DI VERIFICA DELLE IPOTESI.....	88
RIASSUNTO.....	89
4. - Acquisizione ed aggiornamento dei Sistemi Informativi Territoriali.....	91
4.1 GLI ASPETTI DELL'AGGIORNAMENTO.....	92
I SISTEMI INFORMATICI.....	92
I DATI.....	93
LE CONOSCENZE	95
RIASSUNTO.....	96
4.2 L'AGGIORNAMENTO DEI SISTEMI.....	96
4.3 L'ACQUISIZIONE E L'AGGIORNAMENTO DEI DATI	98
I DATI INIZIALI.....	99
I COSTI DELL'AGGIORNAMENTO E DELLA CORREZIONE DEI DATI	100
L'AUTONOMIA DEI DATI RISPETTO AI SISTEMI.....	101
AGGIORNAMENTO E CONDIVISIONE DEI DATI	102
AGGIORNAMENTO INCREMENTALE AUTOMATIZZABILE.....	103
RIASSUNTO.....	106
4.4 L'ACQUISIZIONE E L'AGGIORNAMENTO DELLE CONOSCENZE....	106
L'EVOLUZIONE DELLE CONOSCENZE.....	107
I PROBLEMI DI FORMALIZZAZIONE.....	107
RIASSUNTO.....	109

5. - Dall'informazione quantitativa a quella qualitativa.....	110
5.1 ASPETTI QUANTITATIVI: I VALORI.....	110
<i>LA STRUTTURAZIONE DEI DATI</i>	<i>111</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DEI DATI GEOGRAFICI</i>	<i>113</i>
<i>GEOREFERENZIAZIONE DEI DATI ALFANUMERICI</i>	<i>118</i>
<i>IDENTIFICAZIONE PUNTUALE DELLE INFORMAZIONI</i>	<i>119</i>
<i>GESTIONE DELLA COMPLESSITÀ GEOGRAFICA</i>	<i>119</i>
<i>ANALISI STATISTICA DEI FENOMENI</i>	<i>123</i>
<i>IL TEMPO E L'EVOLUZIONE TERRITORIALE</i>	<i>123</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>125</i>
5.2 ASPETTI TOPOLOGICI: LE STRUTTURE GEOGRAFICHE	125
<i>LA TOPOLOGIA GEOMETRICA</i>	<i>126</i>
<i>CALCOLO E LOGICA RETICOLARE</i>	<i>127</i>
<i>GLI STRUMENTI PER L'ANALISI TOPOLOGICA.....</i>	<i>129</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI STRUTTURE GEOMORFOLOGICHE</i>	<i>129</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI STRUTTURE ANTROPICHE</i>	<i>130</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI RELAZIONI SOCIALI, POLITICHE ED ECONOMICHE</i>	<i>131</i>
<i>LA SIMULAZIONE DI RELAZIONI COMPLESSE.....</i>	<i>131</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>133</i>
5.3 ASPETTI QUALITATIVI: I CRITERI	133
<i>RAPPRESENTAZIONE DI NORMATIVE</i>	<i>135</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI LEGGI NATURALI.....</i>	<i>136</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI CRITERI URBANISTICI, ECONOMICI E SOCIALI ...</i>	<i>137</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI ASPETTI QUALITATIVI</i>	<i>137</i>
<i>VERIFICA DI LEGITTIMITÀ E FATTIBILITÀ ANCHE DI INTERVENTI COMPLESSI</i>	<i>138</i>
<i>CALCOLO DI INDICI VALUTATIVI.....</i>	<i>139</i>
<i>RAPPRESENTAZIONE DI CRITERI EVOLUTIVI</i>	<i>139</i>
<i>RIASSUNTO.....</i>	<i>140</i>
6. - Bibliografia.....	142
7. - Glossario	144
8. - Indice analitico.....	147
9. - Indice	150