

INTRODUZIONE **5**

I PARTE:

“TEORIA E TECNICHE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE” **6**

1. CHE COSA E' L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE? **7**

2. INTRODUZIONE AI SISTEMI ESPERTI **8**

3. LOGICA FUZZY E TRATTAMENTO DELL'INCERTEZZA **18**

4. ALTRE APPLICAZIONE D'INTELLIGENZA ARTIFICIALE **21**

4.1 RETI NEURALI **21**

4.2 ALGORITMI GENETICI **22**

5. INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN INTERNET **24**

6. CONCLUSIONI **25**

II PARTE:

1. INTRODUZIONE	27
2. L'ESPERIENZA INTERNAZIONALE	29
2.1 APPLICAZIONI ALL'USO DEL SUOLO ED ALLA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI	29
2.1.1. ISIS: SVILUPPO DI UN SISTEMA SPAZIALE INTEGRATO DI INFORMAZIONI	29
2.1.2. ADAPT: UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI IMPRONTATO SULLA CONOSCENZA PER PRODURRE SCHEMI DI ZONIZZAZIONE	34
2.1.3. ERS: UN SISTEMA ESPERTO PER LA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI (IN PROLOG)	36
2.1.4. RTMAS: UN SISTEMA ESPERTO PER IL MONITORAGGIO IN TEMPO REALE ED ANALISI DEL TRAFFICO DURANTE UN'EVACUAZIONE	37
2.2 SISTEMI ESPERTI NELLA SCELTA DEL SITO	39
2.2.1 SISES: UN SISTEMA ESPERTO PER LA SCELTA DEL SITO	39
2.2.2. ESMAN: UN SISTEMA ESPERTO PER LA SELEZIONE DI ZONE PER L'INDUSTRIA	42
2.2.3. ESSAS: UN SISTEMA ESPERTO PER LA SCELTA E L'ANALISI DEL SITO	43
2.2.4. SCELTA DI UN SITO PER UNA DISCARICA	44
2.3 SISTEMI ESPERTI IN AMBIENTE, E DISPUTE LEGALI	46
2.3.1. EXACOTRA: UN SISTEMA ESPERTO PER IL COMMERCIO GLOBALE DEL CARBONE	46
2.3.2. CGS-DSC: UN SISTEMA ESPERTO PER QUESTIONI RIGUARDANTI CONTRATTI DI COSTRUZIONE	47
2.3.3. MEDIATOR: UN SISTEMA ESPERTO PER FACILITARE LA SOLUZIONE IN DISPUTE AMBIENTALI	48
2.4 SISTEMI ESPERTI PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALI: DIREZIONI DELLA RICERCA FUTURA IN AMBITO INTERNAZIONALE	51
2.4.1. SVILUPPI FUTURI DI EGIS: APPLICAZIONI ALL'USO DEL SUOLO ED ALLA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI	51
2.4.2. SISTEMI INFORMATIVI URBANI INTELLIGENTI: RASSEGNA E PROSPETTIVE	55
3. ESPERIENZE ITALIANE	57
3.1 DESCRIZIONE DI ALCUNI SISTEMI ESPERTI DIAGNOSTICI	57
3.1.1 NORM: SISTEMA ESPERTO PER L'ESAME DELLE PRATICHE EDILIZIE	57
3.1.2. SAFE: SISTEMA ESPERTO PER L'ANALISI DELLE PRESTAZIONI DELLE RETI TECNOLOGICHE URBANE	58
3.1.4. NET: SISTEMA ESPERTO PER L'ANALISI DELLE RETI TECNOLOGICHE URBANE	58
3.2 SISTEMI ESPERTI E IPERTESTI: SITU, S.E. PER IL CONTROLLO DELLE TRASFORMAZIONI IN EDILIZIA	59
4. CONCLUSIONI	60

III PARTE:

“SVILUPPO DI UN PROTOTIPO PER L’INDIVIDUAZIONE DELLA VOCAZIONE AGRICOLA DEL TERRITORIO LIGURE” **66**

1. INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA **67**

2. NORMATIVA E POLITICHE REGIONALI **68**

3. INDIVIDUAZIONE DELLA BASE DI CONOSCENZA **71**

3.1 L’OLIVETO (ESPERTO. DOTT. ANGELO CONSIGLIERI) **72**

3.2 IL P.U.C. DI NÈ (ESPERTI ARCH. AVVENENTE ED ARCH. GIARDINO) **75**

4. CREAZIONE DELLA BASE DELLA CONOSCENZA **77**

4.1 AGRISE: SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE AGRICOLE PRODUTTIVE, DI PRESIDIO E NON INSEDIABILI **80**

4.1.1 L'AMBIENTE DI SVILUPPO: CLIPS (C LANGUAGE INTEGRATED PRODUCTION SISTEM) **82**

4.1.2 DESCRIZIONE ED USO DEL PROGRAMMA **83**

4.2 VOCSE: SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA VOCAZIONE AGRICOLA DEL TERRITORIO **84**

4.2.1 L'AMBIENTE DI SVILUPPO: FLESS (FUZZY LOGIC EXPERT SYSTEM) **85**

4.2.2 DESCRIZIONE ED USO DEL PROGRAMMA **90**

5. CONCLUSIONI **93**

IV PARTE:

<u>“SVILUPPO DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO PAESISTICO DEI PROGETTI”</u>	96
<u>1 IL CONCETTO DI PAESAGGIO</u>	97
<u>2 CONSIDERAZIONI SUL PAESAGGIO LOMBARDO</u>	99
<u>3 ORIENTAMENTI NORMATIVI</u>	100
<u>4 PREMESSA: IL P.T.C.P. DELLA REGIONE LOMBARDIA</u>	101
4.1. LA SENSIBILITÀ DEL SITO	102
4.2. L’INCIDENZA DEL PROGETTO	104
4.3. L’IMPATTO PAESISTICO	106
4.4. LA VERIFICA PAESISTICA	107
<u>5 PAESE: S.E. PER LA VALUTAZ. DI IMPATTO PAESISTICO DEI PROGETTI</u>	109
5.1 L'AMBIENTE DI SVILUPPO	109
5.2 STRUTTURA DEL PROGRAMMA	109
5.2.1 ANALISI DELLA SENSIBILITÀ DEL SITO	111
5.2.2 VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DEL PROGETTO	113
5.2.3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO PAESISTICO DEL PROGETTO	116
5.2 SVILUPPO DEL PROGRAMMA	117
<u>6 CONCLUSIONI</u>	119
<u>CONCLUSIONI</u>	121
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	125
<u>GLOSSARIO</u>	125

INTRODUZIONE

La pianificazione territoriale è un'attività multidisciplinare che coinvolge fattori sociali, economici, politici e tecnici. Le soluzioni dei problemi territoriali, spesso, richiedono sia analisi euristiche non quantitative che numeriche.

Queste ultime vengono effettuate mediante tecniche tradizionali che, a differenza di quelle dell'intelligenza artificiale, non consentono di incorporare la conoscenza euristica dei pianificatori né di trattare in modo rigoroso problemi non quantitativi.

Obiettivo della presente ricerca è sondare le possibilità di questi strumenti nell'ambito della pianificazione territoriale anche attraverso la realizzazione di prototipi di sistemi esperti di supporto alle decisioni per i pianificatori.

Dopo lo studio dei vari strumenti dell'intelligenza artificiale (sistemi esperti, reti neurali, ecc.), è seguita l'analisi delle varie applicazioni, operanti o prototipi realizzate in Italia ed all'estero nell'ambito della pianificazione territoriale. Alla luce delle esperienze analizzate, si è passati alla fase sperimentale, affrontando, con l'utilizzo dei sistemi esperti, due problemi di pianificazione che richiedono analisi di tipo euristico. Traendo spunto da recenti normative regionali in ambito urbanistico - ambientale si sono costruiti sistemi di supporto alle decisioni per la pianificazione nelle aree rurali della Liguria e per la valutazione di impatto in ambito paesistico in Lombardia.

La tesi segue lo sviluppo logico e cronologico della ricerca, in particolare:

- *prima parte*: analisi e valutazione delle potenzialità degli strumenti dell'intelligenza artificiale con peculiare attenzione dei sistemi esperti;
- *seconda parte*: studio delle applicazioni, di sistemi esperti per la pianificazione territoriale. Attraverso l'analisi di alcune esperienze realizzate in Italia ed all'estero, si traccia una panoramica sulle possibili applicazioni e si stimano l'efficacia e l'efficienza di questi strumenti;
- *terza parte*: indagine per lo sviluppo di un prototipo di sistema esperto per la pianificazione nelle aree rurali liguri. Riferendosi ai criteri proposti dalla recente legislazione urbanistica regionale, si intende creare un sistema di supporto alle decisioni per la zonizzazione delle aree extraurbane in cui individuare la vocazione agricola del territorio;
- *quarta parte*: studio per lo sviluppo di un prototipo di sistema esperto al fine di valutare l'impatto paesistico dei progetti edilizi in Lombardia. Anche in questo contesto, si utilizzano i criteri proposti da normative regionali e dal Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico recentemente adottato. L'obiettivo prevede creare un sistema che, in quanto supporto alle decisioni, aiuti i progettisti sia a valutare le proprie scelte da un punto di vista paesistico che redigere la relazione paesistica da allegare al progetto.

In conclusione, si riassumono le esperienze analizzate e effettuate nel corso della ricerca, focalizzando i rischi ed i vantaggi che scaturiscono dall'utilizzo di tecniche d'intelligenza artificiale e dei sistemi esperti nella pianificazione territoriale.

I Parte

“Teoria e tecniche di intelligenza artificiale”

1. CHE COSA E' L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE?

L'intelligenza artificiale (IA) fu fondata ufficialmente nel 1956 nel corso di una conferenza tenutasi presso il Dartmouth College negli Stati Uniti. Tra i partecipanti, come M. Minsky e A. Newell, spicca H. Simon che ricevette il premio Nobel in economia per aver condotto ricerche sui processi decisionali del management. Tali processi costituiscono l'oggetto di studio dell'IA in quanto si inseriscono in un quadro di “razionalità limitata”. Infatti, il manager (nel nostro caso il pianificatore territoriale), pur avendo a disposizione solo conoscenze parziali, incomplete e incerte, deve decidere le proprie azioni in tempi ristretti e accontentarsi spesso di soluzioni euristiche e sub ottimali senza ricorrere agli usuali approcci algoritmici dell'informatica tradizionale.

L'IA ha, sia uno scopo scientifico che consiste nel comprendere i meccanismi che sono alla base dell'intelligenza umana che uno scopo ingegneristico che prevede realizzare artefatti in grado di esibire un comportamento “intelligente”, come soluzione di problemi che, dimostrando estrema complessità, richiedono un'elevata competenza.

I suoi campi di applicazioni sono molteplici: dal ragionamento automatico alla comprensione del linguaggio naturale e dalla visione artificiale alla robotica.

Dal punto di vista “filosofico”, si basa sul “paradigma simbolico” riassumibile in:

- esiste un mondo reale fatto di oggetti che sono in relazione tra di loro;
- i processi intellettivi (umani - artificiali) consistono in un'opportuna manipolazione di simboli che referenziano tali oggetti e le loro relazioni (necessità di rappresentare simbolicamente il mondo in una base della conoscenza);
- i simboli possono essere manipolati tramite meccanismi logico inferenziali di deduzione, induzione, analogia, ecc. che producono altri simboli. (Cammarata 1997)

Dal paradigma simbolico nascono i *Sistemi Esperti* (SE) e le prime applicazioni di IA.

In realtà, tale paradigma trascura l'importanza dei cambiamenti, del divenire, dell'apprendimento e dell'attività dell'ambiente che, invece, rappresentano oggetto di interesse sia da parte del paradigma connessionista, a cui si ispirano le *reti neurali*, che dal paradigma evolutivo - Darwiniano, a cui si ispirano gli *algoritmi genetici*.

Il paradigma connessionista emula il sistema nervoso ossia una struttura di nodi (neuroni) e di contorni (sinapsi) che collegano i nodi. Il nodo - neurone si accende quando vi si riversano dei segnali in misura proporzionale ai segnali stessi. Si istruisce una rete neurale sottoponendole degli esempi. Si può insegnarle a riconoscere la nostra firma mostrando delle immagini prima con la firma e poi senza. Nel primo caso, si premierà la rete con un segnale di retroazione positiva e nel secondo caso la si punirà con dei segnali di retroazione negativa.

Il paradigma evolutivo si riferisce al concetto di evoluzione naturale Darwiniana il cui modello computazionale idealizzato costituisce gli algoritmi genetici.

2. INTRODUZIONE AI SISTEMI ESPERTI

I *Sistemi Esperti* (SE) sono programmi per calcolatori che, nella maggioranza dei casi, devono sia assumere lo stesso comportamento sia giustificare le proprie soluzioni che devono coincidere con quelle dell'esperto. Ciò è ottenuto simulando il processo di ragionamento umano mediante l'applicazione di conoscenze e di inferenze specifiche.

Vengono utilizzati in svariati contesti applicativi al fine di eseguire compiti anche molto complessi che, fino a poco tempo fa, costituivano il dominio esclusivo di esperti umani altamente specializzati.

CARATTERISTICHE DEI SISTEMI ESPERTI

Un SE ideale include:

- vasti complessi di conoscenze relative al dominio al quale si è interessati;
- l'applicazione di tecniche di ricerca;
- supporti che consentano analisi euristiche;
- capacità che permettano d'inferire nuove conoscenze da quelle esistenti;
- capacità di fornire spiegazioni sul processo di ragionamento seguito.

I SE si fondano sulle seguenti ipotesi:

- per risolvere un problema i SE usufruiscono di un ampio repertorio di conoscenze sul dominio del problema;
- le conoscenze e i processi utilizzati possono essere tradotti in forma computazionale, per mezzo di strutture e algoritmi di elaborazione simbolici;
- il grado d'intelligenza di un sistema dipende dalla quantità e dalla qualità delle conoscenze rappresentate.

Possono avere diverse funzioni, come:

- sostituire completamente l'esperto umano nella sua attività professionale;
- costituire un supporto interattivo per un professionista che aumenta le proprie possibilità gestendo le conoscenze messe a disposizione dal sistema;
- servire come sistemi di addestramento per il training di nuovi esperti.

Affinché la realizzazione di un SE risulti fattibile ed utile devono sussistere alcune condizioni:

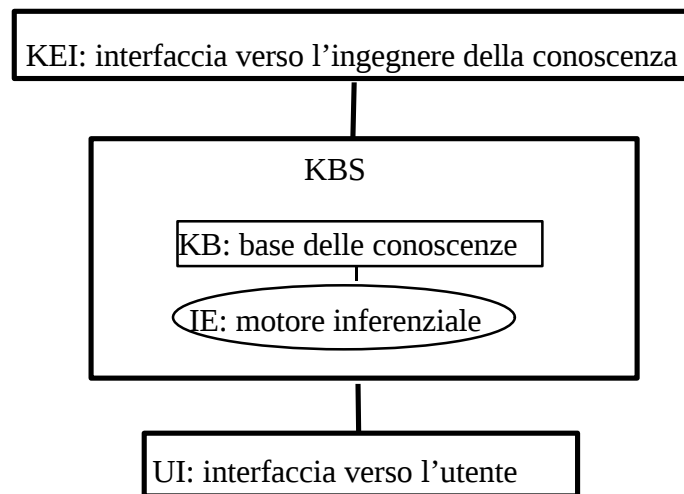
- la classe di problemi da risolvere deve essere non banale e non facilmente affrontabile con metodi informatici tradizionali;
- i problemi devono essere risolvibili sulla base di conoscenze di tipo specialistico, evitando il ricorso al “buon senso”;
- devono esistere esperti umani capaci di risolvere il problema, e quindi in possesso delle conoscenze necessarie:

La realizzazione del SE coinvolge almeno tre figure:

- *l'utente finale* che si servirà del sistema come supporto per risolvere problemi;
- *l'esperto del dominio* che fornisce le conoscenze specialistiche necessarie;
- *l'ingegnere della conoscenza* che progetta e realizza il sistema artificiale.

L'ARCHITETTURA DI UN SISTEMA ESPERTO

La maggior parte dei SE ha la seguente architettura:



- i moduli principali sono un KBS (*knowledge - based system*), un'interfaccia verso *l'ingegnere della conoscenza* (KEI, *knowledge engineer interface*) e un'interfaccia verso l'utente (UI, *user interface*);
- a sua volta, il KBS si articola in una KB e in un interprete o *motore inferenziale* (IE, *inference engine*).

La KEI agevola la costruzione ed il mantenimento della KB. La UI consente un'interazione amichevole fra l'utente ed il sistema, fornendo spiegazioni sul processo di risoluzione in corso. Per quanto riguarda la KBS, l'uso di conoscenze rappresentate in forma simbolica si riduce in ultima analisi ad un meccanismo inferenziale (IE) che permette di dedurre nuovi fatti da fatti precedentemente accertati. Questo compito è affidato ad un interprete simbolico, appunto il motore inferenziale.

Per costruire un sistema esperto, si possono impiegare vari strumenti con diverso livello di complessità. Per esempio, è sempre possibile realizzare un sistema partendo da zero, avvalendosi di un linguaggio di programmazione simbolico come il LISP o il PROLOG. Un'altra possibilità prevede utilizzare di uno *shell* (guscio) di SE, ovvero un sistema che mette a disposizione tutte le componenti di un sistema esperto escluso la KB. Programmare uno shell significa essenzialmente codificare le conoscenze relative al dominio applicativo, mentre le altre componenti del sistema sono predefinite. L'uso di uno shell semplifica notevolmente lo sviluppo di un sistema esperto e, in linea di principio, rende

possibile quest'attività a chi non possiede grandi conoscenze di IA. Tuttavia, gli shell sono molto rigidi e consentono di realizzare soltanto sistemi di un certo tipo (in generale sistemi attributo - valore).

CLASSI DI PROBLEMI

E' opportuno classificare i tipi di problemi che si possono risolvere per mezzo dei SE. Una classificazione basata sulle aree applicative (medicina, geologia, urbanistica, ...) non ha senso, in quanto ogni area presenta problemi di tipo diverso, mentre si possono trovare problemi simili all'interno di aree distinte. Una classificazione (Colombretti 1992) che tiene conto del tipo di problemi e del loro grado di difficoltà è la seguente:

- problemi di *classificazione*: partendo da un insieme di dati grezzi, operare un processo di astrazione e categorizzazione. (Es: valutare la probabilità che esistano giacimenti petroliferi in una determinata zona a partire dai dati forniti dalle prospezioni geologiche);
- problemi di *diagnosi*: in particolare, diagnosi di “malfunzionamenti”. A volte, poiché la diagnosi si riduce ad un semplice processo di classificazione, rientra nella categoria precedente. Si parla di diagnosi in senso proprio quando il riconoscimento dei malfunzionamenti di un sistema utilizza, in modo essenziale, il modello di funzionamento del sistema. (es.: riconoscimento ed analisi dei guasti in un impianto);
- problemi di *monitoraggio*: analisi in tempo reale del comportamento di un sistema. Si tratta di problemi simili alla diagnosi, ma resi più complessi dalla necessità di tenere conto dell'evoluzione del sistema nel tempo (es.: monitorare l'evoluzione dell'attività sismica di una determinata zona);
- problemi di *progetto*: progettare un sistema che soddisfi un insieme predefinito di obiettivi. Poiché il progetto ha sempre una componente “creativa”, il compito appare più complesso dei precedenti. (es.: progetto di edifici
- problemi di *pianificazione*: si tratta di un progetto aggravato dalla variabile tempo. Pianificare significa progettare una sequenza di azioni da eseguire nel tempo per raggiungere determinati obiettivi. Ad esempio, si può pianificare una serie di investimenti economici;
- problemi di *controllo*: interventi che riuniscono monitoraggio e pianificazione. Infatti, controllare un processo significa analizzarne il comportamento passato e presente, pianificarne l'attività futura e intervenire direttamente sul sistema per guidarlo. (es.: gestione di una rete di trasporti).

SVILUPPO DEI SISTEMI ESPERTI

Il processo di sviluppo di un sistema esperto è suddiviso in stadi fondamentali che ne rappresentano il ciclo di vita:

- *identificazione del problema* (ha senso sviluppare un sistema esperto oppure è preferibile una soluzione software tradizionale?);
- *costruzione del prototipo* (creato per comprendere meglio il problema e stimare le difficoltà);
- *formalizzazione* (elaborare il progetto del sistema esperto vero e proprio);
- *implementazione* (ciclo reiterato di acquisizione della conoscenza, aggiornamento della base della conoscenza e verifica);
- *valutazione del sistema* (stabilire quanto il comportamento del sistema esperto si avvicini a quello di un esperto del settore);
- *evoluzione a lungo termine* (processo con cui il sistema esperto si perfeziona aggiornandosi sui cambiamenti che si verificano nelle conoscenze relative al dominio).

L'ACQUISIZIONE DELLA CONOSCENZA

Per costruire un SE occorre:

- stabilire l'obiettivo del sistema;
- individuare le fonti della conoscenza (generalmente esperti reali);
- raccogliere la conoscenza con la tecnica più appropriata;
- strutturare la conoscenza raccolta;
- riconoscere la strategia del processo esperto per la soluzione del problema;
- formalizzare la strategia in una struttura idonea all'implementazione nel computer.

La raccolta della conoscenza rappresenta il punto cruciale per progettare un SE in quanto non solo richiede un consistente investimento temporale, ma influenza anche pesantemente le operazioni successive. Nell'ambito della pianificazione territoriale, poiché l'approccio risulta interdisciplinare e strategico, la conoscenza, che fa capo ad interlocutori provenienti da ambiti diversi, è di tipo multiesperto. In questo caso bisogna tenere conto di due aspetti limitativi (Medsker 1995):

- è difficile conseguire un accordo se le ambiguità all'interno degli ambiti disciplinari sono numerose;
- non è facile osservare il processo decisionale di un gruppo di esperti.

Gli esperti, fondamentalmente, lavorano in modi diversi. Tale diversità non preclude l'uso di tecniche che si adattano ad un esperto in particolare, ma esclude approcci che non siano basati sull'intervista.

La selezione del metodo di acquisizione della conoscenza deve prendere in considerazione i differenti tipi di relazioni fra i domini (Medsker 1991):

- *conoscenza ambigua*: incertezza per alcune aree del dominio cognitivo;
- *conoscenza distribuita*: mutua distribuzione in dipendenza delle proprietà del dominio stesso;
- *conoscenza sconnessa*: scomposizione di un dominio cognitivo in sotto domini ben definiti e delimitati ed, eventualmente, integrati;

- *conoscenza critica*: ridondanza della conoscenza necessaria alla validazione del SE;
- *conoscenza conflittuale*: disaccordo tra gli esperti del dominio cognitivo;
- *conoscenza sinergica*: necessità di integrare la conoscenza di vari esperti per affrontare problemi rimasti irrisolti.

Quando si raccolgono le conoscenze, il compito iniziale implica individuare la tipologia delle relazioni delle conoscenze multi esperte coinvolte. Si possono suddividere gli esperti in "primari" e "secondari" e consultare i primi per strutturare la base della conoscenza ed i secondi per risolvere sotto problemi specifici. Si può ipotizzare che gli esperti siano tra loro indipendenti e selezionare la linea di ragionamento più opportuna. In questo caso potrebbero emergere sovrapposizioni di sotto domini cognitivi. In tal modo si riducono i benefici dell'interazione e della creatività di un lavoro di gruppo. Al contrario, nel lavoro di gruppo è difficile dirimere i conflitti.

Un metodo di acquisizione della conoscenza è l'osservazione partecipata ("sharing observation" Buchanan e Forsythe 1989). Si presenta agli esperti un "problema", chiedendo di formulare una diagnosi o di produrre un progetto. Si osservano separatamente gli esperti al lavoro senza intervenire e porre altre domande. Tale metodologia, che consente di confrontare diversi approcci rispetto ad un medesimo problema e di trovare sequenze logiche comuni o divergenti, permette la costruzione di nuovi schemi concettuali in grado di fornire la soluzione più congrua al problema.

STRUTTURA DI UN SISTEMA BASATO SULLA CONOSCENZA

Per rappresentare la conoscenza si possono usare reti semantiche, predicati logici oppure alberi delle decisioni (decision tree) e regole. La struttura dell'albero delle decisioni delinea le relazioni che devono sussistere tra le regole in una base della conoscenza formulata correttamente. La struttura di una regola è:

SE (premessa/antecedente), ALLORA (conclusione/conseguente)

dove la premessa (o antecedente) e la conclusione (o conseguente) sono generalmente costituite da numerosi fatti uniti da connettivi logici AND, OR, NOT. La regola indica che se la premessa è vera, allora diventa vera anche la conclusione. Dunque si inferisce dalla premessa alla conclusione. L'inferenza usata è in genere di tipo deduttivo (sillogismo aristotelico) del tipo:

Il veicolo X è un automobile
Le automobili hanno le ruote
allora
Il veicolo x ha le ruote

Le inferenze vengono eseguite e correlate dal motore inferenziale o ragionatore automatico. Il ragionamento automatico, di norma deduttivo, viene eseguito in modo indipendente dal dominio per cui è possibile servirsene per domini e problemi molto diversi (al contrario della base della conoscenza che è specifica del dominio). I sistemi che mettono a disposizione dell'utente tutte le componenti di un SE, tranne la base della

conoscenza, si chiamano shell o meta - programmi. Esistono due tipi fondamentali di ragionamento automatico, denominati *Forward Chaining* e *Backward Chaining*.

Il ragionamento “in avanti” o forward parte dai dati iniziali e attraverso deduzioni successive, genera in modo esaustivo una sequenza di altri dati che sono risultati parziali o finali. E' funzionale quando i dati iniziali sono relativamente pochi ed i risultati dedotti sono invece molti, come accade per le applicazioni di pianificazione.

Il ciclo di generazione è il seguente:

- determinazione delle regole eseguibili, cioè quelle la cui premessa è attualmente vera;
- dall'elenco delle regole potenzialmente eseguibili occorre sceglierne una da attivare effettivamente. Questa è la fase di “risoluzione dei conflitti” tra le regole attivabili, risolto in base alla loro rilevanza tattica o strategica, alla ricchezza della loro premessa (numero di fatti), ecc;
- la regola “vincente” è allora attivata, rendendo così vera la sua conclusione, che viene pertanto aggiunta ai fatti veri contenuti nella memoria, ed il ciclo si chiude ritornando alla determinazione delle regole eseguibili.

La successione dei cicli termina quando si esauriscono tutte le regole applicabili.

Il ragionamento “all'indietro” o backward o guidato dagli obiettivi presuppone la conoscenza delle possibili soluzioni. Si sceglie una prima meta e la si suppone vera. Poiché tale meta è la conclusione di una regola, la sua eventuale verità esige quella della relativa premessa. Tale premessa, di solito, è costituita dalla congiunzione di più fatti, ciascuno dei quali diventa una meta intermedia. Per ognuna di esse si ripete il procedimento sino a giungere ai fatti iniziali la cui verità può essere verificata con un'opportuna domanda all'utente. Se tutti risultano veri, allora la meta è vera altrimenti si sceglie un'altra meta e si ripete il procedimento.

Questo tipo di ragionamento conviene quando i dati iniziali sono relativamente molti e le mete relativamente poche, come accade in applicazioni di diagnosi, valutazione dei rischi, ecc.

Se si integrano i due tipi di ragionamento se ne determina un altro definito "opportunistico". Mentre, il ragionamento in avanti potrebbe generare tutti i risultati congruenti con i dati iniziali, quello all'indietro potrebbe testarne la bontà effettiva ai fini della soluzione del problema specifico.

LE SPIEGAZIONI

I SE devono essere in grado spiegare il processo di risoluzione del problema. Esistono molte spiegazioni diverse. Nei sistemi più semplici, l'utente ha la possibilità di visualizzare la base della conoscenza e di porre al sistema due tipi di domande:

- domande sul “perché”: si richiede al sistema di giustificare una domanda posta all'utente. Il sistema risponde presentando la regola correntemente in uso;
- domande sul “come”: si richiede al sistema di giustificare un elemento della base di conoscenza. Il sistema risponde descrivendo l'inferenza che ha portato all'inserimento di quell'elemento. Per questo scopo, il sistema deve tenere traccia del processo risolutivo.

IL TRATTAMENTO DELL'INCERTEZZA

Pur mantenendo le ipotesi di completezza per i dati e le conoscenze, possiamo rilasciare il vincolo che dati e conoscenze siano certi. Un dato è incerto se il suo valore di verità varia su un intervallo. Ad esempio, possiamo assumere che il valore di verità della coppia

diagnosi = morbilli

vari con continuità sull'intervallo $-1, +1$. Il valore -1 corrisponde a “certamente falso”, e il valore $+1$ a “certamente vero”. Il valore 0 corrisponde all'incertezza totale mentre gli altri a livelli intermedi di certezza; ad esempio, $+0,75$ viene interpretato come vero al 75%.

In queste condizioni, il valore di verità di un fatto può essere interpretato come probabilità che il fatto sia vero. Tuttavia, l'interpretazione probabilistica non è l'unica possibile e, spesso, neanche la più corretta. Di seguito si descrive il modello per la gestione dell'incertezza di Shortliffe e Buchanan (S&B), impiegato per la prima volta nel sistema esperto di diagnosi medica MYCIN.

Certeza di un fatto

Nel modello S&B ad ogni fatto è associato un *fattore di certezza* $CF(f)$ $[-1, 1]$. La certezza di un fatto è considerata come la composizione di due tipi di fattori: gli elementi che militano a favore della verità del fatto, detti evidenza positiva e gli elementi che militano a sfavore, denominati evidenza negativa. I due tipi di fattori vengono analizzati separatamente. L'evidenza positiva complessiva di un fatto f è misurata da un coefficiente $MB(f)$ $[0, 1]$ (*measure of belief*, o credito); l'evidenza negativa da un coefficiente $MD(f)$ $[0, 1]$ (*measure of disbelief*, o discredito). Il fattore di certezza si definisce come:

$$CF(f) = MB(f) - MD(f)$$

Per coerenza, assumiamo che quando $MB(f) = 1$ debba necessariamente essere $MD(f) = 0$; in questo caso $CF(f) = 1$, il fatto è certamente vero. Analogamente, se $MD(f) = 1$ dev'essere $MB(f) = 0$; quindi $CF(f) = -1$, e il fatto è certamente falso.

Se il formalismo utilizzato consente l'uso della negazione, l'effetto di questa equivale a scambiare il credito con il discredito:

$$MB(-f) = MD(f)$$

$$MD(-f) = MB(f)$$

Ne consegue che $CF(-f) = -CF(f)$. Per quanto riguarda la congiunzione di più fatti, si adotta il seguente modello:

$$MB(f_1 \& \dots \& f_n) = \min_k MB(f_k) \tag{1}$$

$$MD(f_1 \& \dots \& f_n) = \max_k MD(f_k)$$

L'utente ha la responsabilità di stabilire il CF dei fatti che gli vengono sottoposti dall'interprete. Per semplificare l'intervento dell'utente, l'interfaccia UI permette, in genere, di assegnare a un fatto un CF scelto da un insieme discreto di valori predefiniti. Tale insieme

include sempre i valori -1, 0 e +1 e, anche, alcuni valori intermedi. Per i CF assegnati dall'utente, non e' fattibile risalire automaticamente alla scomposizione in termini di MB e MD; pertanto, vengono effettuati i seguenti assegnamenti arbitrari:

$$\begin{aligned} \text{CF}(f) \geq 0 \rightarrow \quad & \text{MB}(f) = \text{CF}(f) \\ & \text{MD}(f) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CF}(f) < 0 \rightarrow \quad & \text{MB}(f) = 0 \\ & \text{MD}(f) = -\text{CF}(f) \end{aligned}$$

Per trattare i CF dei fatti dedotti dal sistema tramite regole, è necessario introdurre il concetto di regola incerta.

Certezza di una regola

Prima di definire la certezza di una regola è necessario puntualizzare delle considerazioni:

- poiché ad ogni fatto sono associati separatamente un credito MB e un discredito MD, è ragionevole assumere che ogni regola possa contribuire o all'uno o all'altro. In altre parole, ogni regola che abbia il fatto f come conseguente può portare o evidenza a favore di f o evidenza contro f . Ad esempio, la presenza del sig. Rossi sul luogo del delitto porta evidenza a favore della sua colpevolezza; ma il fatto che il suddetto signore sia miope tende ad escludere che sia stato lui a centrare la vittima con un boomerang da 500 m di distanza;
- ogni regola può portare, a favore o a sfavore del suo conseguente, un'evidenza più o meno forte. Ad esempio, il fatto che siano spariti 200 milioni dalla cassa del sig. Rossi depone solo debolmente a favore della sua colpevolezza; ma il fatto che sia stato trovato con 200 milioni nella borsa è un indizio significativo;
- il contributo di una regola non dipende solo dalla sua forza, ma anche dalla certezza dell'antecedente;
- se la certezza della regola che “chi ha i soldi nella borsa è un ladro” è 0,9, ma la nostra certezza che il sig. Rossi avesse davvero i soldi nella borsa è solo 0,4, il contributo della regola può essere assunto pari al prodotto $0,4 * 0,9 = 0,36$;
- nella logica classica una regola viene applicata solo quando il suo antecedente è vero. Nella logica dell'incertezza una regola sarà applicabile quando il suo antecedente è tendenzialmente vero, ovvero quando il CF dell'antecedente è positivo; la regola non sarà applicata se il CF dell'antecedente è negativo;
- infine, se più regole hanno tutte lo stesso conseguente, dovremo prendere in considerazione il contributo complessivo di tutte le regole: tutti gli indizi sia a favore che contro f vanno considerati nel loro complesso;

Il modello S&B tiene conto di tutte queste considerazioni. A ogni regola viene associato un fattore di certezza $\text{CF}(R) \in [-1, 0) \cup (0, 1]$, ovvero negativo o positivo, ma non nullo.

Le regole con CF positivo sono a favore del loro conseguente f e, quindi, contribuiscono ad aumentare $MB(f)$; al contrario con CF negativo sono a sfavore del loro conseguente f , per cui contribuiscono ad aumentare $MD(f)$.

La forza di una regola è rappresentata dal valore assoluto $|CF(R)|$. Quindi il CF di una regola contiene due informazioni distinte: la forza della regola (valore assoluto del CF) e il fatto che la regola porti evidenza positiva o negativa (il segno di CF).

Il contributo di una regola definito da:

$$c(R) = CF(f_1 \& \dots \& f_n) * |CF(R)|$$

dove $f_1 \& \dots \& f_n$ è l'antecedente di R . Il CF dell'antecedente si calcola a partire da MB ed MD a loro volta calcolati mediante la formula 1).

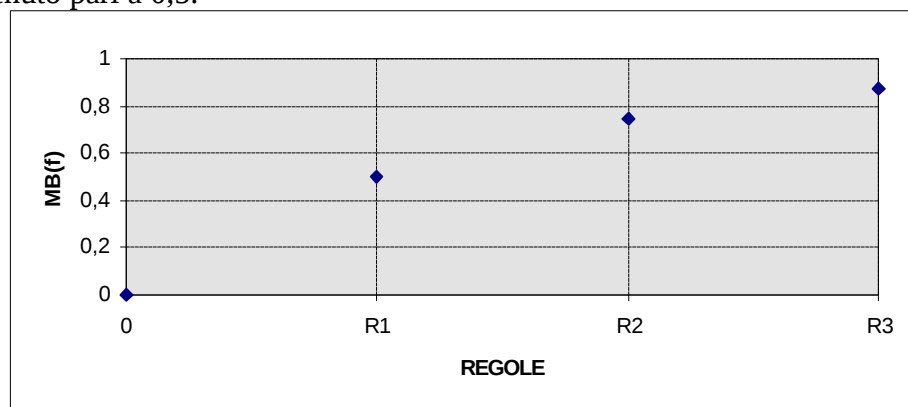
Certezza di un fatto dedotto tramite regole

Il CF di un fatto, f dedotto tramite regole, viene calcolato componendo incrementalmente i contributi di tutte le regole che hanno f come conseguente. Supponiamo di aver già applicato un certo numero di regole ossia di aver calcolato valori provvisori per $MB(f)$ e $MD(f)$. L'applicazione di una nuova regola R modifica $MB(f)$ (se $CF(R) > 0$) o $MD(f)$ (se $CF(R) < 0$) di una quantità proporzionale sia al contributo $c(R)$ della regola, sia all'incertezza residua $1-MB(f)$ (o $1-MD(f)$) sul valore di $MB(f)$ (o di $MD(f)$):

$$\begin{aligned} CF(R) > 0 \rightarrow \quad & MB'(f) = MB(f) + c(R) * (1 - MB(f)) \\ & MD'(f) = MD(f) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF(R) < 0 \rightarrow \quad & MB'(f) = MB(f) \\ & MD'(f) = MD(f) + c(R) * (1 - MD(f)) \end{aligned}$$

Una proprietà essenziale di questo modello prevede che i valori finali di $MB(f)$ ed $MD(f)$ non dipendono dall'ordine in cui le regole con il conseguente f vengono applicate. La figura mostra come varia $MB(f)$ applicando in successione quattro regole tutte con contenuto pari a 0,5.



PREGI E DIFETTI DEI SISTEMI ESPERTI

I Sistemi Esperti sono un'elegante applicazione della logica formale. La ricerca delle soluzioni è analoga alla dimostrazione automatica di teoremi, che avviene attraverso deduzioni successive partendo da assiomi.

Evidenziano pregi come:

- la trasparenza, in quanto sono capaci di spiegare il “come” sono stati raggiunti i risultati ed il “perché” sono stati richiesti certi dati.
- la possibilità di un approccio modulare allo sviluppo delle applicazioni. Non essendo le regole una sequenza ordinata, ma una collezione di conoscenze, si può partire da un prototipo di massima ed estenderlo in modo graduale aggiungendo nuove regole.

Denotano alcuni difetti:

- l'acquisizione della conoscenza da esperti umani risulta ardua in quanto l'esperto umano non è spesso in grado di esplicitare le conoscenze che utilizza effettivamente per risolvere il problema. Inoltre, nel caso di più esperti potrebbero verificarsi disaccordi o modalità operative contrastanti;
- l'incapacità di apprendere dalle esperienze precedenti, di auto modificare la base della conoscenza, di rinforzare o indebolire selettivamente le regole in funzione delle prestazioni e dei contributi a soluzioni buone o cattive e di ricordare i problemi già risolti.

3. LOGICA FUZZY E TRATTAMENTO DELL'INCERTEZZA

“Ogni cosa è vaga in una misura di cui non ci si rende conto finché non si cerca di renderla precisa” (Bertrand Russell).

La logica Fuzzy o “vaga”, che è stata proposta negli anni ‘60 da Lotfi A. Zadeh, un professore di ingegneria che insegna all’università della California (Berkley), ha costituito per molti anni un argomento accademico e controverso. Solo recentemente è sorto un grande interesse con applicazioni pratiche nell’elettronica di consumo, soprattutto giapponese.

Gli esseri umani si comportano come sofisticati sistemi di controllo o di decisione senza per questo essere matematici o risolutori di equazioni. Ad esempio, per decidere quando e quanto annaffiare un giardino sono sufficienti inferenze qualitative del tipo: “ la temperatura è alta e il suolo asciutto, allora il tempo di annaffiatura dovrà essere lungo. Il ricorso ad inferenze qualitative si rivela utile per progettare sistemi di controllo o di supporto decisionale quando il relativo sistema matematico è ignoto o troppo complicato, oppure quando la soluzione di un problema è facilitata se si esclude la ricerca di precisione matematica. La logica fuzzy, che fa parte dell'IA, si pone come obiettivo risolvere problemi, anche complessi, mediante regole empiriche e qualitative che interessano un mondo di azioni e di oggetti “grigi” e sfumati (fuzzy) e non “bianchi” o “neri” e dai contorni netti (logica tradizionale) .

INSIEMI FUZZY

La logica tradizionale è bivalente, ritiene che l’appartenenza ad un insieme dato sia vera o falsa (0=falso, 1=vero). Più precisamente, se si considera, ad esempio l’altezza delle persone, dovremo dividere l’intervallo delle altezze o universo del discorso in due o più sotto insiemi, come persone basse (B), medie (M) e alte (A). Nella logica bivalente si porrebbe:

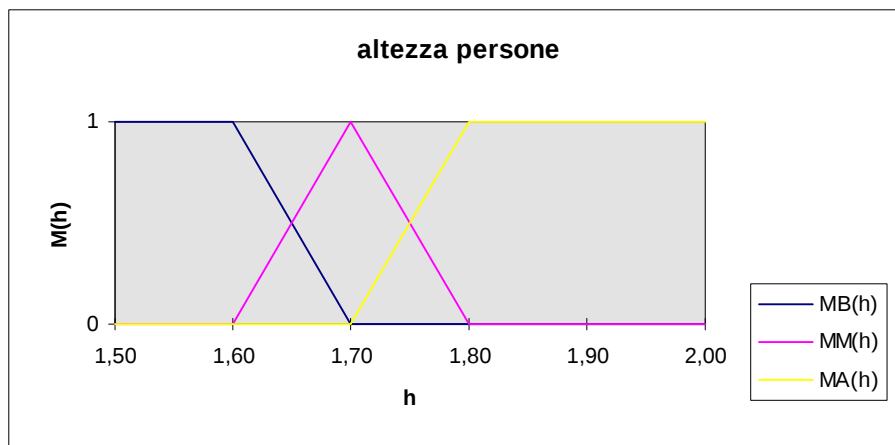
- (B) -> $1,50 < h \leq 1,60$ m.
- (M) -> $1,60 \text{ m.} < h \leq 1,70$ m.
- (A) -> $1,70 < h < 2,00$ m.

Una persona apparterrà ad uno solo di questi insiemi e chi è alto 1,69 m. sarà “medio” e diverso da chi è alto 1,71 m. che sarà invece “alto”. Il grado di appartenenza di un oggetto $\mu_i(h) = 0$ (falso) oppure $=1$ (vero).

Al contrario, la fuzzy ha un carattere polivalente perché il grado di appartenenza $\mu_i(h)$ di un elemento ad un insieme fuzzy può assumere un qualunque valore tra 0 e 1. La funzione che rappresenta questa appartenenza è denominata funzione di membership. Considerando il caso precedente, sono riportati gli insiemi fuzzy (B) (membership a trapezio, dominio 1,50 m. - 1,70 m.), (M) (membership a triangolo, dominio 1,60 - 1,80 m.), (A) (membership a trapezio, dominio 1,70 - 2,00). I domini adiacenti sono ora sovrapposti ed un terreno può appartenere a insiemi diversi generalmente con diverso valore di membership. Ad esempio, una persona con altezza $h = 1,65$ è al contempo bassa e media

TABELLA

h	$M_B(h)$	$M_M(h)$	$M_A(h)$
1,50	1	0	0
1,60	1	0	0
1,70	0	1	0
1,80	0	0	1
1,90	0	0	1
2,00	0	0	1



Le funzioni di membership sono normalmente suggerite dal buon senso o da un esperto del problema. Le forme più utilizzate sono triangoli, trapezi, parabole e gaussiane.

Le operazioni sugli insiemi fuzzy sono del tutto analoghe a quelle degli insiemi tradizionali e fornirebbero gli stessi risultati qualora i valori delle membership fossero limitati a 0 e 1. Pertanto la logica fuzzy include la logica classica e ne costituisce una generalizzazione. L'operazione di fuzzyficazione ha lo scopo di trasformare un valore numerico di x in un insieme fuzzy. Gli insiemi fuzzy (come Bassa, Media, Alta) sono variabili linguistiche che qualificano un determinato universo di discorso, ad esempio la temperatura. Più variabili linguistiche unite da connettivi logici formano relazioni linguistiche o asserzioni qualitative:

La temperatura t è bassa e la pressione p è alta o l'umidità u non è media
(t Bassa and p Alta) or (u not Media) = E

dove sono utilizzati gli insiemi fuzzy A = Alta, B = Bassa, M = Media. L'espressione E è ancora un insieme fuzzy la cui funzione di membership è:

$$M_E(t, p, u) = \text{MAX}(\text{MIN}(M_B(t), M_A(p), M_M(u)))$$

Un'altra espressione fondamentale è stabilita dalle regole qualitative o fuzzy. Ad esempio:

Se il suolo è secco e la temperatura è alta, allora la portata dell'innaffiatore è grande.

La parte sinistra è l'antecedente o premessa, quella destra il conseguente o conclusione. Come si vede una regola non è altro che l'associazione di espressioni linguistiche di input ed output.

SISTEMI FUZZY

Un sistema fuzzy è caratterizzato da:

1. funzioni membership di input;
2. regole fuzzy (associazioni tra input ed output fuzzy);
3. funzioni di output.

Le operazioni caratteristiche, svolte da qualunque sistema fuzzy, sono: Fuzzificazione dell'input, Inferenza fuzzy, Composizione degli output fuzzy, Defuzzificazione.

- *Fuzzificazione*: trasformazione di ogni valore numerico di input nel corrispondente insieme fuzzy.
- *Inferenza fuzzy*: l'utilizzo di una regola genera, per inferenza, uno o più insiemi fuzzy per ogni tipo di output. I risultati della fuzzificazione permettono di attivare determinate regole del repertorio il cui antecedente è una combinazione degli insiemi fuzzy input prima ottenuti. Le regole hanno un grado di attivazione che generalmente è il minimo dei gradi di verità degli insiemi fuzzy
- *Composizione*: processo con cui si uniscono diversi insiemi in un unico sistema. Nella precedente fase uno stesso tipo di insieme output può essere stato inferito più volte con regole diverse aventi diversi gradi di attivazione. Occorre, quindi, comporre questi differenti insiemi in un fuzzy complessivo con il metodo dell'unione o della somma.
- *Defuzzificazione*: operazione che fornisce questi valori numerici. Generalmente non è sufficiente ottenere come risultato finale un insieme fuzzy output e occorre determinare valori numerici.

Le principali applicazioni dei sistemi fuzzy sono, in generale, sono:

- a) sistemi di controllo di macchine, apparecchi ed impianti (lavatrici, televisori, frenatura ABS, climatizzazione degli edifici, ecc.);
- b) sistemi esperti con logica qualitativa, particolarmente sistemi di supporto alle decisioni (gestione titoli di borsa, previsione terremoti, diagnosi di malattie, ecc.);
- c) applicazioni di altro tipo (riconoscimento vocale, riconoscimento automatico di caratteri alfanumerici manoscritti per computer tascabili, ecc.).

4. ALTRE APPLICAZIONE D'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

4.1 RETI NEURALI

Le reti neurali artificiali, usate per la soluzione di molti problemi tecnici, scientifici, economici, finanziari, industriali e commerciali, si basano sul paradigma connessionista. Il connessionismo si contrappone ed integra il simbolismo dell'IA tradizionale dei Sistemi Esperti. Per il simbolismo la sequenzialità, cioè la concatenazione di inferenze ($A=B$ e $C \in A \rightarrow C \in B$), è essenziale al ragionamento. Invece, per il connessionismo è fondamentale il parallelismo. Ad esempio, il riconoscimento della voce di un amico non può essere conseguenza di lunghe sequenze inferenziali perché ha un valore istantaneo. In realtà, per conseguire questi risultati, debbono concorrere in parallelo molti indizi simultanei.

Nella rete semantica dell'IA classica la conoscenza è localizzata in quanto ogni nodo rappresenta uno specifico concetto. Infatti, in un SE, la perdita di una regola esclude anche le catene inferenziali che la utilizzano, mentre nelle reti neurali ogni concetto è rappresentato da più neuroni, realizzando così una rappresentazione distribuita.

Le reti neurali non sono programmate per risolvere un dato problema ma apprendono la soluzione o in base alla casistica di esempi (apprendimento con supervisione) o in modo autonomo mediante auto - organizzazione. Vengono utilizzate conoscenze contenute implicitamente negli esempi o nei dati reali.

I neuroni hanno un livello di attività che varia in modo continuo tra un minimo ed un massimo (tra 0 e 1). In questo modo una rete neurale può risolvere problemi sia con dati di input certi che con dati lievemente diversi, inquinati da rumore o parziali. I neuroni interessati saranno più o meno sempre gli stessi e cambierà solo il loro livello di attivazione.

Le reti neurali, a differenza dei SE, risolvono problemi senza saper spiegare “come”. Infatti, il risultato deriva da rappresentazioni di conoscenze non esplicite, distribuite tra molti neuroni in modo intricato. Questo è forse il più grande difetto che, spesso porta l'utente a rigettare una soluzione fornita dalla rete in quanto diversa da quella che lui avrebbe preso nella stessa circostanza.

Esistono anche Sistemi Ibridi che contengono due moduli: la rete neurale che risolve problemi percettivi, come il riconoscimento di figure o suoni e il sistema esperto che esegue ragionamenti in base alle proprie conoscenze ed ai risultati forniti dalla rete.

Vi sono due tipi principali di apprendimento: supervisionato e senza supervisione.

L'apprendimento con supervisione si basa sulla disponibilità di una collezione di coppie:

dati del problema/soluzione corrispondente

per esempio, nel caso di un sistema diagnostico le coppie sintomi - diagnosi derivano da una raccolta di cartelle cliniche. Questa collezione di coppie viene generalmente ripartita in due insiemi:

1. un *training set*, utilizzato per l'apprendimento;
2. un *test o validation set* per verificare ad addestramento concluso che la rete non si limiti a memorizzare i casi del training set, ma che possa anche trovare una soluzione appropriata per casi analoghi ma ad essa ignoti, manifestando così l'importante capacità di generalizzare.

“Con supervisione” significa che dietro alla rete che impara esiste un “insegnante”, il quale premia o punisce la rete in funzione delle sue prestazioni di apprendimento. Questo tipo di apprendimento è impiegato, in particolare, dalla regola detta dell’algoritmo BP (Back-Propagation).

L’apprendimento senza supervisione, invece, non si riferisce ad una casistica precostituita di esempi. La rete impara a rispondere in modo ordinato alla statistica degli stimoli esterni, auto - organizzando la propria struttura in modo tale che stimoli simili attivino neuroni vicini e stimoli tra loro diversi neuroni lontani. Ne consegue una classificazione automatica dei vari tipi di input. Per ogni input vengono attivati più neuroni, ma solo uno di essi (quello di attivazione maggiore) vince la competizione e viene premiato con una modifica dei suoi pesi sinattici, tale da sintonizzarlo meglio con quell’input.

4.2 ALGORITMI GENETICI

Come già accennato, gli algoritmi genetici sono un modello computazionale idealizzato dell’evoluzione naturale Darwiniana.

L’evoluzione si riferisce ad una popolazione di organismi che si contendono le scarse risorse dell’ambiente in cui vivono (cibo, spazio, ecc.). Nella lotta per la vita sopravvivono e si riproducono “i più forti”, ossia gli individui che mostrano maggiori capacità di adattamento all’ambiente. La sopravvivenza degli organismi più adatti significa la sopravvivenza dei geni più adatti. Gli algoritmi genetici risolvono un determinato problema ricorrendo ad una popolazione di soluzioni che, inizialmente casuali e quindi con l’adattamento all’ambiente (fitness) basso, vengono poi fatte evolvere per un certo numero di generazioni successive, sino a quando apparirà almeno una soluzione che manifesta un fitness elevato.

I due principi fondamentali dell’evoluzione sono la variazione genetica e la selezione naturale. Affinché una popolazione possa evolvere è necessario che abbia una grande varietà genetica. Può allora scattare la selezione, che premia la sopravvivenza, la longevità e la riproduzione degli individui più adatti. La variazione genetica avviene attraverso un processo combinatorio dei geni, grazie ai diversi apporti dei genitori e le mutazioni genetiche casuali.

I cambiamenti che si verificano da una generazione all’altra sono minimi ma quelli positivi si accumulano e, nell’arco di tempi lunghissimi, danno origine a cambiamenti enormi. In realtà, in alcuni casi bastano periodi di tempo limitati affinché si verifichino cambiamenti notevoli come per gli insetti che si adattano ai pesticidi.

Gli algoritmi genetici risolvono un determinato problema ricorrendo ad una popolazione di soluzioni che, inizialmente casuali e quindi con fitness bassa, vengono poi fatte evolvere per un certo numero di generazioni successive, sino all’apparizione di almeno una soluzione con fitness elevata. Per poter applicare l’algoritmo genetico, occorre innanzitutto codificare numericamente le soluzioni ed individuare una opportuna funzione di fitness.

Ogni individuo della popolazione è individuato da un “cromosoma”, una stringa di lunghezza costante formata da “geni”, generalmente binari con valori 0 od 1.

La funzione di fitness è la misura della “bontà” di una soluzione, generalmente normalizzata tra 0 e 1 e fortemente dipendente dal problema che deve essere risolto.

La popolazione che evolve ha un numero n di individui che viene mantenuto costante da una generazione ad un'altra. Ad ogni generazione vengono eseguite opportune *operazioni genetiche* (cross over ossia lo scambio di due geni tra due stringhe genitrici, mutazione ossia un singolo bit di una stringa assume valore opposto, inversione ossia in una stringa si sceglie un punto dopo il quale si inverte l'ordine dei geni-bit) che producono nuovi individui e quindi varietà. Occorre copiare (riprodurre) alla generazione successiva solo M individui che vengono selezionati con criteri probabilistici, premiando tendenzialmente quelli dotati di maggior fitness.

5. INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN INTERNET

Esistono molti "siti" sulla rete Internet che offrono informazioni e software di intelligenza artificiale.

In particolare all'indirizzo:
<http://webukonline.co.uk/julian.smart/wxclips/download.htm> è possibile scaricare (gratuitamente) il software wxCLIPS, un linguaggio per sistemi esperti compilato in C++ derivato dal CLIPS sviluppato dalla NASA e reso compatibile con il sistema Windows. Utilizzando questo linguaggio è stato sviluppato il prototipo per la valutazione paesistica dei progetti realizzato con la presente ricerca.

Dal CLIPS deriva anche JESS che è un guscio di sistema esperto sviluppato in ambiente Java, più adatto per applicazioni "multimediali.

E' reperibile gratuitamente all'indirizzo: <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess.htm> .

Inoltre agli indirizzi:

http://www.primenet.com/~terry/New_Home_Page/ai_info.html,

<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/project/ai-repository/ai/html/air.html>

si trovano contatti (links) con molti siti che trattano software e problematiche di intelligenza artificiale.

6. CONCLUSIONI

Le motivazioni, che incentivano a studiare l'intelligenza artificiale, scaturiscono dall'interesse di conoscere in modo più dettagliato noi stessi ed i nostri processi decisionali

L'intelligenza artificiale si prefigge come obiettivi non solo di capire le entità intelligenti, come per la filosofia e la psicologia, ma anche di costruirle mediante il calcolatore. Ad esso si applicano programmi (software) capaci di fornire all'elaboratore delle prestazioni che, ad un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana (macchina di Turing).

I fondamenti teorici di alcuni programmi sono stati menzionati nei capitoli precedenti e divisi in due categorie:

1. programmi logici (paradigma simbolico) come i sistemi esperti che sviluppano inferenze basate su sillogismi e, quindi, sono sempre in grado di ripercorrere il ragionamento e fornire spiegazioni, ma non sono capaci di evolvere autonomamente;
2. programmi in grado di apprendere ed evolvere (paradigmi connessionista ed evolutivo) come le reti neurali o gli algoritmi genetici che basandosi sulla similitudine biologica con l'uomo non sono però in grado di giustificare le proprie conclusioni.

Volendo affrontare problemi inerenti la pianificazione territoriale, l'approccio adottato dai sistemi esperti poiché stimola lo studio dei processi decisionali, risulta più interessante ed appropriato. Infatti, in questo campo le soluzioni sono importanti tanto quanto le motivazioni che le giustificano. I sistemi esperti possono quindi essere utili a figure professionali che pianificano ed operano sul territorio utilizzando Sistemi di Supporto alle Decisioni (su questo aspetto si è infatti sviluppata la presente ricerca). I sistemi di apprendimento automatico, come reti neurali ed algoritmi genetici, sono più efficaci per le applicazioni che richiedono previsioni sullo sviluppo e sugli scenari futuri di determinato territorio. Purtroppo la difficoltà di testare i risultati in un ambito come il territorio, in cui le trasformazioni hanno inerzia e dipendono, per lo più, da eventi difficilmente prevedibili, rende arduo utilizzare questi strumenti.

Nella parte successiva si analizzeranno alcune esperienze ed applicazioni di sistemi esperti alla pianificazione territoriale, con l'intento di valutarne le potenzialità ed i limiti.

II Parte

“Applicazioni di sistemi esperti alla pianificazione

1. INTRODUZIONE

La *pianificazione territoriale*, spesso, richiede, sia valutazioni che dipendono dal giudizio intuitivo del pianificatore che analisi di tipo non quantitativo, difficilmente affrontabili con tecniche tradizionali. In questo contesto, l'intelligenza artificiale può offrire un'alternativa per razionalizzare la conoscenza e l'expertise dei pianificatori e può fornire strumenti atti ad affrontare in maniera più rigorosa problemi di tipo qualitativo o troppo complessi.

La maggior parte delle applicazioni dell'intelligenza artificiale alla pianificazione territoriale sono state realizzate con sistemi esperti. I sistemi esperti, pur essendosi sviluppati nei campi medici ed ingegneristici, costituiscono tuttora una nuova tecnologia nella pianificazione territoriale. Nei capitoli seguenti si vuole presentare una panoramica delle applicazioni già sperimentate nella pianificazione urbana e di quelle che potrebbero essere realizzate in futuro

Le applicazioni dei SE alla pianificazione urbana possono essere descritte secondo attività generiche di risoluzione dei problemi, come:

- interpretazione;
- diagnosi e prescrizione;
- disegno e pianificazione;
- monitoraggio e controllo;
- addestramento.

Interpretazione significa dedurre dai dati le descrizioni di situazioni. Su questa tipo d'attività sono state effettuate molte applicazioni che sono risultate utili per la pianificazione, come ad esempio:

- combinare SE con programmi tradizionali di gestione di data - base per creare un database “intelligente che possa rintracciare dati per analisi susseguenti;
- assistere nell'analisi della legislazione territoriale ed di altri ambiti legali;
- determinare se l'uso territoriale proposto è in accordo con la zonizzazione ed altre norme locali;
- stimare i probabili danni alle proprietà in caso di catastrofi naturali.

Diagnosi e prescrizione indicano dedurre malfunzionamenti da dati osservabili e prescrivere eventuali rimedi. Alcuni SE di questo tipo, che potrebbero essere oggetto di interesse delle Amministrazioni per quanto concerne i lavori pubblici, riguardano:

- identificare cause e problemi nella gestione di progetti particolari;
- assistere nella realizzazione e manutenzione di sistemi di infrastrutture fisiche come strade, fognature e depurazione delle acque.

Disegno e pianificazione sono applicazioni che progettano la forma o l'organizzazione di oggetti ed azioni imponendo alcuni vincoli. Alcune applicazioni sono:

- sviluppare analisi di un particolare sito;
- trovare aree ben disposte per uno specifico uso del suolo;
- assistere la pianificazione della prevenzione incendi per gestire gli habitat nei grandi parchi;
- supportare la modellazione matematica dando assistenza nel selezionare, calibrare e interpretare gli output di modelli complessi.

Monitoraggio e controllo implicano raffrontare osservazioni su dati in uscita e gestire il comportamento del sistema monitorato come ad esempio:

- incorporare SE su microchips in strumenti per il controllo delle condizioni ambientali negli edifici.

Addestramento. attività che aiuta gli apprendisti a comprendere concetti necessari per svolgere gli incarichi in modo adeguato:

- addestrare nuovo personale su esigenze complesse di zonizzazione e sul controllo dell'evoluzione della normativa, ecc..

Sebbene i problemi di pianificazione urbana siano difficilmente definiti e istituzionalmente complicati, ciò non implica che i SE non acquisteranno spazio nella pianificazione. E' importante che i pianificatori orientino la costruzione di SE verso obiettivi che soddisfino le condizioni sopra esposte.

Un quesito rilevante impone domandarsi se un sistema esperto per la pianificazione produca gli stessi risultati di un esperto “vero” e se questi possano essere accettati dal pianificatore che il SE deve assistere.

2. L'ESPERIENZA INTERNAZIONALE

2.1 APPLICAZIONI ALL'USO DEL SUOLO ED ALLA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

Si descrivono di seguito quattro SE da applicare a problemi d'uso del suolo e pianificazione dei trasporti. Dall'analisi e confronto dei sistemi emergono quattro temi fondamentali:

- nella pratica della pianificazione, è meglio usare sistemi integrativi piuttosto che *single - purpose*;
- la natura complessa dei problemi di progetto e pianificazione richiede che i SE vengano usati più come sistemi di supporto per prendere decisioni che per sostituire il giudizio del professionista;
- l'aiuto alla pianificazione dato dai SE deve dipendere pesantemente da archivi di dati ed aiutare il progettista a manipolare informazioni utili;
- questi sistemi che manipolano grandi quantità di dati devono essere quindi una combinazione di più componenti software.

2.1.1. ISIS: Sviluppo di un sistema spaziale integrato di informazioni

Consideriamo una regione ripartita in N unità geografiche non sovrapposte. Ogni unità sarà caratterizzata da attributi economici, spaziali ed ambientali. Si supponga di conoscere tutti gli attributi per ciascuna regione. Un gruppo continuo di queste unità è una sotto regione. Gli attributi di ciascuna unità sono:

- a_i = area dell'unità i
- c_i = costo del suolo dell'unità
- s_i = idoneità dell'uso proposto per l'unità i
- d_{ij} = distanza tra i centri delle unità i e j

Il problema di selezionare un gruppo di unità geografiche per un particolare uso del suolo è diviso in tre sotto problemi:

1. trovare, immagazzinare e gestire i dati di cui servirsi per determinare l'idoneità
2. valutare ed analizzare i dati di ciascuna unità geografica per stabilire l'idoneità;
3. sviluppare una strategia per selezionare un gruppo di unità da una sotto regione.

Vi sono tre diverse tecnologie appropriate per risolvere questi tre sotto problemi:

1. gestione dei dati con *Sistemi Informativi Geografici* (GIS);

2. SE per determinare l' idoneità del sito;
3. ottimizzazione numerica per identificare le più importanti strategie di ripartizione del territorio.

I SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Il progetto, la pianificazione, la selezione del sito ed altri problemi, che prevedono la manipolazione di informazioni geografiche, possono beneficiare dei recenti progressi nello sviluppo dei GIS.

I concetti base di un GIS raster possono essere sintetizzati nel seguente schema:

- esiste una distribuzione spaziale di dati in poligoni ai quali sono assegnati determinati attributi;
- disponendo di una griglia di ripartizione si può realizzare una copertura di dati - attributi per ogni cella;
- la matrice dei valori di tali attributi divisi per categorie può essere immagazzinata e manipolata in un modulo del programma GIS.

FUNZIONE DEI KBS (Knowledge - Based System)

La maggior parte dei modelli d' idoneità dell'uso del suolo si basa sulla manipolazione di “factor maps” (mappa dei fattori). Un fattore è un attributo geografico unico (Es. : pendenza del terreno, copertura vegetale, etc.) I tipi di fattori sono le variazioni all'interno di un fattore (es. gradi di pendenza del suolo, tipo di vegetazione presente, etc.). Una factor map è una mappa che mostra la posizione geografica e la distribuzione di tipi di fattori per un dato fattore.

Vi sono quattro principali tecniche per combinare i fattori:

1. combinazione lineare (medie pesate linearmente);
2. combinazione non lineare (medie fatte con equazioni non lineari);
3. assegnazione diretta (considera tutte le combinazioni possibili);
4. metodi di combinazione.

Quest'ultimo, che è il metodo più utilizzato, associa i vari fattori in base alle regole logiche (tipo “IF-THEN”) che vengono definite solo da un “esperto”. Sul metodo di combinazione dei fattori si evidenziano tre osservazioni:

1. le combinazioni di fattori spesso si raggiungono meglio usando un insieme di regole e di logica verbale;
2. la selezione degli indicatori, dei pesi e dei metodi significativi di combinazione è un dovere complesso e tedioso da affrontare manualmente;
3. Il parere dell'esperto è un ingrediente essenziale del processo di stima.

Tali caratteristiche sono indicative del dominio di un problema per il quale può essere usato un “ruled - based expert system (RBS). Un RBS (SE basato su regole) è un programma per computer progettato per usare un dominio specifico di conoscenza.

Gli RBS sono divisi in una regola di base esplicita che descrive strategie di risoluzione di problemi generali e di un programma di controllo per cercare le regole di base.

L’interazione tra RBS e GIS creerebbe un GIS “intelligente” capace di gestire risorse. Questo sistema potrebbe quindi individuare le zone con le caratteristiche specifiche richieste per un determinato uso.

LA FUNZIONE DELL’OTTIMIZZAZIONE SPAZIALE

Sono stati progettati vari modelli matematici con cui individuare l’uso del suolo ottimale per determinate aree. Essi si dividono in due gruppi: quelli che assegnano più usi come ottimali per più regioni geograficamente determinate e quelli che attribuiscono un solo uso per ogni singola regione (*single land-use allocation models “SU”*).

In contrasto con l’assegnazione di usi del suolo tra un insieme di regioni predeterminate, i modelli SU costruiscono la regione ideale per un determinato uso del suolo attraverso un processo combinatorio di costruzione di regioni. L’area considerata viene inizialmente divisa in un sistema di unità geografiche di base che successivamente vengono combinate per sovrapposizione.

Un modello operativo di assegnazione d’uso del suolo deve essere ben definito e risolvibile. Un problema ben definito è caratterizzato da una rappresentazione che identifica le alternative possibili e da una funzione di valutazione che ordina preferenzialmente le alternative. Un modello di programmazione per un problema ben definito include:

- una buona definizione del sistema fisico e/o concettuale di cui si fa il modello;
- un insieme di variabili di decisione che rendano controllabile la configurazione del sistema;
- una serie di vincoli, espressi come funzioni delle variabili di decisione, che rappresentino dei limiti per il sistema;
- un insieme di funzioni operative da adottare per misurare le prestazioni del sistema.

Formalmente, la decisione di includere od escludere una particolare unità geografica “i” può essere rappresentato dalla variabile x_i in questo modo:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{se l'unità è inclusa in una sotto regione} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Una sotto regione può essere definita dal vettore $x = \{ x_1, x_2, x_3, \dots \}$.

Sebbene i problemi SU possano essere formulati con molti tipi diversi di vincoli, ve ne sono molti che caratterizzano in modo particolare il problema. Queste restrizioni riguardano, in particolar modo, la contiguità dell’area e la struttura delle sub regioni flessibili.

Area. Si assume che:

per ciascun uso del suolo vi sia un’area minima richiesta ossia

$$\sum_{i=1}^N a_i x_i \geq a$$

per convenienza computazionale, vi debba essere un'area massima oltre la quale non si può andare, ossia:

$$\sum_{i=1}^N a_i x_i \leq a$$

Contiguità. Si stabilisce che una sub regione flessibile debba essere contigua, ossia che sia possibile collegare tutti i punti al suo interno senza uscire dalla sub regione stessa.

Compattezza. Definisce la struttura di una sub regione. Un modello matematico per misurare la compattezza può essere:

$$\frac{\max(d_{ij} x_i x_j)^2}{\sum_{i=1}^N a_i x_i} \leq \lambda$$

dove $\max(d_{ij} x_i x_j) = D$ massimo diametro ossia distanza massima tra due punti della sotto regione e $\sum_{i=1}^N a_i x_i = A$ area della sotto regione.

FORMULAZIONE DEGLI OBIETTIVI

L'assegnazione dell'uso del suolo è un problema multiobiettivo. Il modello di studio si orienta verso due obiettivi:

1. minimizzazione dei costi per l'acquisizione e lo sviluppo del suolo in una sotto regione;
2. la massimizzazione dell'adattabilità del suolo per quel dato uso.

Il primo obiettivo si esprime matematicamente come la somma dei costi delle singole unità incluse nella sotto regione:

$$\text{Minimo } C = \sum_{i=1}^N c_i x_i$$

dove c_i è il costo totale di acquisto e sviluppo associato all'unità geografica i .

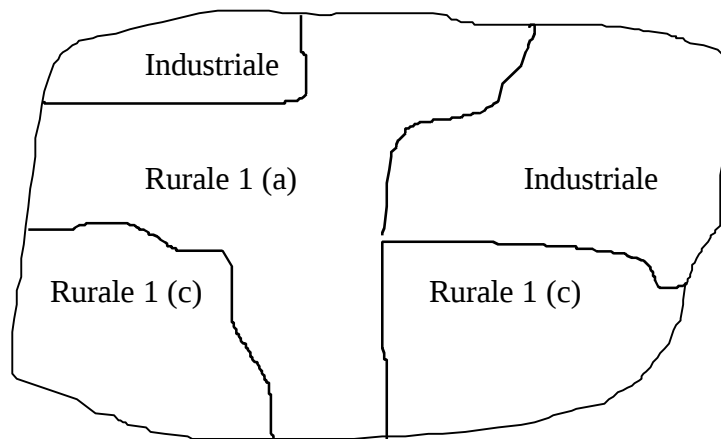
Il secondo obiettivo prevede massimizzare la minima adattabilità di ciascuna sotto regione per l'uso del suolo proposto.

2.1.2. ADAPT: Un sistema di supporto alle decisioni improntato sulla conoscenza per produrre schemi di zonizzazione

In Australia gli schemi di zonizzazione costituiscono il metodo più comune di espressione per i piani governativi locali. Il principale vantaggio dei piani di zonizzazione consiste nel bilanciare la certezza richiesta dagli imprenditori con la flessibilità delle risposte ricercata dai pianificatori.

ADAPT (*A Decision Aid Planning Tool*) è un modello semplice nel quale le regioni da zonizzare sono divise in unità di pianificazione, ognuna relativamente omogenea per quanto riguarda le possibili destinazioni d'uso. A ciascuna unità viene assegnata una zonizzazione che rispecchia la destinazione d'uso decisa dall'autorità di pianificazione o le prospettive di sviluppo di quell'area.

La zonizzazione definisce, per ciascuna delle attività previste in una determinata unità, delle categorie di controllo. Tale schema generalmente viene rappresentato da una mappa che mostra la zonizzazione del territorio e da una tavola che definisce le categorie di controllo - combinazioni di attività per ogni zonizzazione. Una mappa ed una tavola tipiche sono:



Zonizzazione	Permesso senza comunicazione al Consiglio	Permesso con consenso del Consiglio	Proibito
Rurale 1 (a)	agricoltura, bosco	strutture pubblicitarie, allevamenti di maiali, case di riposo	negozi, industria pesante
Rurale 1 (c)	agricoltura	strutture pubblicitarie, edilizia rurale residenziale, case di riposo	negozi, industria pesante, allevamenti di maiali
Industriale		negozi, industria pesante, case di riposo	tutti gli altri usi

Il programma è strutturato su tre premesse:

1. se per alcune situazioni relativamente semplici è sufficiente automatizzare le scelte, per quelle più complesse è necessario fidarsi del pianificatore. In particolare, quando la conoscenza risulta insoddisfacente e implica decisioni conflittuali;
2. il sistema può fornire informazioni che agevolano il pianificatore nel risolvere problemi complessi;
3. le ragioni di decisioni, stabilite dal pianificatore o dal programma, devono essere registrate per poter apportare eventuali modifiche che consentano lo sviluppo del programma.

In breve ADAPT assegna categorie di controllo ad attività nei casi dove sia necessaria solo la conoscenza e non vi siano alternative in competizione. Inoltre, nei casi ove non vi sia sufficiente conoscenza o vi siano alternative in competizione, fornisce all'urbanista importanti informazioni su queste alternative. Da ultimo registra le decisioni prese e le relative giustificazioni.

Opera in cinque passi successivi che culminano nella tavola di destinazione delle attività che il pianificatore può concretizzare in uno schema di zonizzazione.

Passo1: *Acquisizione della conoscenza*: attraverso comandi specifici (tipo “and”, “or”, “show” etc) il programma acquisisce regole del tipo “Assegna” o “escludi” (attività) a (categoria di controllo) su tutte (unità di pianificazione)

Passo 2: *Raccolta dei dati*: i dati vengono inseriti nel database.

Passo 3: *Assegnazione*: attraverso le regole definite si assegnano le attività alle categorie di controllo.

Passo 4: *Revisione*: permette di rivedere la tavola di destinazione delle attività (del tutto simile a quella già vista nella pagina precedente) in modo da poter individuare e correggere risultati indesiderati cambiando le regole, le liste di attività oppure i valori dei dati.

Passo 5: *Schema di zonizzazione*: si completa la zonizzazione associando una mappa alla tavola di destinazione delle attività.

Il programma è scritto in FORTRAN 77 disponibile anche su PC.

2.1.3. ERS: Un sistema esperto per la pianificazione dei trasporti (in PROLOG)

Il tradizionale processo di pianificazione dei trasporti comprende quattro sequenze:

1. generazione degli spostamenti;
2. distribuzione degli spostamenti;
3. divisione modale;
4. assegnazione del traffico (progetto).

Le diverse destinazioni d'uso del suolo generano spostamenti. Il modello di distribuzione indica quanti spostamenti verranno effettuati tra due zone. La divisione modale specifica quanti e quali saranno i mezzi di trasporto usati. L'assegnazione del traffico colloca gli spostamenti in una rete simulata di strade.

Per lo studio del traffico esiste dagli anni '70 il *Quick Response Sistem* (QRS) ossia un modello semplificato di sistemi di trasporto che si è evoluto nel *Expert Response Sistem* /ERS).

Il QRS contiene algoritmi computazionali che creano un modello e che permettono di calcolare il traffico.

L'ERS è differente perché è in grado rispondere a domande ipotetiche “if-then”. Può contenere sia un database in cui sono immagazzinati dati e relazioni tra elementi che database autocodificanti che si aggiornano con il sistema. Dunque, impara attraverso l'interazione con l'utente e riesce ad esprimere giudizi sui problemi di congestione del traffico.

Il *Basic Expert Response Sistem* (BERS) stima il numero di veicoli che verrà generato da uno sviluppo proposto di differenti categorie di destinazioni d'uso del suolo.

Il programma è diviso in quattro parti:

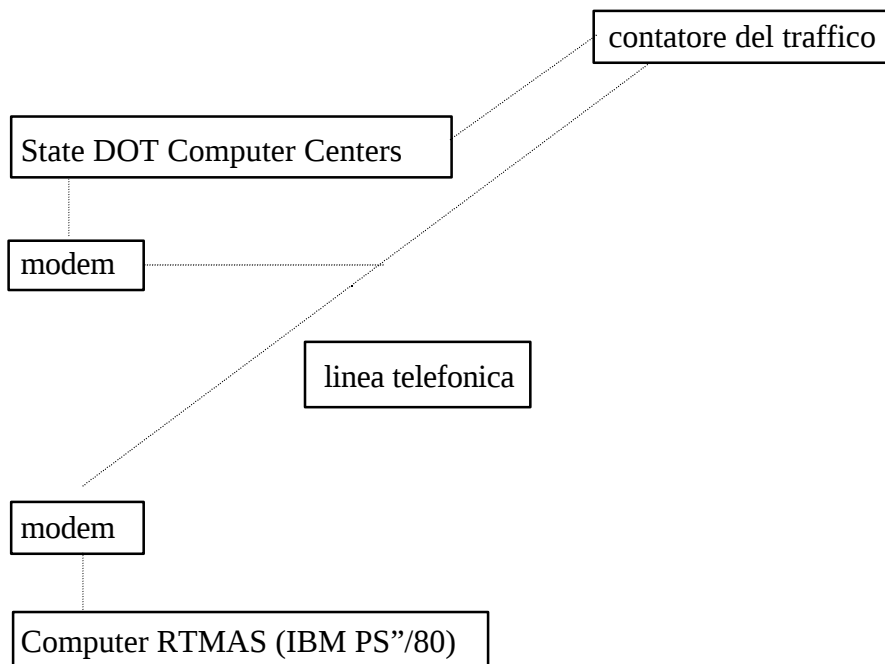
1. *Database degli spostamenti.* I dati sono stime di generazione di traffico per usi differenti del suolo contenuti in regole di spostamento all'inizio del programma
2. *Obiettivi del sistema.* La struttura logica è stata sviluppata perseguendo due obiettivi principali: Il primo è modificare i vincoli di spostamento nella lista del programma. Il secondo è il calcolo degli impatti del traffico.
3. *Sezione di input dati.* Il programma chiede all'utente tre tipi di dati: dati sullo sviluppo proposto (destinazioni d'uso del suolo), informazioni sullo stato attuale del traffico e dati sulla crescita della popolazione.
4. *Sezione di proiezione.* Il programma visualizza tutti gli spostamenti calcolati

Il programma è scritto in Prolog (vedi parte I), ossia un linguaggio di programmazione la cui logica è adatta ad interagire con i database. I database non sono più entità statiche ma vengono modificate dal programma che li aggiorna e li integra. Il Prolog è debole dal punto di vista computazionale, ma si può avvalere del supporto di altri linguaggi di programmazione per le parti strettamente matematiche.

2.1.4. RTMAS: Un sistema esperto per il monitoraggio in tempo reale ed analisi del traffico durante un'evacuazione

Un uragano, un guasto ad un reattore nucleare ed altri eventi possono spingere improvvisamente la popolazione a lasciare le proprie case per porsi in salvo. Il sistema RTMAS (*Real Time Monitoring and Analysis Sistem*) permette ai pianificatori della gestione dell'emergenza regionale sia di identificare i movimenti della popolazione il più presto possibile che di monitorare e controllare in tempo reale le evacuazioni.

Il sistema hardware è il seguente:



Il sistema software integra quattro componenti principali: GURU, AUTOBOX, CROSSTALK ed un programma di identificazione del modello di traffico.

GURU è un ambiente di sviluppo di SE (shell) che supporta una grande varietà di capacità nello sviluppo di conoscenza integrata, inclusa la creazione e la consultazione di un SE, la gestione di database relazionali e l'uso di linguaggio naturale. L'integrazione di queste funzioni con un software permette di creare un SE con accesso a risorse multiple di dati sul traffico in tempo reale e capace di "imparare" da queste nuove informazioni.

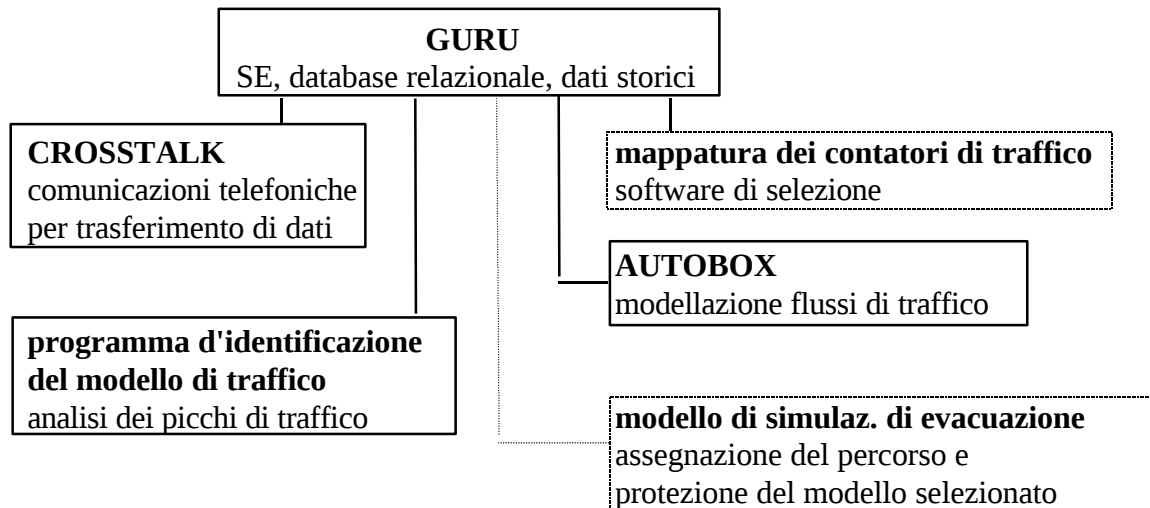
Usando CROSSTALK l'utente può mettersi in contatto con i contatori del traffico. I dati così ottenuti vengono quindi inseriti nell'AUTOBOX e nel programma d'identificazione del modello di traffico che eseguono l'analisi.

AUTOBOX riproduce i flussi di traffico osservati modellandoli ed individuando i picchi. Crea un modello basandosi su dati statistici che aggiorna con i dati forniti ad intervalli costanti in tempo reale.

In pratica RTMAS confronta i dati forniti in tempo reale con quelli storici del database e quando trova qualche elemento anomalo cerca di individuare l'evento scatenante. Questo modello viene usato per prevedere congestioni del traffico prima che avvengano

come nel caso di un'evacuazione indotta da un terremoto e per attivare e coordinare le emergenze.

Lo schema del software è il seguente:



2.2 SISTEMI ESPERTI NELLA SCELTA DEL SITO

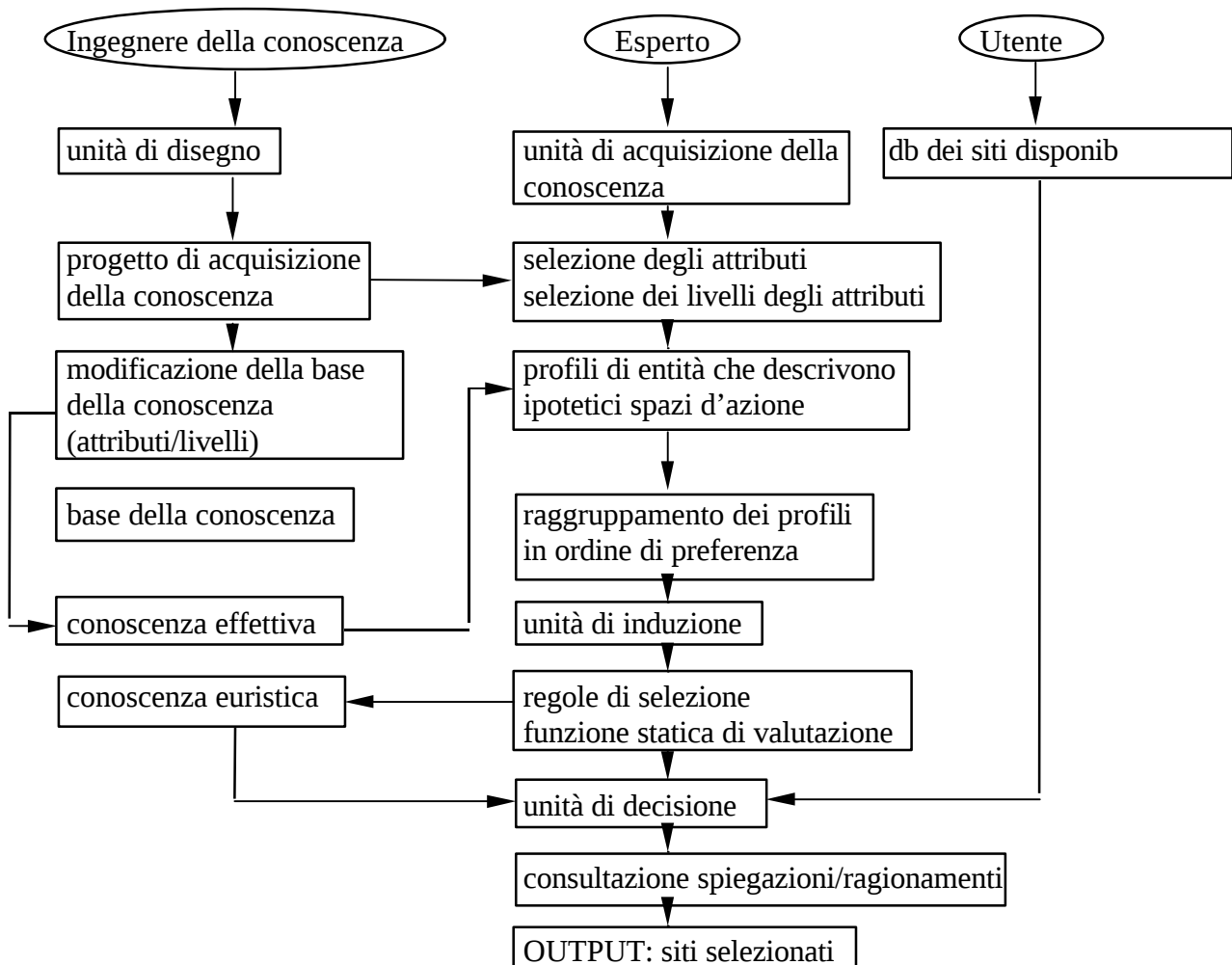
2.2.1 SISES: Un sistema esperto per la scelta del sito

La scelta del sito costituisce una decisione ardua per molte attività economiche: dalla pianificazione dell'uso del suolo alla localizzazione residenziale. Normalmente si compone di due fasi:

1. un piccolo numero di alternative tra tutti i luoghi possibili viene identificato per fare valutazioni successive;
2. queste alternative sono valutate in profondità per trovare il sito ottimale.

Per risolvere la prima di queste fasi è stato creato SISES (*Site Selction Expert System*), uno strumento in grado di selezionare un sito per una determinata destinazione d'uso. Progettato per catturare le competenze degli esperti senza fare alcuna assunzione circa le loro preferenze, background o identità, è un sistema che analizza ed impara i processi decisionali individuali. Il programma è scritto in Pascal e gira su PC.

Consta di quattro parti: l'unità di acquisizione, d'induzione, di disegno e di analisi delle decisioni. La struttura schematica è la seguente:



METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLA CONOSCENZA

L'unità d'acquisizione della conoscenza collega e organizza informazioni ottenute da chi prende le decisioni.

L'unità di induzione valuta queste informazioni e genera regole e funzioni di valutazione che esprimono il giudizio dell'esperto.

L'acquisizione della conoscenza in SISES implica una procedura di selezione di dati e richiede una stretta interazione con l'unità di induzione.

L'unità di disegno può adattare la conoscenza del sistema di acquisizione a particolari applicazioni modificando gli elementi selezionati ed espandendoli con l'aggiunta di nuove componenti.

La chiave per l'acquisizione della conoscenza è lo sviluppo di metodi di apprendimento della macchina che simulino l'approccio convenzionale di acquisizione della conoscenza attraverso il dialogo.

L'unità di acquisizione della conoscenza è progettata per interagire con l'esperto apprendendo importanti informazioni sia sul dominio di conoscenza che sul metodo di giudizio dell'esperto. Essa è completata dall'unità di progetto che può identificare il database di default di conoscenza effettiva usato dal sistema, aggiornare le informazioni sul dominio e cambiare il progetto della stessa unità di acquisizione della conoscenza.

Il metodo di acquisizione della conoscenza si basa sulle seguenti assunzioni riguardo al comportamento dell'esperto:

- il giudizio di un esperto, che intende selezionare un sito per un uso particolare, è determinato da un numero limitato di fattori di base o attributi che delineano il profilo di un sito;
- il giudizio dell'esperto scaturisce dalla valutazione di molti siti alternativi descritti dal livello dei loro attributi;
- ogni esperto cerca sempre di selezionare la migliore alternativa disponibile
- il valore di un sito corrisponde alla funzione delle caratteristiche del sito che l'esperto stima per importanza;
- a volte il giudizio dell'esperto è influenzato da conoscenze euristiche pregiudizi ecc. Non sempre si riesce a riprodurre il comportamento di chi prende le decisioni.

L'emulazione del processo decisionale di un esperto è raggiunta da SISES combinando le affermazioni alle informazioni indotte dall'osservazione del comportamento dell'esperto per specifici esempi.

L'UNITA' D'INDUZIONE

L'effetto degli attributi non quantificabili sul giudizio dell'esperto può essere espresso da un insieme di regole si basano su affermazioni dedotte da esempi di giudizio dell'esperto.

L'effetto combinato degli attributi quantificabili è descritto da una funzione lineare pesata degli attributi stessi:

$$(\text{valore del sito})_j = \sum_{p=1}^n w_p x_{jp}$$

dove: n è il numero di attributi
 x_{jp} è il livello dell'attributo p per il sito j
 w_p è l'importanza dell'attributo p

L'UNITA' DI DECISIONE

L'unità di decisione compone le differenti valutazioni combinando informazioni costruite, regole indotte e funzioni di valutazione delle varie entità. L'output consiste in un ordine di preferenza dei luoghi selezionati.

2.2.2. ESMAN: Un sistema esperto per la selezione di zone per l'industria

Il prototipo del SE ESMAN (*Expert System for Manufacturing site selection*) è stato sviluppato usando come shell “Personal Consultant Plus” su un computer portatile Compaq 286.

In una tipica consultazione l'utente fornisce i dati: tipo di prodotto, numero di dipendenti, grandezza dell'investimento, sistemi di trasporto, informazioni di mercato, servizi richiesti ed altri tipi di dati.

Il primo passo del sistema è considerare lotto sufficientemente vasto per le richieste

Il secondo consiste nel selezionare i dati appropriati dal database a seconda degli input iniziali dell'utente (il database contiene alcune centinaia di tavole).

Il terzo prevede sviluppare un indice applicando varie regole ai profili di luoghi potenzialmente adatti.

Il quarto implica calcolare un indice che è la combinazione pesata delle componenti di ciascun sito (Total Index for a Site):

$$TIS = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

dove: n è il numero di componenti
 I è l'indice di ciascun componente
 W è il peso di ciascun componente

Il quinto ed ultimo passo è confrontare gli indici di siti differenti e mettere i diversi siti in ordine gerarchico.

2.2.3. ESSAS: Un sistema esperto per la scelta e l’analisi del sito

ESSAS (*Expert System for Site Analysis ad Selection*) è un programma sviluppato dall’Esercito degli Stati Uniti per selezionare luoghi adatti all’insediamento del personale civile impegnato in installazioni di basi militari.

Evidenzia una struttura logica articolata in cinque passi:

1. identificazione del problema;
2. concettualizzazione del problema;
3. formalizzazione della conoscenza (esprimendo concetti e relazioni in via strutturata attraverso la logica IF-THEN);
4. implementazione della conoscenza (la conoscenza, formalizzata interfacciata con programmi tipo LOTUS 1-2-3 e AutoCAD, viene codificata secondo la logica IF-THEN);
5. verifica.

Utilizza un metodo di rappresentazione della conoscenza che, come la maggior parte dei SE, si basa su regole tipo IF-THEN. Il programma accede alle regole ed ai dati reali che possono ottenersi i tre modi:

1. procurati dall’utente;
2. ottenuti da un file di dati esterno;
3. dedotti dal sistema applicando regole ai dati già a sua disposizione.

Una volta costruita la base della conoscenza, il sistema cerca di trarre delle conclusioni attraverso il suo motore inferenziale la cui logica mira a stabilire una regola con la quale si individua il valore di un parametro che risulta indispensabile per confermare le ipotesi fatte e per applicare la regola a tutti i casi simili.

Presenta la seguente procedura di consultazione:

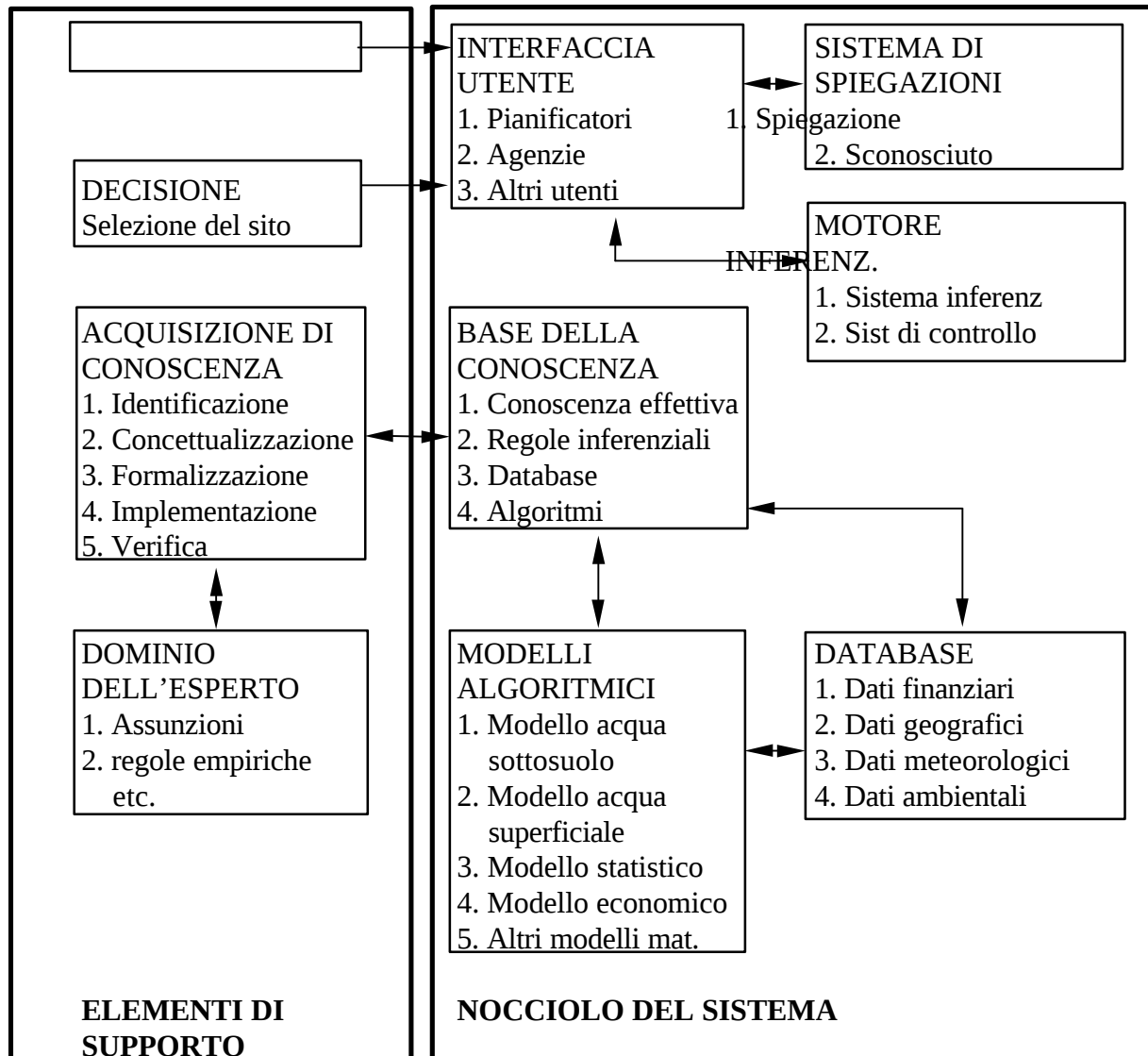
1. viene chiesto all’utente di fornire dati;
2. il sistema calcola lo spazio richiesto per le varie destinazioni d’uso in base agli
3. viene chiesto all’utente di selezionare un luogo adatto su una mappa virtuale fornita dal sistema (serve al sistema per conoscere le caratteristiche del sito richieste);
4. una volta che il sistema possiede tutte le informazioni richiede all’utente un database esterno. Il sistema cerca quindi le conclusioni attingendo alla base della conoscenza;
5. quando un sito potenziale è selezionato, il sistema lo valuta mediante criteri ambientali (1° subframe), di salute e sicurezza (2° subframe), costruttivi e di uso locale del suolo (3° e 4° subframe);
6. viene fornita una risposta riguardo a quel sito (si può o non si può utilizzare).
7. l’utente può continuare esaminando altri siti

2.2.4. Scelta di un sito per una discarica

La selezione del sito per la discarica è stata divisa in due parti: elementi di supporto e nocciolo del sistema.

La prima si prefigge di connettere informazioni provenienti da diverse fonti come: dominio dell'esperto, specifiche e linee guida, indagini ed altre.

La seconda combina la conoscenza empirica sia con il database che con i modelli algoritmici al fine di fornire all'utente le informazioni e le spiegazioni necessarie.



Il modello considerato per la scelta di un sito di un luogo di discarica utilizza INSIGHT 2+ ossia un programma shell scritto in Pascal basato su concatenazioni all'indietro.

Le regole, suggerite dagli esperti, vengono implementate mediante la logica IF-THEN e adottate sia per ordinare le possibili collocazioni della discarica che per individuare i luoghi più adatti per studi approfonditi.

Per ciascuno di questi siti vengono specificati quattro parametri principali: 1) caratteristiche dei corsi d’acqua sotterranei, 2) caratteristiche del terreno, 3) caratteristiche della discarica, 4) aree a rischio.

Il sistema, in base alle regole implementate, assegna un punteggio che indica il valore dei quattro parametri. La somma dei quattro punteggi determina un valore compreso tra 1 e 100 con cui si valuta l’adeguatezza di un determinato sito per la realizzazione della discarica.

2.3. SISTEMI ESPERTI IN AMBIENTE, E DISPUTE LEGALI

Si descrivono, di seguito, tre sistemi comunemente denominati “di supporto alle decisioni.

2.3.1. EXACOTRA: Un sistema esperto per il commercio globale del carbone

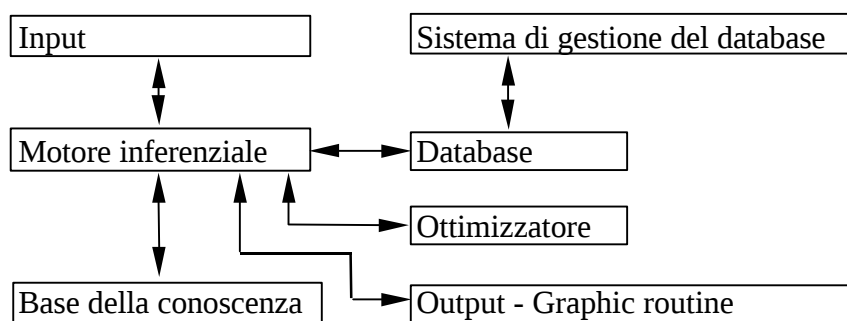
Il comportamento del mercato del carbone nel mondo è difficilmente prevedibile a causa delle diverse scelte dei governi in materia ambientale.

Per affrontare tale problematica si può utilizzare EXACOTRA che è un sistema progettato per gestire efficientemente un database per informazioni sulle nazioni esportatrici, sulla qualità del carbone e sul prezzo di mercato.

I dati su qualità e prezzo vengono immagazzinati nella base della conoscenza mediante la logica IF - THEN.

L’obiettivo di EXACOTRA (*EXpert sistem for global COal TRAdE*) è implementare un modello che riesca ad esplorare le varie strategie per il mercato del carbone.

I suoi componenti si possono così sintetizzare:



La sua funzione base consiste nel simulare lo sviluppo futuro del mercato internazionale del carbone. Evidenzia alcuni processi importanti, come:

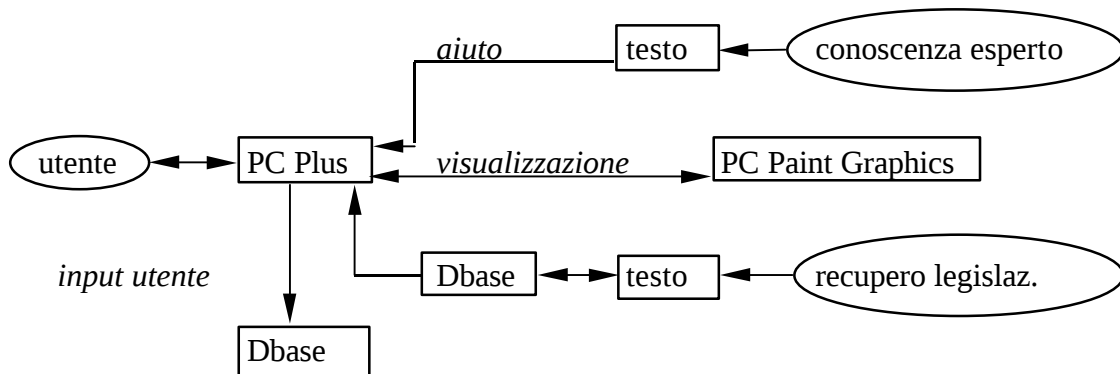
1. sviluppo di uno scenario della situazione mondiale del mercato del carbone;
2. calcolo della domanda di carbone (nella fattispecie in Corea) per l'anno
3. esame delle condizioni delle riserve esistenti e sviluppare le nuove condizioni delle riserve basandosi sullo scenario 1.;
4. analisi dei requisiti delle qualità di carbone in base allo scenario 1. e controllare le riserve disponibili per ciascuna qualità di carbone;
5. assegnazione della domanda ottenuta in 2. per qualificare le riserve ottenute in 4.;
6. stampa di un grafico che mostri la quota di mercato prevista per la Corea;
7. richiesta all'utente di un nuovo scenario.

2. notifica delle richieste: il contraente deve scrivere la notifica velocemente;
3. pregiudizio dell'Amministrazione: se non vi sono impedimenti, l'Amministrazione accetta la notifica del contraente;
4. azione dell'Amministrazione: l'ufficiale contraente, insieme al contraente, deve valutare le condizioni del sito non appena riceve la notifica e discutere i provvedimenti;
5. preparazione del contratto: viene redatto il contratto con le variazioni delle condizioni del sito;
6. ove il contratto non specifichi le condizioni del sito si ritiene che queste siano comunque accettabili nella pratica normale nell'industria delle costruzioni.

SVILUPPO DEL CGS-DSC

Le regole della base della conoscenza del CGS-DSC sono state scritte usando lo shell Personal Consultant Plus. Vi sono circa 300 regole e 95 domande che il PC richiede all'utente.

Lo schema del sistema è il seguente:



2.3.3 MEDIATOR: Un sistema esperto per facilitare la soluzione in dispute ambientali

L'obiettivo di MEDIATOR è offrire un aiuto in tempo reale ad un mediatore che è intento a risolvere una disputa ambientale.

Il processo di ricerca prevede:

1. rivedere la letteratura ed intervistare un mediatore esperto al fine di formalizzare compiti di una mediazione ambientale in una struttura sistematica;
2. formalizzare i compiti nella disputa ambientale, dividendo la struttura in componenti che siano facilmente gestibili, selezionando alcune componenti come prototipo del problema e sviluppando un caso significativo;
3. costruire un programma per computer che incorpori l'idea di una componente del processo di mediazione e la conoscenza di un mediatore esperto;
4. verificare il sistema confrontandolo con casi reali.

SVILUPPO DEL PROTOTIPO

Per sviluppare un prototipo occorre scegliere l'hardware ed il software, che si intendono utilizzare, e quindi delineare le specifiche metodologiche per ogni sistema componente.

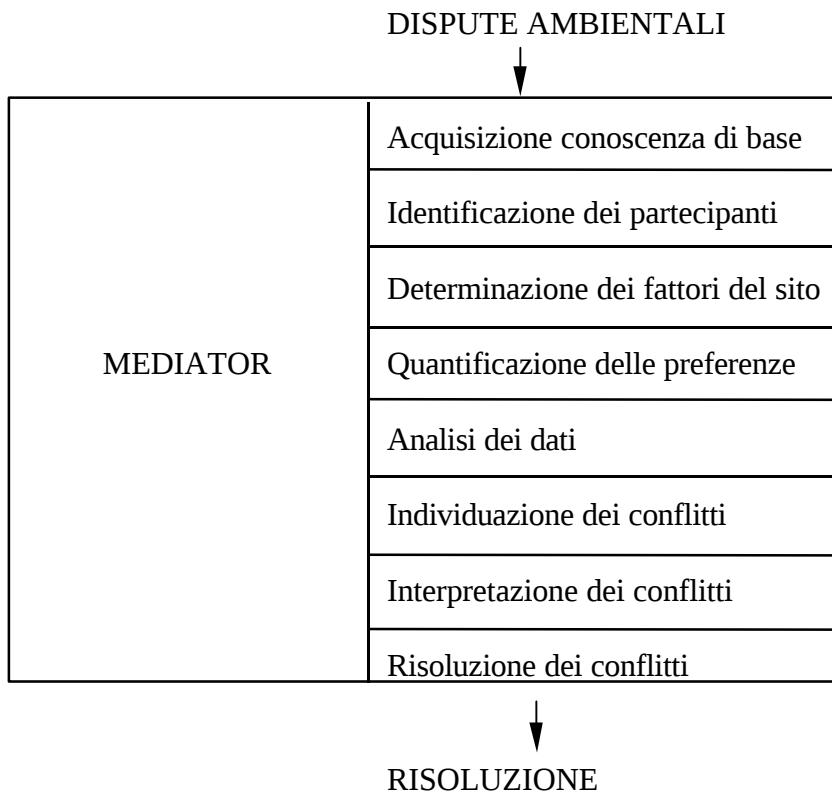
MEDIATOR è stato implementato su un PC Apple Macintosh II con 1 megabyte di RAM, 40 megabytes di hard disk e coprocessore matematico.

Il software selezionato comprende:

1. Nexpert 1.0, ossia uno shell per SE con un potente meccanismo inferenziale;

2. Microsoft Excell 1.5, interfacciato con Nexpert contiene la base della conoscenza;
3. Systat;
4. Cricketgraph;
5. MacPaint;
6. Tempo.

Le componenti del sistema sono:



LE COMPONENTI DI MEDIATOR

1. *Acquisizione conoscenza di base*: usando Nexpert, il sistema acquisisce informazioni sul progetto e sui luoghi prescelti.
2. *Identificazione dei partecipanti*: si identificano tutte le varie possibili combinazioni di partecipanti al progetto e si confrontano con dei partecipanti ideali.
3. *Determinazione dei fattori del sito*: si scelgono i fattori in base alle informazioni sul sito della conoscenza di base e si rappresentano in tabelle di Excell.
4. *Quantificazione delle preferenze*: MEDIATOR pesa l'attitudine di tutti i partecipanti a ciascun fattore di determinazione del sito.

$$W_i : (W_{i1}, W_{i2}, W_{i3}, \dots, W_{ij})$$

6. *Individuazione dei conflitti*: il SE individua i due partecipanti che hanno le opinioni più diverse su ciascun insieme di attributi e valuta inoltre, a seconda delle preferenze, il grado di disponibilità a cambiare opinione.
7. *Interpretazione e risoluzione dei conflitti*: MEDIATOR si serve di un'altra base della conoscenza che rappresenta il nocciolo di tutto il sistema. Attraverso i dati raccolti sulla quantificazione delle preferenze, produce le regole grazie alle quali il mediatore reale riesce ad affrontare i conflitti.

2.4. SISTEMI ESPERTI PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALI: DIREZIONI DELLA RICERCA FUTURA IN AMBITO INTERNAZIONALE

Il modello razionale che ha dominato il campo della pianificazione urbana per decenni non è più funzionale ad una società dai cambiamenti incerti e dinamici. Un tipico modello razionale produce soluzioni ottimali che, in molti casi, risultano irreali e irrealizzabili. L'introduzione dell'IA e dei SE con la loro componente euristica può conseguire risultati accettabili.

Di seguito vengono descritte alcune ipotesi sul come i SE possono essere incorporati ed integrati negli attuali processi di pianificazione con l'obiettivo di ottenere in futuro

2.4.1. Sviluppi futuri di EGIS: Applicazioni all'uso del suolo ed alla pianificazione dei trasporti

EGIS(*Expert Geographic Information System*) costituisce un insieme di sistemi informativi geografici esperti.

Purtroppo, la maggior parte dei modelli d'interazione fra i sistemi infrastrutturali e l'evoluzione dell'uso del suolo rivelano potenzialità limitate. Lo scopo del capitolo è valutare la fattibilità di incorporare sistemi informativi geografici esperti

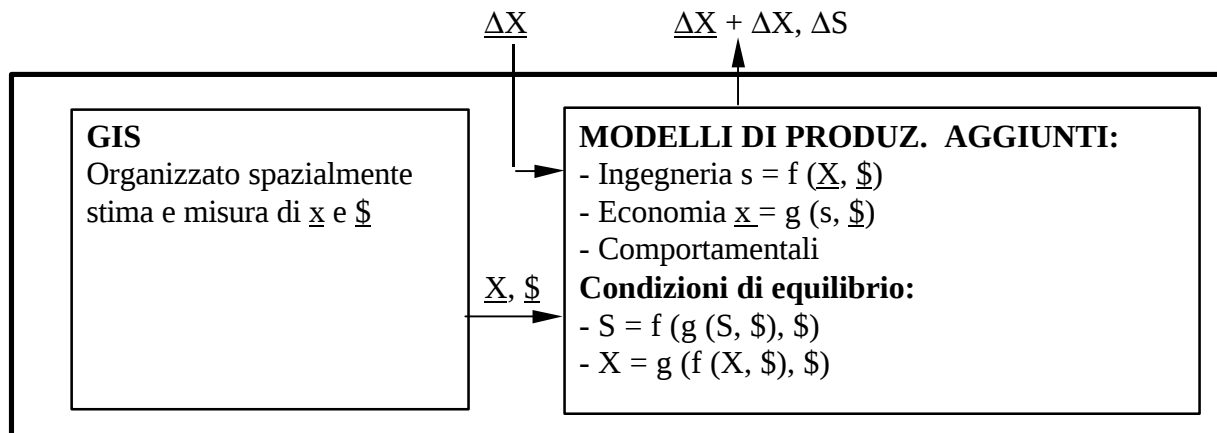
MODELLAZIONE DELL'IMPATTO DELLA CRESCITA SULLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO USANDO UN EGIS

L'impatto della crescita sulle infrastrutture di trasporto rivela due aspetti principali: il cambiamento del livello del servizio causato dall'imposizione di cambiamento di uso del suolo in un sistema fisso di infrastrutture e la mitigazione dei costi. Questi sono costi di investimenti pubblici aggiuntivi richiesti per compensare quello che altrimenti sarebbe un inaccettabile declino del livello del servizio di trasporto.

Gli impatti si manifestano in modo geograficamente complesso e il GIS appare uno strumento adatto per modellare questi fenomeni.

Infatti, è un sistema di gestione di database che facilita l'immagazzinamento ed il recupero di informazioni su attributi e relazioni spaziali tra oggetti. Può rappresentare la produzione di infrastrutture per i servizi di base, servendosi di flussi di traffico e di altro genere ed anche modelli economici. Di seguito è descritto un modello di produzione spaziale GIS equivalente ai modelli di produzione economici aspatiali.

Schema di GIS legato ad un modello di produzione:



dove:

$\underline{X}$ = contesto demografico / uso del suolo esistente

$X = g(S, \underline{\$})$ = uso del suolo endogeno e popolazione con S ed $\underline{\$}$

ΔX = cambiamento esogeno uso del suolo / contesto demografico

$\underline{S}$ = esistente livello di infrastrutture e di servizi

$S = f(X, \underline{\$})$ = livello endogeno della consistenza dei servizi con X ed $\underline{\$}$

ΔS = cambiamento endogeno del livello di infrastrutture e di servizi

$\underline{\$}$ = sistema di infrastrutture esistenti

Questo sistema serve per prevedere una situazione in equilibrio ma non è sufficiente a stimare quali operazioni di mitigazione dei costi siano appropriate, per trovare le quali è necessaria esperienza e conoscenza, quindi l'uso di un sistema esperto.

PREVISIONI DI EQUILIBRIO GENERALE: USO DEI SE PER STIMARE IL MIGLIORAMENTO ENDOGENO DELLE INFRASTRUTTURE

Convenientemente il costo degli investimenti per le infrastrutture può anche essere analizzato in una struttura generale. Idealmente, vogliamo determinare il costo della riconfigurazione del sistema infrastrutturale così che il livello di servizi specificato possa migliorare a dispetto dei cambiamenti delle attività di uso del suolo. La configurazione delle infrastrutture deve essere determinata endogenamente.

Vogliamo:

$$\underline{\$} = h(X, S)$$

Le equazioni di equilibrio diventano:

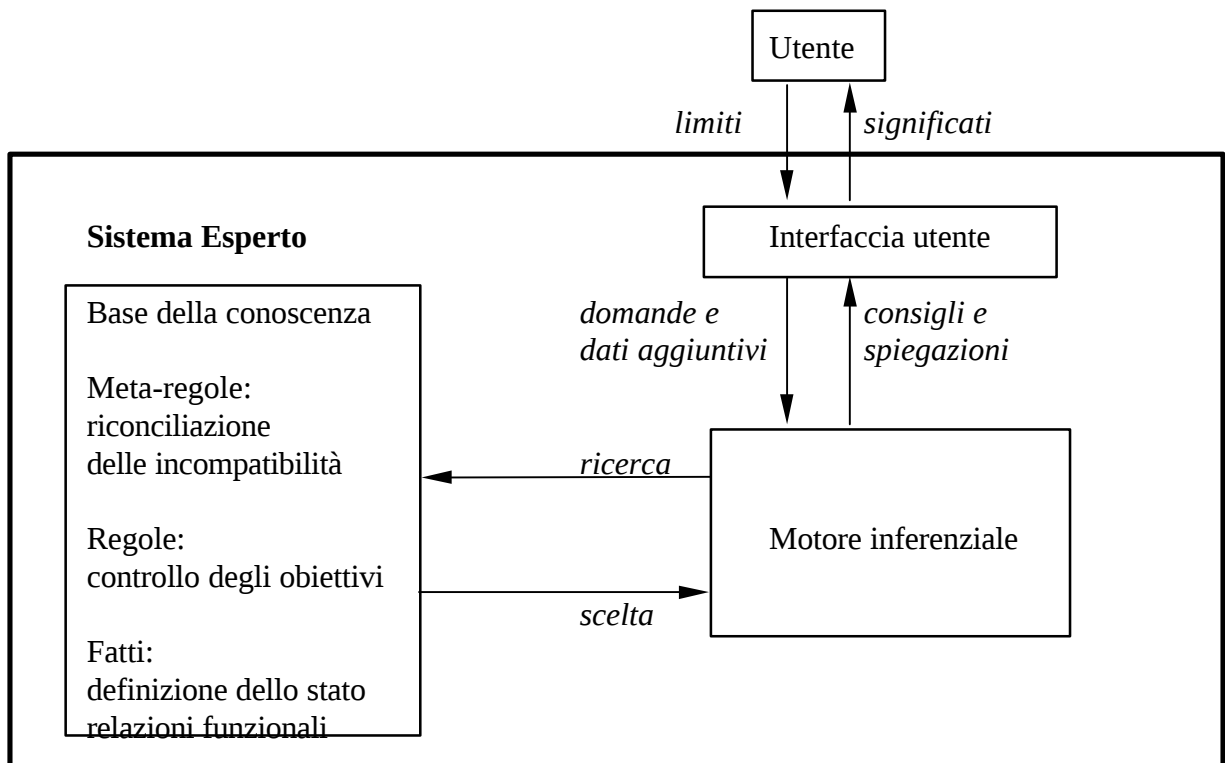
$$S = f(g(S, \underline{\$}), h(X, S))$$

$$X = g(f(X, \underline{\$}), h(X, S))$$

$$\underline{\$} = h(g(S, \underline{\$}), f(X, \underline{\$}))$$

In un sistema complesso vi sono innumerevoli miglioramenti che possono ripristinare il livello del servizio. Per specificare un modello spaziale completo, è necessario emulare la conoscenza ed il giudizio di un esperto. Per fare ciò è necessario un efficiente algoritmo euristico per ridurre il set completo di possibilità a poche scelte (scelta ottimale inclusa). Questo è ciò per cui sono stati progettati i SE.

Lo schema di un SE è il seguente:



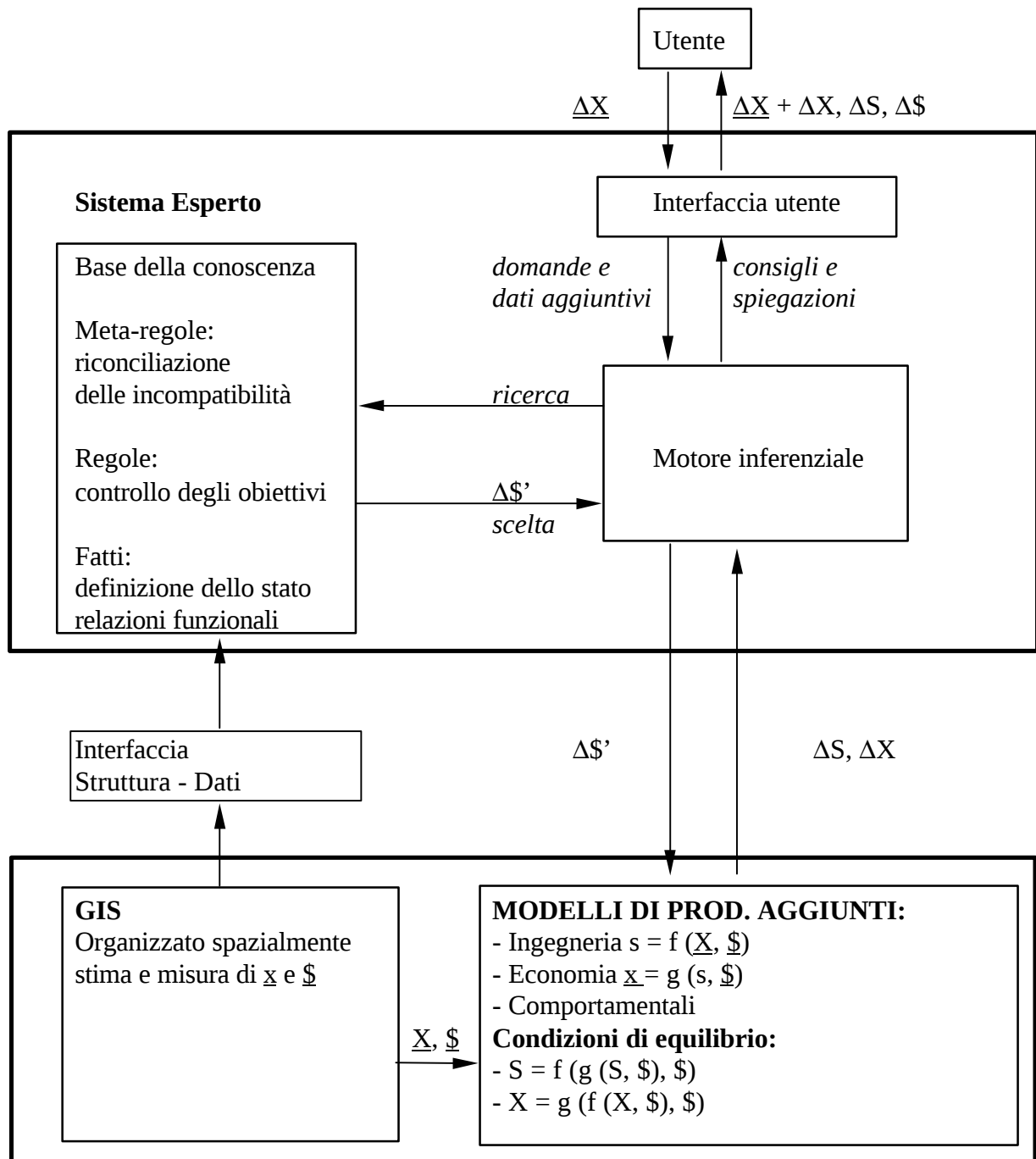
COMPONENTI DI UN SISTEMA GEOGRAFICO INFORMATIVO ESPERTO

Il SE può essere usato in connessione con il GIS per organizzare il modello di mitigazione dei costi. Questo approccio di modellazione permette di determinare endogenamente i miglioramenti delle infrastrutture.

Si considerino, per esempio, i cambiamenti esogeni nelle condizioni demografiche, nel livello del servizio di trasporti ΔS e nelle attività di uso del suolo ΔX che risulteranno dai cambiamenti di queste stesse attività in assenza di miglioramenti delle infrastrutture. Il motore inferenziale del SE esplorerà la base della conoscenza su regole e fatti che consentano sia di identificare un possibile cambiamento negli investimenti sulle infrastrutture ($\Delta S'$) che di mantenere il livello dei servizi forniti dal sistema. Tali investimenti vengono definiti spazialmente, così come gli impatti dei servizi a loro associati.

I modelli di produzione valutano nel contesto del GIS i cambiamenti infrastrutturali. Sulla base delle valutazioni viene rinviato alla base della conoscenza un vettore aggiornato sui cambiamenti endogeni delle attività di uso del suolo (ΔX) e sui livelli del servizio ΔS che, in seguito, il motore inferenziale confronterà con i servizi e i costi che l'operatore aveva come obiettivi.

Se gli obiettivi non vengono rispettati, si richiamano le regole euristiche della base della conoscenza e con esse si crea un insieme d'investimenti alternativi. La base della conoscenza viene continuamente aggiornata con nuovi dati e regole prodotte in maniera inferenziale. Si riporta di seguito lo schema del sistema:



dove:

$\underline{x}$ = contesto demografico / uso del suolo esistente
 $X = g(S, \$) =$ uso del suolo endogeno e popolazione con S ed \$

ΔX = cambiamento esogeno uso del suolo / contesto demografico
 $\underline{S}$ = livello di infrastrutture e di servizi esistente
 S = $f(X, \$)$ = livello endogeno della consistenza dei servizi con X ed $\$$
 ΔS = cambiamento endogeno del livello di infrastrutture e di servizi
 $\underline{\$}$ = sistema di infrastrutture esistenti
 $\Delta \$'$ = investimento sulle infrastrutture identificato dal SE
 $\Delta \$$ = minimo $\Delta \$'$.

Questo ipotetico EGIS presenta quattro attributi o aree che devono essere analizzati nel dettaglio prima di adattare l'approccio alle Amministrazioni locali. Essi riguardano: l'uso del suolo ed i modelli infrastrutturali utilizzati per perfezionare le alternative, la struttura del GIS, le caratteristiche della base della conoscenza del SE ed il sistema input-output.

2.4.2. SISTEMI INFORMATIVI URBANI INTELLIGENTI: Rassegna e prospettive

Le caratteristiche più importanti del computer, che concernono le elevate capacità e velocità di immagazzinamento, di accessibilità e manipolazione dei dati, hanno reso questo strumento indispensabile per gli urbanisti che devono maneggiare molte informazioni per risolvere i problemi. Nella pianificazione urbana, comunque, le regole adottate dal computer sono meno significative poiché risulta difficile definire matematicamente i problemi. L'IA offre la possibilità di creare computers che, imparando e comprendendo il linguaggio umano, riescono a trovare la soluzione a problemi meno deterministici.

Gli obiettivi di questo capitolo sono: rivedere l'uso di sistemi informativi nella pianificazione territoriale, esaminare la possibilità di integrare la tecnologia dell'IA nei sistemi informativi urbani accoppiando SE e sistemi informativi esistenti ed analizzare alcune risorse di applicazioni di SE all'urbanistica.

SISTEMI INFORMATIVI NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

La pianificazione inizia con la raccolta di dati ed di informazioni necessari per descrivere le condizioni del mondo reale dal quale l'urbanista cerca di comprendere l'evoluzione della società. Nel campo della pianificazione, i sistemi informativi vengono denominati in modo diverso ma tutti definiti “sistemi informativi urbani” UIS (*Urban information system*). I UIS rappresentano sistemi software formalizzati capaci di integrare dati provenienti da varie fonti per fornire le informazioni necessarie a prendere decisioni effettive di pianificazione urbana.

La seguente tabella riassume le funzioni di vari UIS:

tipo di UIS	Input	Processi	Output
DBMS(<i>DataBase Manegement System</i>)	Dati nudi	Organizzare e modificare dati e fare semplici statistiche	Dati e notizie
GIS (<i>Geographic Information System</i>)	Dati grafici	Organizzare, modificare e manipolare dati geometrici e geografici	Copertura composita, visualizzazione grafica di dati spaziali, notizie
DSS (<i>Decision Support System</i>)	Dati nudi e manipolati, modelli	Analisi di dati, ricerca di operazioni e creazione di modelli	Informazioni come valori ottimali ed altri input per decisioni difficili
ES (<i>Expert System</i>)	Fatti e conoscenza codificata	Inferenza e ragionamento	Soluzioni accettabili e consigli per problemi di giudizio

SISTEMI INFORMATIVI URBANI E SISTEMI ESPERTI

Si delineano i tre possibili sviluppi di UIS “intelligenti”. Con la parola “intelligenza” s'intende, in questo caso, la capacità del sistema di comunicare con l'utente in linguaggio naturale (es. inglese), di dare indicazioni comprensibili e di esporre il metodo di ragionamento usato per conseguire la soluzione.

1. SE e DBMS. Si crea un interfaccia intelligente con un DBMS tradizionale che li renda più efficaci, incorporando la conoscenza di un esperto nel dominio del DataBase o che interpreti i dati ricevuti dal DataBase scartando quelli non necessari.
2. SE e GIS. Un contributo potenziale dei SE ai GIS è aiutare l'utente del GIS a scegliere il corretto metodo di combinazione di copertura per creare la mappa finale. Inoltre, usando la struttura basata su regole del SE, si possono selezionare siti con determinate caratteristiche.
3. SE e DSS. Un sistema intelligente di supporto alle decisioni potrebbe includere: un aiuto all'utente per selezionare i modelli, introdurre elementi discrezionali nel modello, semplificare la costruzione di modelli di simulazione e introdurre capacità esplicative.

3. ESPERIENZE ITALIANE

3.1 DESCRIZIONE DI ALCUNI SISTEMI ESPERTI DIAGNOSTICI

Il gruppo di ricerca del Politecnico di Bari ha condotto molteplici esperienze sull'acquisizione della conoscenza, occupandosi di sistemi esperti concernenti:

- GREEN per la selezione dei siti da destinare a verde in zone urbane;
- NORM per la verifica della conformità delle istanze di autorizzazione alle prescrizioni delle normative vigenti per la concessione edilizia;
- SAFE, per valutare la qualità dell'aria negli edifici;
- NET, sistema esperto per l'analisi delle prestazioni delle reti tecnologiche urbane;

In particolare si analizzeranno alcune caratteristiche dei prototipi NORM e SAFE e NET.

3.1.1 NORM: Sistema Esperto per l'esame delle pratiche edilizie

NORM è un sistema esperto che nasce dall'idea di fornire un supporto agli operatori di un Ufficio Tecnico Comunale (UTC) che devono esaminare pratiche di richiesta di Concessione Edilizia e per portare a termine l'istruttoria, esponendo alla Commissione Edilizia un parere tecnico sul progetto presentato. Gli obiettivi sono due:

- 1) liberare il tecnico esperto da un lavoro routine,
- 2) istruire il tecnico non esperto alla procedura istruttoria.

Il dominio di applicazioni di Norm è prevalentemente normativo, ma gli esperti sono comunque indispensabili per individuare le inferenze e le strategie di ricerca. Perciò, per la costruzione della base di conoscenza si è ricorsi alla tecnica dell'osservazione partecipata degli esperti al lavoro. La procedura si è rivelata estremamente produttiva, consentendo, in una successiva fase di lavoro, di individuare una formalizzazione della conoscenza raccolta. Sono stati identificati i passi fondamentali dell'istruttoria e gli approfondimenti da effettuare per ciascuno di essi.

La formalizzazione studiata su un certo numero di casi reali esaminati si è dimostrata idonea anche all'esame di nuovi casi e, valutata dagli stessi esperti osservati al lavoro, è risultata effettivamente rispondente alla pratica reale.

Per la costruzione di NORM è stata usata come *shell* EXSYS che usa un motore inferenziale di tipo *backward chaining*, ossia un sistema guidato dall'obiettivo. Il sistema ha un obiettivo che verifica considerando se le premesse sono corrette. Il sistema percorre all'indietro la base di regole verificandone ogni volta le premesse.

3.1.2 SAFE: Sistema Esperto per l’analisi delle prestazioni delle reti tecnologiche urbane

SAFE è un sistema esperto che si propone di valutare la qualità dell’aria all’interno degli edifici, prevalentemente residenziali, al fine di fornire al pianificatore indicazioni utili al recupero di intere aree urbane. L’obiettivo primario del prototipo è individuare uno o più agenti o cause inquinanti a partire da una serie di dati sull’edificio e sui suoi abitanti, forniti al sistema da un interlocutore non esperto. SAFE è stato sviluppato su una base di conoscenza raccolta tramite interviste ad esperti, cui sono stati sottoposti casi simulati. Anche per lo sviluppo di questo prototipo, alla raccolta di conoscenza è seguita la fase di formalizzazione in modo da individuare i punti maggiormente significativi per l’analisi del problema e le stesse procedure di analisi

Per la costruzione del sistema è stata usata come *shell* M1 che utilizza un motore inferenziale di tipo *backward chaining* per raggiungere le conclusioni ed un meccanismo di controllo *forward chaining* abilitato per attivare un set di obiettivi ad alta priorità dopo aver raggiunto le conclusioni per un determinato pattern. Il meccanismo forward chaining è un sistema guidato dai dati, ossia tutti i dati concernenti un problema vengono messi a confronto con le premesse delle regole di produzione mediante cui è costruita la base della conoscenza. Quando tale inferenza ha successo la regola diviene un fatto nuovo per il sistema che va avanti in questo modo finché identifica una soluzione.

La shell prevede l’uso di fattori di certezza (valori compresi tra -100 e 100) che consentono al sistema di maneggiare l’informazione probabilistica, agendo sia sulle premesse che sulle conclusioni delle regole

3.1.3 NET: Sistema Esperto per l’analisi delle reti tecnologiche urbane

Il lavoro è finalizzato alla costruzione di un Sistema Esperto di tipo diagnostico delle prestazioni di reti tecnologiche urbane nei centri storici. Si suggerisce dapprima una possibile classificazione delle reti tecnologiche urbane soffermandosi poi, in particolare, sulle problematiche inerenti la rete elettrica, scelta come prototipo metodologico. Si è quindi proceduto alla selezione di esperti per poi effettuare delle sedute di osservazione degli esperti scelti, impegnati nella diagnosi prestazionale delle reti. L’importanza dello studio in questione consiste nella metodologia d’acquisizione della conoscenza denominata “sharing observation” proposta da Buchanan e Forsythe (1989) Si sottopone un caso di studio ad esperti che possiedono diversi bagagli cognitivi e si osserva la modalità che ognuno di essi adotta per risolvere un problema. Ciò senza intervenire né porre domande. In tal modo si otterranno i flussi logici seguiti da ciascuno e, verificando punti di convergenza e divergenza, si cercherà di costruire la base delle conoscenze.

3.2 SISTEMI ESPERTI E IPERTESTI: SITU, S.E. PER IL CONTROLLO DELLE TRASFORMAZIONI IN EDILIZIA

Il già citato gruppo di ricerca del Politecnico di Bari, usufruendo del finanziamento del CNR –Progetto Finalizzato Edilizia –Innovazione nel Progetto - , ha realizzato SITU (Sistema Integrato Trasformazioni Urbane). Si tratta di un prototipo di software basato sull'integrazione di differenti tecnologie informatiche (sistemi esperti, ipertesti, sistemi informativi territoriali, database) in ambiente Windows per coadiuvare i Tecnici Comunali in attività di routine come: rilasciare i certificati di destinazione urbanistica, controllare l'attività edilizia, verificare il rispetto delle procedure di presentazione dei progetti, riscontare i dati forniti dai progettisti in sede di istanze concessorie ed autorizzative e, in particolare, per redigere la redazione che il Responsabile del Procedimento deve integrare ai progetti da presentare in Commissione Edilizia. Anche in questo caso, la costruzione della base di conoscenza è avvenuta mediante l'osservazione partecipante di Tecnici Comunali al lavoro durante lo svolgimento di istruttorie.

Il guscio di sistema esperto utilizzato è KnowledgePro, un sistema di sviluppo con un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti. KP ha una sintassi semplice, dialoga con il mondo esterno attraverso librerie dinamiche ed invia e riceve messaggi da altri applicativi Windows gestendo anche collegamenti di tipo ipertestuale. Inoltre da la possibilità di compilare il codice e generare il corrispondente programma in linguaggio C++. L'integrazione di tecniche quali sistemi esperti, ipertesti e database, consente un approccio innovativo (task oriented), mirato a fornire accesso ai documenti sulla base di una struttura semantica governata da ipertesti e sistemi esperti. SITU mette a disposizione dell'utente una serie di strumenti quali disegni, foto, testi, ipertesti (normativa), mappe, ecc. La procedura istruttoria, ripercorrendo i passi suggeriti dal sistema esperto, consente di valutare lo specifico intervento edilizio e di giustificare con annotazioni le scelte fatte.

4. CONCLUSIONI

La tecnologia dei sistemi esperti, nonostante non potrà mai raggiungere il livello di dettaglio della conoscenza degli esperti pianificatori che intende emulare, offre comunque alcuni vantaggi. In particolare un sistema esperto è sempre accessibile e disponibile, mantiene la consistenza delle spiegazioni, conserva la conoscenza, può essere consultato da più persone, è in grado di riagganciare i ragionamenti seguiti, può permettere all'esperto di concentrarsi su problemi più importanti, può essere utilizzato per l'addestramento, elevando, in generale, il grado di conoscenze degli operatori del settore.

Sebbene molti sistemi esperti per la pianificazione territoriale vengano correntemente sviluppati nel mondo, la tecnologia è relativamente nuova, il numero di successi è alquanto ristretto ed i costi di sviluppo sono alti.

Manifestano un approccio ottimistico che, spesso giustificato da presunti segni di intelligenza (trattamento dell'incertezza o dell'errore, spiegazione del ragionamento, ecc.) si è ridimensionato ed attualmente gli viene attribuito un ruolo di strumento in grado di trasferire tecnologie: la loro potenzialità consiste, soprattutto, nell'eseguire ciò che altri non sarebbero in grado di compiere.

Da questo punto di vista, non si diversificano da altri sistemi informatici: essi, infatti, non sono intelligenti ma logici, nel senso che non sono in grado di trovare modi per risolvere problemi, ma riescono solo ad applicare metodi noti a casi specifici. Per tale ragione, si può pretendere che essi risolvano non già i problemi più difficili, per i quali è probabilmente insostituibile la versatilità umana, ma solo un certo numero di quei problemi che sarebbero di routine per l'esperto e difficili per il non esperto.

Le esperienze analizzate focalizzano alcuni aspetti che appaiono indispensabili per utilizzare i SE nell'ambito della pianificazione territoriale, in particolare:

- tra tutte le tecniche d'intelligenza artificiale i sistemi esperti sono i più sperimentati nell'ambito della pianificazione territoriale sebbene, ad oggi, le esperienze realizzate siano tutte ancora a livello di prototipo;
- l'approccio diagnostico dei sistemi esperti si rivela utile sia per la risolvere problemi di carattere normativo che per definire e valutare i criteri e le procedure;
- la potenzialità dei SE aumenta se essi vengono integrati ad interfacce amichevoli, ipertesti, database, sistemi informativi territoriali, ecc. Ciò permette non solo di costruire sistemi di supporto alle decisioni realmente funzionali per chi opera nell'ambito della pianificazione territoriale ma anche di consultare i dati, di visualizzare immagini, mappe ed elaborare testi in tempo reale.

Si riporta nel seguito un quadro riassuntivo delle esperienze analizzate:

Prototipo	Obiettivo	Tipo	Osservazioni
ISIS	Localizzazione di aree per attività militari	S.E. interpretativo	Gestisce G.I.S. Uso di modelli matematici
ADAPT	Zonizzazione	S.E. di pianificazione	
ERS	Modello di distribuzione degli spostamenti tra zone con diverse destinazioni d'uso	S.E. Interpretativo	Gestisce Database
RTMAS	Monitoraggio ad analisi del traffico in caso di evacuazione	S.E. di monitoraggio	Gestisce database e modelli matematici
SISES	Scelta del sito	S.E. di pianificazione	Uso di modelli matematici
ESMAN	Selezione zone per l'industria	S.E. di pianificazione	Uso di modelli matematici
ESSAS	Scelta siti adatti all'insediamento di personale civile per installazioni di basi militari	S.E. di pianificazione	Uso database
	Scelta di siti per discariche	S.E. di pianificazione	
EXACOTRA	Simulazione mercato globale del carbone	S.E. diagnostico	
CGS-DSC	Assistenza legale per l'analisi dei contratti di costruzione	S.E. Diagnostico – di addestramento	Verifica di tipo normativo
MEDIATOR	Per la mediazione “politica” in dispute ambientali	S.E. Diagnostico	
GREEN	Selezione di siti da destinare a verde pubblico	S.E. Di pianificazione	
NORM	Per la verifica di conformità delle pratiche edilizie alla normativa vigente	S.E. Diagnostico – di addestramento	Verifica di tipo normativo
SAFE	Per valutare la qualità dell'aria negli edifici	S.E. Diagnostico – di monitoraggio	
SITU	Per la verifica di conformità delle pratiche edilizie alla normativa vigente	S.E. Diagnostico – di addestramento	Verifica di tipo normativo
NET	Per l'analisi delle prestazioni delle reti tecnologiche urbane	S.E. Diagnostico	

Alla luce delle conclusioni e al fine di testare le reali potenzialità di questi strumenti, si è deciso di impostare lo sviluppo di due prototipi per risolvere problematiche di pianificazione. La scelta ricade su problematiche già definite a livello normativo, infatti l'approccio diagnostico dei sistemi esperti risulta idoneo a sviluppare valutazioni di cui vengono già definiti i criteri e le regole. In particolare, sia per la realizzazione dei prototipi per la valutazione della vocazione agricola del territorio rurale che per la valutazione

d'impatto paesistico dei progetti, ci si è avvalsi di un sistema di sviluppo che, poichè offre all'utente un'interfaccia amichevole e la possibilità di gestire testi, immagini ed altri dati, integra le differenti tecnologie informatiche in ambiente Windows potenziando la possibilità del sistema esperto tradizionale e creare uno strumento realmente utile al pianificatore.

III Parte

**“Sviluppo di un prototipo per l’individuazione della
vocazione agricola del territorio ligure”**

1. INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

La politica agraria, negli ultimi 10 anni, sta registrando una fase di forte transizione, sta travalicando il tradizionale ambito produttivo e sta inserendosi in domini più vasti di interesse quali l’ambiente ed il paesaggio (Franceschetti 1990).

L’intento pianificatorio più aggiornato è perseguire uno sviluppo rurale sostenibile senza sovrautilizzare le risorse territoriali al di là delle capacità di carico e senza erodere la base ecologica ed il sistema di supporto delle diverse forme viventi, utilizzando tecnologie appropriate, tali da garantire biodiversità e cicli naturali (Fusco Girard-Nijkamp, 1997).

In tale prospettiva, si denota che lo sviluppo rurale debba essere sostenibile ed integrato cioè deve non solo migliorare la qualità della vita delle comunità rurali e della società nel suo complesso senza pregiudicare il diritto delle generazioni future a godere di eguali opportunità di benessere ma anche favorire l’integrazione fra tutti i settori dell’economia rurale, trovando quei punti di interconnessione e di compatibilità tra le attività agricole che consentono di difendere il suolo, di conservare le risorse idropotabili e biosferiche e di promuovere la coesione sociale delle popolazioni locali (P.T.C.P. Prov. di Genova).

2. **NORMATIVA E POLITICHE REGIONALI**

All’inizio degli anni ottanta la maggior parte delle regioni dell’Italia centrosettentrionale ha riconosciuto con apposite leggi l’esigenza di tutelare gli usi agricoli del territorio, con l’intento di contenere il conflitto tra usi agricoli ed extragricoli, che il solo controllo della densità edilizia non poteva regolare. In Liguria la tutela delle aree rurali era demandata principalmente alla disciplina degli strumenti urbanistici comunali. Nella generalità dei casi gli strumenti approvati dalla Regione prevedono che l’edificazione nelle zone agricole sia connessa in modo funzionale alla conduzione del fondo di cui limitano la densità a 0,03 mc/mq. Non è, di norma, consentito riservare ai soli imprenditori agricoli a titolo principale la facoltà di edificare. Nella maggior parte dei casi è consentito accorpare sul fondo principale l’edificabilità derivante anche da lotti non contigui, posti in zona agricola, entro una conveniente distanza (es. 500 m.), con la conseguenza che la densità, rapportata al fondo edificato, può superare anche di molto quella stabilita dal D.M. 1444/68. Il piano territoriale di coordinamento paesistico regionale assoggetta a regime di mantenimento buona parte del territorio rurale non insediato o caratterizzato da stanziamenti sparsi senza entrare nel merito delle destinazioni funzionali. Il provvedimento risulta insufficiente a governare un territorio assoggettato per anni ad una devastante pressione edilizia causata dall’innalzamento dei redditi, dalla diffusione della motorizzazione privata e dalla rigidità del mercato immobiliare urbano. E’ evidente l’alto costo del modello insediativo che ne deriva, non solo in termini di consumo di suolo ma anche di pregiudizio all’ambiente, di realizzazione e gestione dei servizi, di consumi energetici.

Inoltre, la diffusione del fenomeno fraziona il territorio, incrementa le incompatibilità, crea rigidità nel mercato dei fondi agricoli, rende difficile l’accorpamento e stimola l’abbandono. In una realtà come quella ligure sono sufficienti pochi interventi per compromettere irrimediabilmente il paesaggio e vanificare processi di riorganizzazione dell’offerta turistica che trovano nell’entroterra collinare una delle ultime significative risorse. E’ necessario connettere con chiarezza la tutela dell’ambiente e del paesaggio alle attività agricole, forestali e zootecniche, rispettando le potenzialità del suolo, gli ordinamenti culturali, le dimensioni delle aziende e le integrazioni con attività compatibili. (Queirolo 1997)

Oggigiorno viene riscoperta l’importanza delle aree agricole come riserva di naturalità al servizio delle aree urbanizzate.

Spesso, la pianificazione tende a caricarle di valenze ambientalistiche, solo in parte coerenti con l’uso produttivo agricolo. Una pianificazione, ambientalmente orientata verso criteri di sviluppo sostenibile, fornirà forse gli elementi per superare queste contraddizioni, sempre che sappia affrontare un progetto mai realmente pensato, quello del territorio agricolo. (Bobbio 1997)

Principio dello sviluppo sostenibile è utilizzare nel modo più efficiente ed efficace possibile l’insieme delle risorse di cui si dispone senza limitare le possibilità di scelta da parte delle generazioni future, senza cioè compromettere le loro diverse opzioni possibili. (Rapporto Bruntland 1987)

I principi dell’agricoltura sostenibile prevedono:

- non sovrautilizzare le risorse territoriali al di sopra della capacità di carico e, quindi, non erodere la base ecologica. Ed il sistema di supporto alle diverse forme viventi;
- utilizzare tecnologie che garantiscano biodiversità e cicli naturali;

- far entrare nuovamente la natura nella città recuperando la permeabilità dei suoli, collegando in un sistema continuo tutte le aree verdi, i parchi e le aree agricole, creando dei corridoi naturali che consentano la rigenerazione ambientale, la fruizione del tempo libero e nel contempo una utilizzazione produttiva. (Fusco Girard, Nijkamp 1997)

Tali principi sono stati in parte recepiti dalla nuova legge urbanistica regionale (L.R. Liguria 36/97). In particolare l’art.2: “La pianificazione territoriale si basa sul principio della chiara e motivata esplicitazione delle proprie motivazioni. A tal fine le scelte operate sono elaborate sulla base del principio generale della sostenibilità ambientale. Nel perseguire le suddette finalità, la pianificazione territoriale si ispira al principio del minimo consumo delle risorse territoriali e paesistico - ambientali disponibili, con particolare riguardo a quelle irriproducibili e a quelle riproducibili a costi elevati e a lungo termine”.

Uno dei caratteri innovativi della legge urbanistica della Regione Liguria è rappresentato proprio dalla pianificazione delle aree extraurbane a livello regionale, provinciale e comunale. In particolare, i piani territoriali di coordinamento provinciali devono definire i criteri per l’individuazione delle zone di effettiva produzione agricola, dei territori di presidio ambientale, delle zone non insediabili (art. 34, 35 e 36). I piani urbanistici comunali (PUC) devono individuare le suddette aree all’interno del territorio comunale. Nella prescrizione regionale si legge la volontà di operare un chiarimento di quanto viene normalmente definito “zona agricola” nei piani urbanistici comunali. Tale definizione, corrispondente all’individuazione delle zone “E” definite dal DM 1444/68, porta ad interpretare tali aree come “spazio vuoto”, in contrapposizione alle aree urbanizzate. Si risponde quindi alla necessità di riconoscere le aree nelle quali l’attività agricola è effettivamente praticata o praticabile e di distinguerle da quelle nelle quali tale attività - anche se presente - non costituisce una fonte di reddito significativa, ma assume una valenza di presidio del territorio.

Per comprendere meglio questa distinzione si riportano le definizioni fornite dalla L.R.:

Aree di produzione agricola:

Aree da destinare allo svolgimento effettivo di attività produttive di tipo agricolo, nonché di tipo silvo pastorale ed aree da destinare a serre (art.35). In queste zone il PUC regola l’edificazione di manufatti tecnici connessi con lo svolgimento di una specifica e documentata attività agricola. Laddove la natura e le caratteristiche dell’attività, consentita dal PUC, giustificano l’esigenza di risiedere sul fondo, il PUC può prevedere la realizzazione di manufatti residenziali, con dimensioni commisurate all’attività agricola. In sede di elaborazione del PTC provinciale si predisporranno modelli per i manufatti tecnici (e per la residenza). Il rilascio della concessione edilizia sarà comunque subordinato alla stipula di una convenzione che preveda: l’esercizio effettivo dell’attività agricola, la conservazione della destinazione residenziale - agricola, prestazioni finalizzate al presidio ed alla tutela del territorio.

Territorio di presidio ambientale:

Aree che presentino fenomeni di sotto utilizzo e/o di abbandono agro silvo pastorale e che non appaiano recuperabili ad un uso agricolo effettivo., che si trovino in precario equilibrio idrogeologico e vegetazionale, che sono caratterizzate da fenomeni di rinaturalizzazione e da insediamenti sparsi nelle quali si renda necessario subordinare gli interventi sul patrimonio edilizio esistente o di nuova costruzione al perseguimento delle finalità di presidio ambientale. Nei territori indicati il PUC regola gli interventi ammissibili per garantire forme di presidio corrispondenti a finalità di recupero e riqualificazione del territorio sotto i profili ecologico - ambientale, paesaggistico e socioeconomici, con riguardo alle attività agricole di carattere marginale. Tali interventi possono comportare anche l’insediabilità di funzioni residenziali attraverso la prevalente azione di manutenzione e ripristino di manufatti esistenti o quote di nuova edificazione opportunamente dimensionate e correlate alla disciplina paesistica. Il rilascio della concessione è subordinato alla stipula con il Comune di convenzione che preveda a carico del concessionario le prestazioni finalizzate al presidio ed alla tutela del territorio.

Territori non insediabili:

Aree che, per condizioni morfologiche, ecologiche, paesistico ambientali ed archeologiche, sono qualificate come territorio non insediabile. Nel territorio non insediabile sono consentiti sia interventi di manutenzione e ripristino dei manufatti esistenti, nel rispetto delle loro caratteristiche funzionali, tipologiche e costruttive originarie che la realizzazione di manufatti tecnici o di quelli finalizzati all’esercizio

Secondo i criteri già stabiliti dalla Provincia di Genova per la redazione del PTC, la prima operazione che i Comuni dovranno compiere, per giungere alla definizione delle aree di effettiva produzione e dei territori di presidio ai fini agricoli, sarà stabilire la vocazione dei terreni ad ospitare un utilizzo di tipo agricolo e la gamma di colture che vi si possono effettuare.

L’affermazione di una vocazione agricola di un’area equivale a riconoscere che essa debba essere considerata quanto meno di presidio. Oltre alla rilevazione dell’utilizzo attuale o passato a fini agricoli (es. presenza di fasce terrazzate), dovranno essere considerati altri elementi di valutazione quali il riconoscimento di abitudini locali nel consumo di determinati prodotti, la possibilità di coprire nicchie di mercato a livello locale e l’adeguamento a politiche agro-silvo-pastorali.

Si dovranno anche considerare i fattori come l’esposizione, le caratteristiche pedologiche, la profondità del terreno e la fertilità. Tali informazioni forniranno anche gli elementi per stabilire quali colture sia più opportuno insediare.

Una volta stabilite la vocazione agricola di un’area e le tipologie colturali praticabili su di essa, si verifica se la suddetta area possa essere considerata di effettiva produzione agricola, analizzando i parametri di superficie minima e di acclività che, forniti dalla Provincia, consentano un adeguato grado di meccanizzazione. Tali criteri, vista la frammentazione e polverizzazione della proprietà nell’entroterra, sono, di fatto, molto limitativi. Per evitare di porre limiti che penalizzino realtà produttive locali già esistenti e realmente significative, si lascia comunque facoltà ai comuni di classificare aree di “effettiva produzione agricola”, anche in deroga ai criteri sopra enunciati. In tal senso un supporto ai pianificatori comunali è fornito dalla “carta delle vocazioni agricole del territorio” redatta

dal Centro Studi dell’Unione delle Camere di Commercio Liguri, in collaborazione con il Centre d’études, recherches, realisation ecologiques et paysageres (CERREP) di Grenoble.

Questa normativa, anche se non appare “propositiva”, risulta tollerante nei riguardi del recupero delle aree rurali e recepisce la necessità di ordinare organicamente, anche con valutazioni quantitative, la fattibilità delle varie opzioni. A riguardo, si auspica che la Regione stabilisca criteri più duttili e realistici per ripartire dei fondi (generalmente comunitari) che vengono devoluti ad interventi di miglioria colturale o di tutela ambientale. Infatti, in una regione come la ligure, dove l’abbandono delle aree rurali è molto diffuso, sono meno agevoli le iniziative di valorizzazione (a fini produttivi anche non agricoli) o di riconversione a prevalente finalità ambientale.

Nel documento “Agenda 2000”, pubblicato nel luglio 1997, che riporta le grandi prospettive di sviluppo dell’Unione Europea (UE) e delle sue politiche all’alba del prossimo secolo, si evidenzia come l’agricoltura dovrà acquisire sempre di più il ruolo di attività di sostegno per la salvaguardia dell’ambiente e dovrà essere incentivata con maggiori mezzi finanziari laddove i servizi forniti richiedono maggiore impegno da parte degli agricoltori (es. agricoltura biologica, tutela degli ambienti semi naturali, mantenimento degli alpeggi e così via). La frequente coincidenza tra zone svantaggiate e zone di grande valore ambientale induce a trasformare il sostegno economico in uno strumento per il mantenimento ed il presidio.

La richiesta sempre più pressante di un’agricoltura più sensibile ai problemi ambientali crea nuovi obblighi ed opportunità per l’agricoltura. Il settore agro - forestale assume un ruolo del tutto nuovo in cui si diffonde una politica che, poiché si prefigge l’obiettivo di gestire le risorse in modo più razionale, non può ignorare ciò che avviene in agricoltura. Migliorare la fruibilità delle risorse per i diversi usi e limitare i fenomeni di conflittualità, costituiscono i compiti che competono ai pianificatori territoriali. In attesa che venga varata una legge quadro nazionale che tuteli le aree agricole, che definisca le regole in grado di disciplinare l’uso dei suoli e che avvii concretamente lo “sviluppo sostenibile”, il nuovo orientamento giuridico regionale della Liguria ha fatto un piccolo passo in questa direzione.

3. INDIVIDUAZIONE DELLA BASE DI CONOSCENZA

Obiettivo della ricerca è costruire un programma informatico che aiuti il pianificatore o l’amministratore locale ad individuare sul territorio le aree in cui è fattibile sviluppare la produzione agricola e quelle di presidio che evidenziano limitate possibilità di essere utilizzate per fini produttivi. Per conseguire tali obiettivi, risulta necessario conoscere in modo approfondito il territorio rurale, le culture agricole locali, i fenomeni socioeconomici, le politiche agricole in atto e le esperienze pianificatorie ed i loro risultati. Le fonti dell’expertise vanno quindi ricercate negli agronomi, nei pianificatori, nel personale delle comunità montane, dei parchi e degli Enti ed Associazioni che condividono la responsabilità del governo del territorio dell’entroterra ligure. Purtroppo i P.U.C. (Piani Urbanistici Comunali) in itinere con la nuova legge urbanistica sono pochi ed i professionisti incaricati per la loro stesura, che ho personalmente incontrato ed intervistato, trovano difficoltà ad interpretare la Legge. Gli risulta arduo individuare criteri per determinare gli ambiti di produzione effettiva, di possibile produzione agricola, di conservazione, di riqualificazione del paesaggio ed i collegamenti tra le indagini sul territorio ed una normativa di attuazione del piano.

Problema fondamentale rimane l'individuazione della vocazione del territorio rurale. In quest'ambito si è rivelato utile conoscere degli agronomi professionisti che operano sul territorio. Come già accennato, il clima della Liguria è favorevole all'agricoltura, soprattutto sul versante a mare dove la forte insolazione e la mitezza dell'inverno consentono, a quote non troppo elevate, alcune colture pregiate di nicchia quali la coltivazione dell'olivo, dei fiori e delle verdure primaticce in serra, nonché la produzione di vini e di frutta pregiata. E' necessario, pertanto, studiare i vari tipi di coltura presenti nella regione al fine di analizzare le metodologie di zonizzazione e le soluzioni adottate nei pochi P.U.C. in itinere. A titolo esemplificativo si riportano nel seguito alcune valutazioni sulla coltura dell'oliveto effettuate dal dott. agronomo Angelo Consiglieri ed alcune considerazioni su uno dei pochi piani urbanistici comunali fino ad ora realizzati con la nuova normativa esposte dagli architetti incaricati Avvenente e Giardino. Le indicazioni raccolte verranno integrate ai criteri forniti dalla Provincia di Genova nel Piano territoriale di Coordinamento Provinciale e costituiranno la base di conoscenza del prototipo di sistema esperto che intendiamo costruire.

3.1 L'OLIVETO (Esperto. Dott. Angelo Consiglieri)

L'olivo è presente in Liguria su una superficie di circa 22.000 ettari con importanza differente da provincia a provincia (11.256 ettari prov. Imperia, 3.250 ettari prov. Savona - dati CENSIS 1986). L'olivicoltura ligure è in genere altamente specializzata ed è attuata su terreni appositamente predisposti mediante terrazzamento, stante la giacitura acclive della maggior parte del territorio regionale.

La coltura dell'olivo in Liguria risale all'epoca romana, ma ha avuto il suo momento di massima espansione tra il XVII ed il XIX secolo con l'esecuzione di fasce nelle zone più elevate e di maggiore pendenza.

E' stato calcolato che il tempo di lavoro necessario per realizzare il terrazzamento e l'impianto dell'oliveto ammonta a 13 giornate lavorative per pianta corrispondenti, per una densità media di 500 pp./ha, a 6.500 giornate per ettaro.

A questa mole di lavoro, che occorre per l'impianto, bisogna aggiungere un elevatissimo numero di giornate lavorative indispensabili per le cure colturali e la raccolta. E' da rilevare che il numero di giornate lavorative necessarie per un oliveto è variato di poco nel tempo, almeno in Liguria, poiché si tratta di una coltura difficilmente meccanizzabile. Questo aspetto ha sempre richiesto molta mano d'opera che è la causa principale della crisi dell'attività negli ultimi due secoli. Altre cause che hanno determinato il progressivo abbandono della coltura sono:

- riduzione della redditività agricola;
- aumento di occasioni di lavoro alternative all'agricoltura;
- età avanza degli operatori;
- elevato grado di frammentazione fondiaria (la superficie media aziendale è risultata essere di 2,2 ettari con il 54,5% delle aziende ricadenti nella classe 1-3 ettari (censimento 1982);
- prevalenza di oliveti dislocati su terreni in forte pendenza, difficilmente meccanizzabili;
- densità eccessiva della coltura (7/800 pp./ha) con spesso conseguente altezza eccessiva delle piante;

- potature sporadiche ed errate con conseguente alternanza di produzione;
- degrado delle strutture idraulico-agrarie, con compromissione della stabilità dei versanti;
- invasione progressiva delle infestanti con successiva ingressione del bosco vero e proprio.

Questa serie di problematiche è comune in tutta la regione ma forse più marcata nella zona compresa tra la città di Savona ed il confine orientale della regione, mentre in varie località del ponente la coltura mantiene ancora una certa vitalità. Recentemente si è verificata un'inversione di tendenza che ha spinto i consumatori a preferire sempre di più l'olio extra vergine di qualità (marchio D.O.P. ecc.) a scapito di olii vegetali o del semplice olio di oliva. Da ciò ha avuto origine un rafforzamento del prezzo dell'olio extra vergine di

L'attuale favorevole congiuntura, se può avere riflessi positivi sulle aree più vocate, non deve far sperare in una ripresa del settore in tutta la regione, vista la molteplicità di fattori negativi che lo affliggono, anche se le nuove politiche comunitarie fanno ben sperare per il futuro.

Gran parte degli oliveti regionali, pur avendo perso buona parte del loro valore produttivo, conservano intatto il loro valore paesaggistico. In molte aree della Liguria gli oliveti, posti sulle fasce, costituiscono un elemento essenziale del paesaggio e come tali andrebbero conservati e tutelati. Le terrazze su cui risiedono gli oliveti sono strutture create artificialmente e necessitano di una manutenzione assidua se se ne vuole evitare la disgregazione. Le fasce terrazzate hanno anche un ruolo insostituibile nell'equilibrio idrogeologico dei versanti, poiché contribuiscono a rallentare la discesa delle acque piovane e a trattenere il sottile strato di terreno che sovrasta le rocce.

Non bisogna dimenticare, infine, che la folta vegetazione arbustiva, che si insedia negli oliveti abbandonati, costituisce un'esca micidiale per gli incendi che possono così velocemente propagarsi fino alle vicine formazioni boschive.

Al fine di mettere a punto una metodologia per effettuare una zonizzazione delle aree olivetate, si utilizzeranno i risultati di un'indagine svolta nel 1990 nel Comune di Lavagna (A. Consiglieri 1992). In tale occasione gli oliveti, presenti nel territorio comunale, erano stati assegnati in diverse categorie in base alle condizioni in cui si trovavano e alla funzione ad essi attribuita. Ciò allo scopo di conservare e salvaguardare il territorio utilizzando i finanziamenti pubblici limitati. Gli oliveti, in base alle condizioni attuali, si differenziano nelle seguenti tipologie:

- 1) *oliveti coltivati*: colture in cui, seppure con intensità minima, vengono ancora effettuate le normali operazioni colturali di raccolta;
- 2) *oliveti abbandonati ma recuperabili*: possono ancora essere recuperati dal punto di vista produttivo e/o paesaggistico;
- 3) *oliveti abbandonati*: l'ingressione della vegetazione spontanea, soprattutto arbustiva ed arborea, rende irrealizzabile qualsiasi recupero;
- 4) *oliveti scomparsi*: particelle catastali iscritte nella qualità di oliveto che ospitano altre colture o strutture edilizie.

Così cartografati (sulla base della cartografia catastale) e descritti devono poi essere classificati secondo le seguenti categorie e funzionalità:

1) oliveti con funzione produttiva prevalente:

Si tratta di oliveti ricadenti in aree particolarmente vocate per esposizione, pendenza, profondità e freschezza del terreno coltivabile. In queste aree l’olivicoltura va promossa, favorendo l’attuazione di nuovi impianti, potature di riforma, sistemazioni del terreno più idonee alla meccanizzazione della coltura, impianti idrici per l’irrigazione, miglioramento

Nell’assegnazione della funzione produttiva prevalente alle particelle di oliveto si deve tener conto dei seguenti elementi:

- esposizione: l’esposizione ottimale è S-SO ma sono ammessi anche terreni esposti a SE ed O;
- pendenza: grazie alla sistemazione delle fasce, la pendenza non è potenzialmente un fattore limitante le lavorazioni meccaniche sulle fasce; può comunque creare problemi nella fase di spostamento dei mezzi. Per questo motivo, si è assunta come pendenza limite del tratto che il mezzo meccanico deve percorrere tra una terrazza e la successiva il 25%;
- larghezza della fascia: l’ampiezza delle terrazze è inversamente proporzionale alla pendenza, per cui una valutazione sulla pendenza fornisce anche un’idea sull’ampiezza delle fasce esistenti. In linea di massima si assume come larghezza minima di 4 m., la misura che permette un’agevole lavorazione delle fasce con mezzi meccanici;
- accessibilità: è indispensabile la vicinanza di strade carrozzabili.

E’ necessario, ispirandosi al concetto di potenzialità, non tenere conto delle condizioni attuali dell’oliveto anche perché, al momento, quasi tutti gli impianti di olivo sono vetusti o mal coltivati. Perciò poco si può dedurre dalle condizioni attuali dell’oliveto.

2) oliveti con funzione paesaggistica:

La funzione prevalente paesaggistica va attribuita a tutti quegli oliveti immediatamente accessibili con lo sguardo dalle strade e dai centri abitati; ovviamente nei casi in cui l’oliveto abbia una sua importanza quale elemento costituente il paesaggio.

Per questa tipologia si dovrebbe innanzitutto prevedere un vincolo che ne impedisca la destinazione ad altra qualità di coltura. Gli incentivi pubblici, volti alla conservazione ed al recupero, dovrebbero prevedere assistenza per le ripuliture e la manutenzione delle fasce.

3) oliveti con funzioni prive di rilievo

Negli oliveti inseriti in questa tipologia la problematica maggiore riguarda i rischi di dissesto idrogeologico e di incendiabilità che, in genere, sono collegati ai coltivi abbandonati. Bisogna, quindi, promuovere azioni volte a facilitare la formazione di una copertura boschiva di origine artificiale o naturale perché consentirebbe di proteggere il terreno dall’azione battente delle piogge, di frenare il ruscellamento, di intercettare la luce in quantità superiore rispetto all’oliveto e di frenare la crescita della vegetazione arbustiva, facile preda degli incendi.

4) oliveti antropizzati

Oliveti alterati dall’azione dell’uomo mediante distruzione o inserimento in altri contesti (parchi, giardini, aiuole). A causa dell’alterazione, l’oliveto è stato snaturato e non

L’indagine sviluppata nel Comune di Lavagna, pur evidenziando un’inaspettata vitalità del settore (389 aziende e 7 frantoi e 292 ettari coltivati), ha confermato i problemi comuni a tutta l’olivocoltura ligure; in particolare la senescenza sia degli impianti che degli operatori (solo un’azienda il cui impianto risale a meno di 50 anni fa).

3.2 Il P.U.C. di Nè (esperti arch. Avvenente ed arch. Giardino)

Il Comune di Nè, nell’entroterra Chiavarese, sta adottando il nuovo Piano Urbanistico Comunale che recepisce le indicazioni della L.R. 36/97 e le indicazioni del P.T.C. Provinciale. Gli architetti ,incaricati nella normativa di attuazione, hanno suddiviso il territorio comunale definito zona E dal D.M. 1444/68 in ambiti:

- A Territori di presidio ambientale;
- B Ambiti di produzione agricola;
- C Territori non insediabili (prati e pascoli, boschi).

prevedendo per A e B la riqualificazione del paesaggio e per C la trasformazione e la conservazione.

Negli ambiti di produzione agricola sono consentite costruzioni al servizio dell’agricoltura nonché la residenza in funzione della conduzione del fondo da parte dell’Imprenditore agricolo. La concessione ad edificare è subordinata alla presentazione di un “piano pluriennale di utilizzazione aziendale” e sul lotto edificabile devono essere raggiunti i parametri produttivi di superficie di mq. 10.000 per colture in pieno campo e di mq 3.000 per colture specializzate in serra, o per la funghicoltura; deve, inoltre, essere soddisfatto il requisito del raggiungimento almeno delle 104 giornate lavorative/anno di necessità di mano d’opera per la conduzione del fondo (vedi P.T.C. Provincia di Genova). Le superfici massime ammissibili per la residenza, i locali accessori, i locali di produzione e trasformazione del prodotto sono funzione delle giornate lavorative necessarie per la conduzione del fondo, come si denota dalla tabella seguente:

giornate/anno	locali accessori, uffici (mq)	locali produzione, deposito (mq)	locali trasformazione (mq)	Residenza (mq)
104/199	60	140	100	0
200/399	60	200	150	80 + 20 per ogni componente il nucleo familiare oltre il primo

III Parte

“Sviluppo di un prototipo per l’individuazione della vocazione agricola”

400/599	80	250	180	2 x (80 + 20 per ogni componente il nucleo familiare oltre il primo)
600/799	100	200	300	3 x (80 + 20 per ogni componente il nucleo familiare oltre il primo)

Le superfici minime per il raggiungimento di almeno 104 giornate lavorative di fabbisogno annuo per le diverse tipologie culturali sono indicate dal P.T.C. Provinciale.

Per i sopraindicati manufatti vengono forniti parametri tipologici e dimensionali a carattere indicativo.

Nei territori di presidio ambientale, ossia quelle aree che presentano fenomeni di abbandono e scarse possibilità di riutilizzo ai fini produttivi, avranno come limite un indice fondiario pari allo 0,03 mc/mq, un indice di fabbricabilità dello 0,12 mc/mq ed il rilascio della concessione sarà subordinato all’impegno del richiedente, con un atto unilaterale d’obbligo, a mantenere l’intero terreno oggetto di asservimento. Qualora una azienda agricola in territorio di presidio ambientale raggiungesse i requisiti degli ambiti di produzione agricola può richiedere la variante urbanistica e godere dei medesimi diritti delle aziende ricadenti nei suddetti ambiti. Al fine di favorire il presidio, anche con l’attività agricola part -time, è anche ammessa la costruzione di minuscoli fabbricati di pertinenza alle colture, non abitabili di sup. massima 25 mq. ed altezza massima 2,4 m.

Nei territori non insediabili sono consentiti interventi di manutenzione e ripristino di manufatti esistenti.

Le attività agrituristiche sono ammesse in tutti e tre gli ambiti e sono regolate dalla L.R. 33/96. Per l’impianto di nuove colture o serre, per il recupero delle fasce e per la regimazione delle acque, vengono privilegiate le tecniche di ingegneria naturalistica.

Questa normativa ha recepito lo spirito della Legge Urbanistica Regionale e presenta caratteristiche innovative. Infatti, non vincola il territorio di presidio, congelandolo ma, qualora abbia sufficienti caratteristiche produttive, ne favorisce lo sviluppo cambiandone automaticamente destinazione e “premiando” l’imprenditore con concessioni ad edificare. Favorisce, inoltre, l’attività part - time, in costante crescita, dando l’opportunità di costruire agli operatori fabbricati di servizio in regola e con caratteristiche tipologiche definite (spesso, oggi, i depositi attrezzi sono illegali ed edificati con materiale di fortuna fuori tipologia come la lamiera).

4. CREAZIONE DELLA BASE DELLA CONOSCENZA

Il problema che si deve affrontare è quello di riconoscere le aree di effettiva produzione agricola dai territori di presidio a fini agricoli e dalle zone non utilizzabili a fini agricoli così come di seguito definite:

Aree di produzione agricola:

Aree destinate o da destinare alle attività agro-silvo-pastorale intese come attività imprenditoriali finalizzate alla produzione di reddito. In queste aree le attività possono essere esercitate in modo compatibile e sostenibile con l’ambiente in funzione di una vocazionalità del territorio. (art. 35 Legge Urbanistica Regionale)

Territori di presidio a fini agricoli:

Aree attualmente o in passato utilizzate dall’uomo per attività agro-silvo-pastorali, non vocate all’esercizio di imprese agricole, zootecniche o forestali. In queste aree occorre sorvegliare e tutelare l’evoluzione dello stato dei luoghi con interventi compatibili e sostenibili con l’ambiente. (art. 36 punti a), b), d), Legge Urbanistica Regionale)

Zone non utilizzabili a fini agricoli:

Aree a prevalente connotazione naturale eventualmente compatibili con un utilizzo marginale agro-silvo-pastorale (es. alpeggi). (parte dell’art.37 della Legge Urbanistica Regionale).

Di seguito riportiamo i criteri che, proposti dalla Provincia di Genova nel proprio Piano Territoriale di Coordinamento, verranno usati per costruire il nucleo del prototipo di Sistema Esperto.

INDICAZIONI PRELIMINARI:

- utilizzo attuale a fini agricoli (area di effettiva produzione agricola o di presidio);
- utilizzo in passato a fini agricoli e/o presenza di fasce terrazzate (aree quanto meno di presidio agricolo);
- aree mai utilizzate a fini agricoli (bisogna valutarne la vocazione agricola).

INDICAZIONI SULLA VOCAZIONE AGRICOLA:

di tipo fisico:

- esposizione;
- caratteristiche pedologiche;
- accessibilità;
- profondità del terreno;
- fertilità in genere.

di tipo socio-economico:

- sociologia rurale (abitudini locali nella produzione e nel consumo di determinati prodotti);

- possibilità di coprire nicchie di mercato (produzione di generi ad alto valore come ad esempio prodotti con il marchio D.O.P. e richiesti dal mercato);
- politiche agro-silvo-pastorali. (politiche comunitarie e nazionali di valorizzazione di determinati prodotti (vedi certificazione di qualità).

INDICAZIONI CON VALORE PRESCRITTIVO:

Una volta stabilite la vocazione agricola e le tipologie culturali praticabili su una area, la verifica che essa possa essere considerata di effettiva produzione agricola avviene tramite l’applicazione dei seguenti criteri:

- unità minima di superficie (utilizzabile per un effettiva produzione agricola);
- grado di meccanizzazione (in funzione di pendenza e presenza di terrazzamenti).

Tali parametri non devono porre limiti penalizzando realtà produttive locali già esistenti e realmente significative. I Comuni devono, perciò, riconoscere tali realtà e classificare le aree su cui insistono come di “effettiva produzione agricola”, anche se in deroga ai criteri sopra enunciati.

INDICAZIONI CON VALORE DI INDIRIZZO

- Utilizzo della carta della carta di suscettività all’uso agricolo del territorio basata sui criteri prescrittivi sopracitati ed utilizzo della carta delle vocazioni agricole del territorio che verrà redatta per il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale;
- Utilizzo di una schedatura di casi campione.

Criteri per l’inserimento nelle aree di effettiva produzione agricola

INDICAZIONI PRELIMINARI	TIPOLOGIE COLTURALI	INDICAZIONI CON VALORE PRESCRITTIVO		INDICAZIONI CON VALORE DI INDIRIZZO		
		sup. minima (mq)	grado di meccanizzazione	cartografia	casi campione	
utilizzo attuale a fini agricoli utilizzo storico presenza di fasce terrazzate	COLTURE IN PIENO CAMPO - erbacee - orticole - floricole - vivai	10.000 4.000 3.000 2.000	- se su terrazzamenti: largh. fascia > 4 m. pendenza < 25% - negli altri casi: pendenza < 20%	carta delle suscettività all'uso agricolo del territorio scala 1:50.000 individua le aree di effettiva produzione agricola ed i territori di presidio ai fini agricoli		
	vocazione in funzione di: - esposizione - caratteristiche pedologiche - profondità del terreno - accessibilità - fertilità in genere	COLTURE ARBOREE - vigneto - oliveto - frutteto - castagneto	7.000 10.000 6.000 70.000			- se su terrazzamenti: largh. fascia > 4 m. pendenza < 25% - negli altri casi: pendenza < 20%
	altre indicazioni in funzione di: - sociologia rurale - possibilità di mercato - politiche agro-silvo-pastorali	COLTURE FORAGGERE - prati naturali permanenti - prati artificiali - erbai - pascoli artificiali	60.000 50.000 20.000 10.000			- se su terrazzamenti: largh. fascia > 4 m. pendenza < 25% - negli altri casi: pendenza < 20%
	PASCOCOLI NATURALI	150.000	se non su terrazzamenti e pendenza < 50%	carta delle vocazioni agricole scala 1:50.000 evidenzia le aree vocate ad un		
	COLTURE PROTETTE - serre - tunnels	2.000 3.000		utilizzo agricolo e specifica i tipi di coltura consigliabili per tali aree		
	SILVICOLTURA	100.000	se in attualità di coltura e non su terrazzamento e pendenza < 50%			
	COLTURE PROMISCUE	4.000	- se su terrazzamenti: largh. fascia > 4 m. pendenza < 25% - negli altri casi: pendenza < 20%			

Per ordinare tali indicazioni secondo percorsi logici definiti e per dedurre le regole che costituiranno la base della conoscenza del Sistema Esperto, si sono costruiti dei ragionamenti secondo schemi ad albero detti “alberi delle decisioni”. Il problema è stato scomposto in due basi della conoscenza distinte:

1. AGRISE per riconoscere le aree di produzione agricola (secondo le indicazioni prescrittive di unità minima di superficie ed il grado di meccanizzazione)
2. VOCSE che ne costituisce il principale sottoalbero per individuare un’eventuale vocazione dei terreni incolti ad ospitare un utilizzo di tipo agricolo e per stabilire la possibile gamma di colture che vi si possono effettuare. In questo secondo caso, dovendo effettuare valutazioni di tipo qualitativo, si é voluto introdurre nel sistema anche il trattamento dell'incertezza.

Le indicazioni fornite dagli esperti servono sia per valutare elementi quantitativi quali le superfici minime richieste ed i parametri per valutare il grado di meccanizzazione possibile per ciascuna coltura nelle varie zone della regione, sia per determinare il "peso" di parametri politici, economici e sociali per la valutazione della "vocazione agricola" del territorio. Per la valutazione pedologica del terreno si è fatto riferimento alla classificazione USDA utile per determinare i possibili usi del suolo.

Il sistema USDA classifica il territorio in otto categorie (dalla I alla VIII) in funzione della severità delle limitazioni a lungo termine presenti per l'agricoltura. I suoli della I classe

presentano poche limitazioni che restringono la loro utilizzazione, quelli della VIII classe presentano limitazioni che precludono il loro uso ai fini produttivi. Alcuni parametri considerati sono: profondità del terreno, altezza della falda, acidità del terreno, permeabilità,

4.1 AGRISE: SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE AGRICOLE PRODUTTIVE, DI PRESIDIO E NON INSEDIABILI

Come accennato nella parte introduttiva sui sistemi esperti, il primo passo da compiere, per costruire le regole che costituiranno la base della conoscenza, è ordinare il flusso logico del ragionamento attraverso schemi grafici che chiameremo "alberi delle decisioni".

Riportiamo nel seguito gli "alberi delle decisioni" che sono serviti al prototipo AGRISE per individuare, secondo i criteri forniti dalle citate normative, le aree agricole produttive, di presidio e non insediabili.

Per costruire l'albero delle decisioni si ipotizza di analizzare una determinata area seguendo i criteri forniti dalla normativa. Ad esempio, immaginando un ipotetico dialogo tra il pianificatore ed un suo collaboratore:

- E. Nell’area si praticano colture agricole?
- C. No.
- E. L’area storicamente è stata usata a fini agricoli?
- C. Sì.
- E. Allora l’area deve essere considerata quanto meno di presidio ai fini agricoli

Quindi si costruisce la prima regola ed il primo ramo dell’albero delle decisioni:

PRATICA=NO — PRATICA STORICA=NO  AREA=PRESIDIO

Da cui si ricava la prima regola:
antecedente:

se	PRATICA = NO	(fatto)
e	PRATICA STORICA = SI	(fatto)
conseguente:		
allora	AREA = PRESIDIO	(fatto dedotto)

In maniera analoga, proseguendo nell'osservazione e nell'analisi della norma "l'albero delle decisioni" si arricchisce di "rami" e "sotto-alberi" (ne riportiamo di seguito alcuni):

ALBERO DELLE DECISIONI PRINCIPALE

III Parte

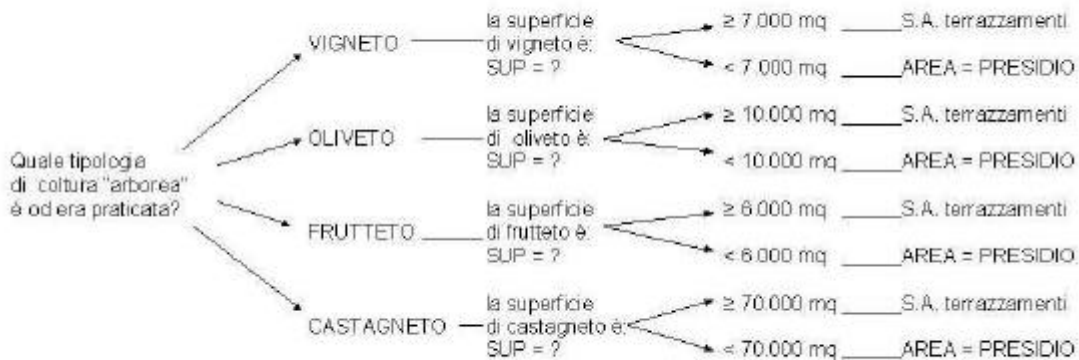
“Sviluppo di un prototipo per l’individuazione della vocazione agricola”

Base della conoscenza del Sistema Esperto “AGRISE” per il riconoscimento delle aree produzione agricola

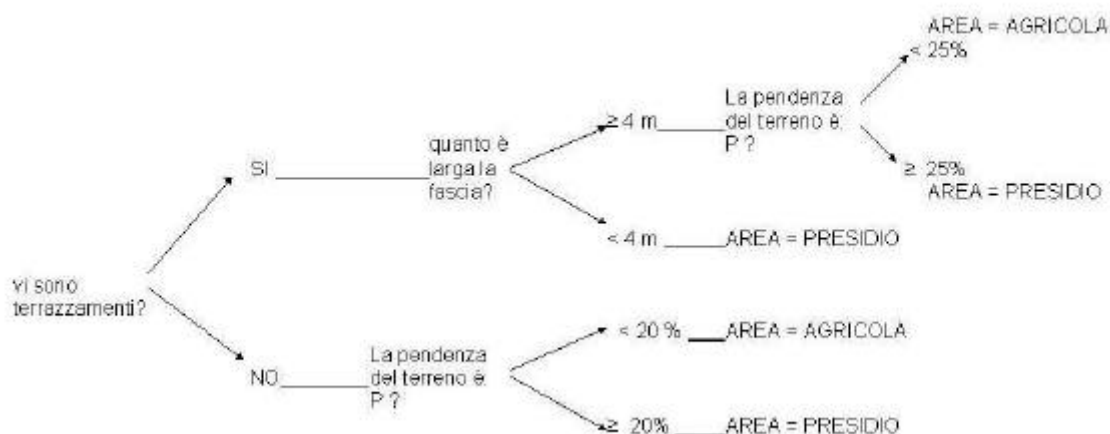


Sviluppiamo il caso in cui si praticano una coltura arborea:

SOTTO-ALBERO "colture arboree"



e vi siano terrazzamenti:

SOTTO-ALBERO "terrazzamenti"

Ripercorrendo il ragionamento si possono quindi costruire le regole di produzione da inserire nel programma e di cui si riporta uno stralcio:

22

se COLTURA = ARBOREA
e TIPOLOGIA COLTURA = VIGNETO
e FUNCTION CONFRONTA (SUPVIGN,'<','7000')
allora AREA = PRESIDIO

.

23

se COLTURA = ARBOREA
e TIPOLOGIA COLTURA = VIGNETO
e FUNCTION CONFRONTA (SUPVIGN,'>=','7000')
allora ANALISI TERRAZZAMENTI

.

24

se COLTURA = ARBOREA
e TIPOLOGIA COLTURA = OLIVETO
e FUNCTION CONFRONTA (SUPOLIV,'<','10000')
allora AREA = PRESIDIO

.

Durante la consultazione, posta la domanda iniziale, all'interno del programma le regole si attiveranno ogni qual volta è vero l'antecedente ossia quando sono asseriti i fatti che costituiscono la prima parte della regola.

4.1.1 L'ambiente di sviluppo: CLIPS (C Language Integrated Production Sistem)

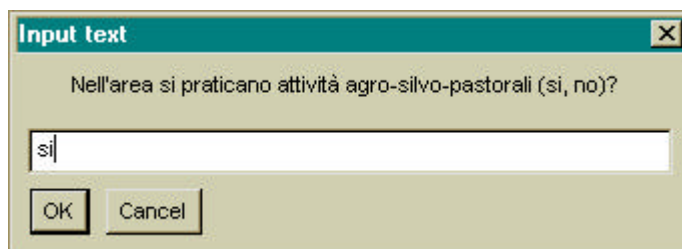
Per lo sviluppo di AGRISE è stato adottato CLIPS, un guscio di sistema esperto di tipo tradizionale compilato con il linguaggio di programmazione C.

CLIPS (C Language Integrated Production Sistem) è stato ideato al Johnson Space Center della NASA nel 1984 con lo scopo di creare uno shell adatto a potenziare

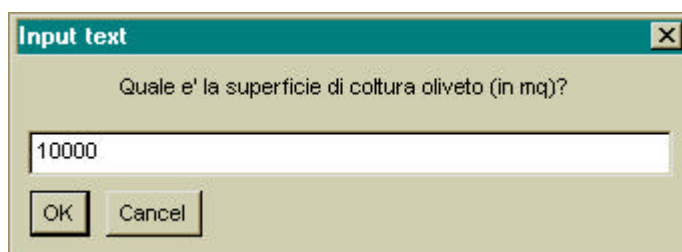
l'intelligenza artificiale e i sistemi esperti. E' compilato con un linguaggio di programmazione convenzionale come il C per eliminare i problemi derivati dalla compilazione con i tradizionali linguaggi dell'IA (es.LISP), che risultavano scarsamente compatibili con altre applicazioni. Il meccanismo inferenziale impiegato è del tipo "forward chainig" e l'interfaccia con l'utente è compatibile con l'ambiente Windows di cui utilizza le classiche finestre di dialogo. Nel corso degli anni, è stato prodotto in varie versioni, tra cui la più evoluta è il wxCLIPS, utilizzato per la costruzione del prototipo per la valutazione paesistica dei progetti esposto nel seguito ed alla quale si rimanda.

4.1.2 Descrizione ed uso del programma

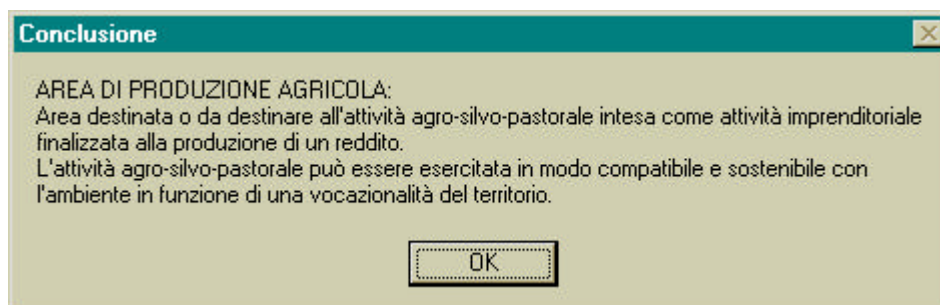
Il programma propone all'utente le domande su una semplice finestra di dialogo a cui l'utente risponde immettendo il testo:



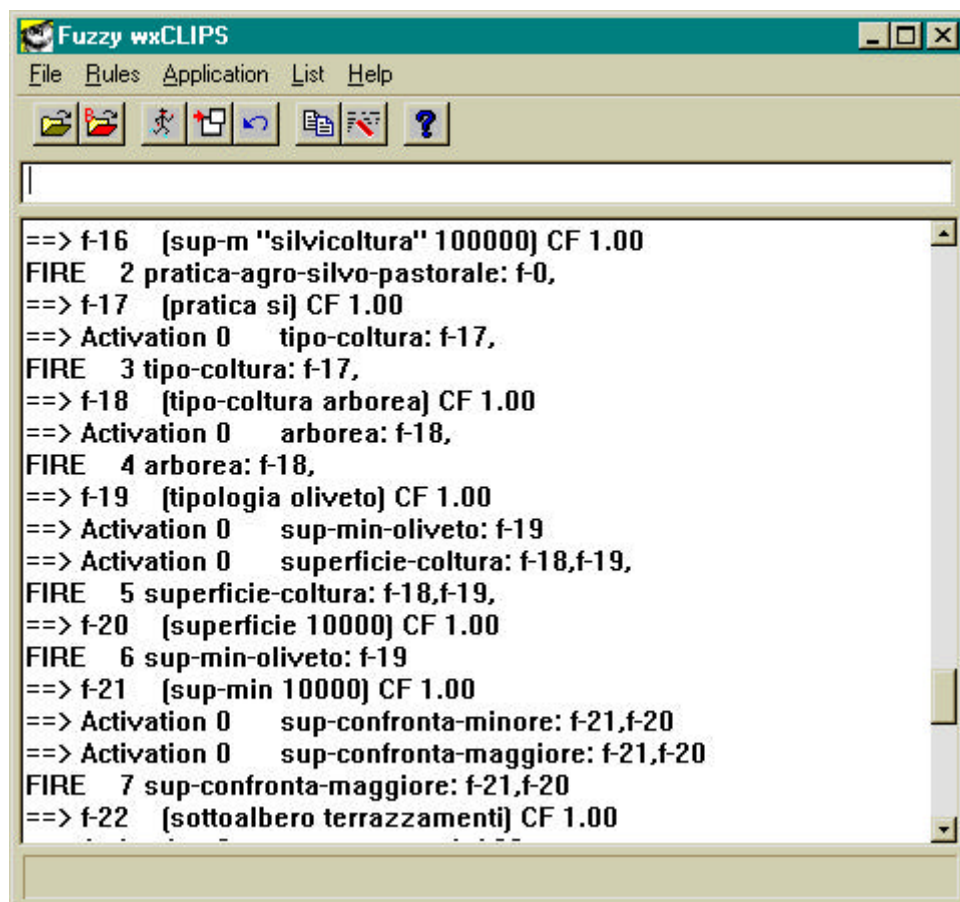
Oppure valori numerici:



Seguendo, così, il ragionamento come impostato nell'"albero delle decisioni".
Al termine della consultazione viene visualizzata la conclusione:



Visualizzando la sequenza di regole attivate durante la consultazione, si ha la possibilità di riesaminare il percorso logico seguito e di verificare la correttezza logica della conclusione



4.2 VOCSE: SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA VOCAZIONE AGRICOLA DEL TERRITORIO

La valutazione della vocazione agricola delle aree in cui l'attività agricola non è mai stata praticata o di quelle classificate come presidio agricolo in base ai precedenti criteri costituisce un problema complesso in quanto presuppone stime di grandezze difficilmente quantificabili come ad esempio, abitudini locali e politiche agro-silvo-pastorali. Per questo motivo, si è voluto introdurre nel sistema il trattamento dell'incertezza. Il metodo usato è simile a quello classico, impiegato nei sistemi esperti sin dalla loro nascita e descritto nella prima parte della trattazione (MYCIN), con qualche elemento in più di fuzzyficazione (ad esempio l'introduzione di funzioni di membership non necessariamente lineari) e di cui si farà cenno più diffusamente nella descrizione dell'ambiente di sviluppo.

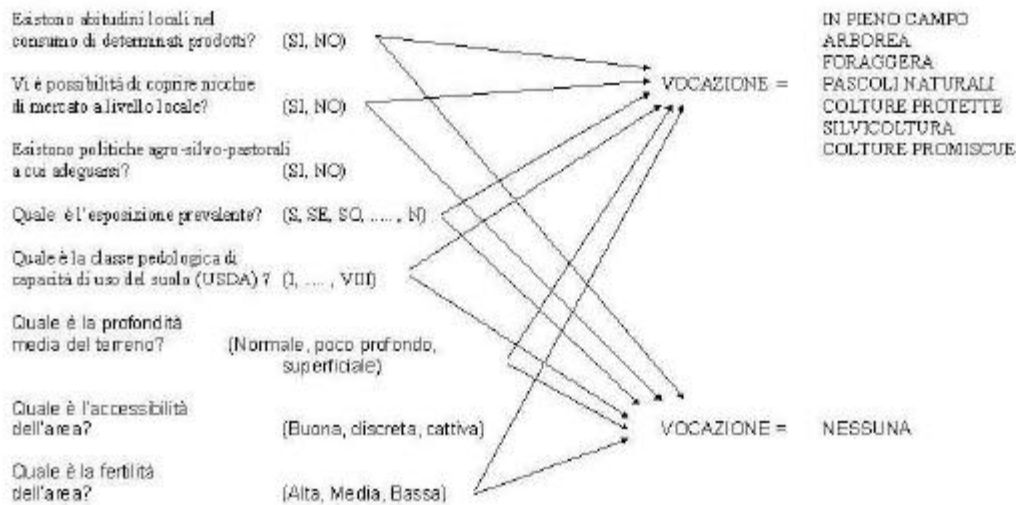
Anche in questo caso, il primo passo da compiere, per costruire le regole che costituiranno la base della conoscenza, è ordinare il ragionamento attraverso uno schema grafico che continueremo a denominare "albero delle decisioni".

ALBERO DELLE DECISIONI PRINCIPALE

Base della conoscenza del Sistema Esperto "VOCSE" per la valutazione della vocazione agricola

III Parte

“Sviluppo di un prototipo per l’individuazione della vocazione agricola”



Ripercorrendo il ragionamento, si possono costruire le regole di produzione da inserire nel programma, che in questo caso termineranno con un fattore di certezza che esprime la probabilità che quella regola sia effettivamente valida (se la regola vale nell'80% dei casi, il fattore di certezza sarà 0,80). Di seguito si riporta uno stralcio delle regole di produzione.

1
se SOCIOLOGIA = SI
e MERCATO = NO
e POLITICA = NO
allora VOCAZIONE = SI
CF 0,50
.

2
se SOCIOLOGIA = NO
e MERCATO = SI
e POLITICA = NO
allora VOCAZIONE = SI
CF 0,50
.

.....

31
se ESPOSIZIONE = SE
e PROFONDITA' = NORMALE
e ACCESSIBILITA' = DISCRETA
e FERTILITA' = NORMALE
allora VOCAZIONE = OLIVETO
CF 0,40
.

4.2.1 L'ambiente di sviluppo: FLESS (Fuzzy Logic Expert System)

Per lo sviluppo di VOCSE è stato usato FLESS, un guscio di sistema esperto ancora nella versione beta (ossia di prototipo) che permette la trattazione dell'incertezza con logica fuzzy.

FLESS (Fuzzy-logic-based Expert System Shell) è stato sviluppato dall'equipe del prof. Yee Leung dell'università di Hong Kong come sistema geografico di supporto alle decisioni. Il sistema rende disponibili un insieme di termini fuzzy e non fuzzy e la possibilità di introdurre l'incertezza nelle regole e nei fatti. Di seguiti si descrivono i principali moduli del programma e le loro funzioni.

Objects Management Module

Un *oggetto (object)* è l'entità base del sistema (es. profondità, esposizione, vocazione,

numeric: numerico, valori interi e reali;

binary: sì o no;

single-valued: un valore compreso in una lista;

multi-valued: più valori compresi in una lista;

fuzzy: oggetti i cui valori fuzzy sono definiti nel Fuzzy Type Definition Module;

variable: espressioni aritmetiche.

Ogni oggetto possiede un numero definito di caratteristiche che ne specificano le proprietà:

object name: nome dell'oggetto;

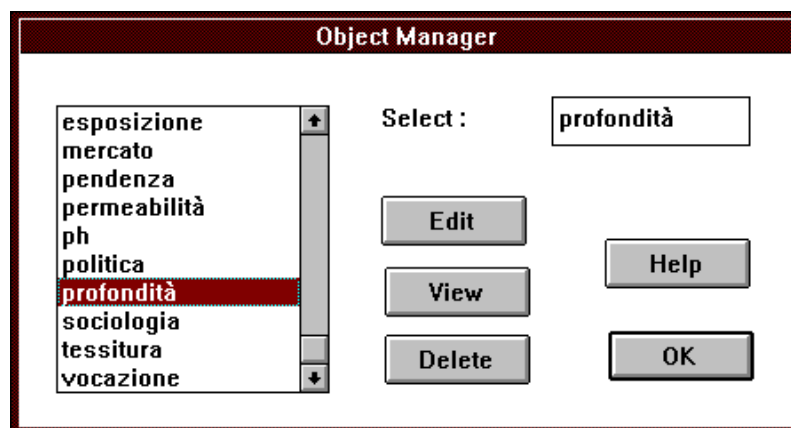
ask first: indica se l'oggetto è ottenuto da un interrogazione oppure dedotto da fatti e regole;

translation: è la descrizione dell'oggetto;

prompt: è la domanda da visualizzare per chiedere il valore dell'oggetto;

type: indica il formato dell'oggetto (numeric, ecc). Quando l'oggetto è fuzzy o numerico i limiti inferiore e superiore vengono introdotti come “expected values”

L'object manager fornisce il modo per manipolare gli oggetti ed i loro contenuti con: edit, view, delete.



Edit Object	
Name of Object :	profondità ☒ Ask first
Translation : (max. 50 chars)	profondità del suolo
Prompt : (max. 80 chars)	La profondità media del terreno è: (prof. >120
Type of Object	Expected Values :
☐ Fuzzy	profondo
☒ Single Valued	poco profondo
☐ Multiple Valued	superficiale
☐ Yes-No	affiorante
☐ Numeric	
☐ Variable	
	Cancel
	Help OK

View Object	
Name of Object :	profondità ☒ Ask first
Translation :	profondità del suolo
Prompt :	La profondità media del terreno è: (prof. >120, p.prof. 50-120, sup. 20-50 cm.)
Type : Single Value	Expected Values :
Rules used :	profondo
b005	poco profondo
b012	superficiale
b019	affiorante
Rules updated :	
	Help OK

Fuzzy Types Management Module

Attraverso il fuzzy types management module il sistema esperto permette di definire i termini fuzzy adottati:

Fuzzy type: definizione di concetti fuzzy come “permeabilità”;

Fuzzy class: definizione di termini fuzzy come “buona, scarsa, insufficiente”;

Fuzzy term: descrive i termini fuzzy “molto buona, abbastanza scarsa”.

Enter Fuzzy Class

Fuzzy Type : permeabilità

Upper level adjective :

Medium level adjective :

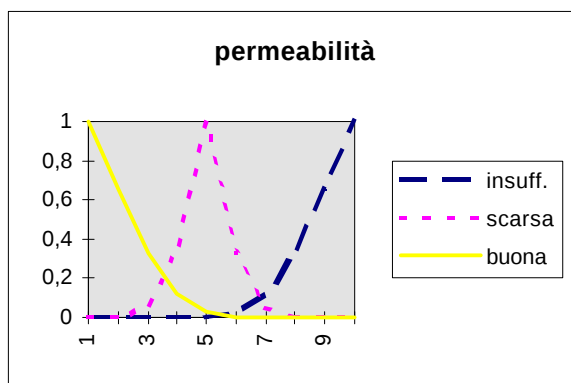
Lower level adjective :

I termini fuzzy possono essere memorizzati come vettori che descrivono il dominio fuzzy rispetto ad un ipotetico continuo dei valori della variabile.

Edit / View Fuzzy Type

Fuzzy Type : permeabilità

buona	scarsa	insufficiente
0: 0.0000	0: 0.0000	0: 1.0000
1: 0.0000	1: 0.0000	1: 0.6561
2: 0.0000	2: 0.0000	2: 0.3277
3: 0.0000	3: 0.0588	3: 0.1176
4: 0.0000	4: 0.3280	4: 0.0280
5: 0.0000	5: 1.0000	5: 0.0000
6: 0.0280	6: 0.3280	6: 0.0000
7: 0.1176	7: 0.0588	7: 0.0000
8: 0.3277	8: 0.0000	8: 0.0000
9: 0.6561	9: 0.0000	9: 0.0000
10: 1.0000	10: 0.0000	10: 0.0000



definendo in questo modo le funzioni che si ritengono più adatte a descrivere l’insieme fuzzy mediante una distribuzione probabilistica.

Facts Management Module

Vi sono due modi per il sistema per ottenere fatti. Il primo è chiedere all’utente interattivamente il valore dei fatti ed il loro fattore di incertezza durante la consultazione. Il secondo è ottenere i valori direttamente da un database o da files predefiniti.

Rules Management Module

Come già accennato, la regola definisce una relazione tra un insieme di preposizioni antecedenti ed una proposizione conseguente. Insieme ad ogni regola vi è un fattore di certezza che indica il grado di veridicità della regola stessa.

(RULE nome della regola
IF (antecedente) e/o (antecedente)
THEN (conseguente))
CERTAINTY (fattore di certezza)

The screenshot shows the 'Edit Rule' window. The 'Rule name' is 'b135'. The 'IF' clause contains 'esposizione is se-o'. The 'then' clause contains 'vocazione is silvicoltura'. The 'Certainty is' field is set to '0.10'. On the right, the 'List' section has the 'Object' radio button selected, and a list of terms: 'accessibilità', 'altitudine', 'classe', 'erosione', and 'esposizione'. Below the list are 'Numeric operators' (+, -, *, /, {, }) and 'Logical operators' (<, <=, =, >=, >, OR, AND, NOT, IS). At the bottom, there is a 'Weight and Certainty' section with 'Weight' and 'CF' buttons, and 'Help', 'Cancel', and 'OK' buttons.

Nella parte antecedente di una regola si possono inserire termini di paragone come >, <, = ecc.

Una regola si attiva se il fattore di certezza della parte antecedente è maggiore di un determinato valore di soglia, questo può essere specificato per ciascuna proposizione {CF >= 0.4}. Allo stesso modo possono essere inseriti i pesi dei singoli fatti compresi nell’antecedente [0.25].

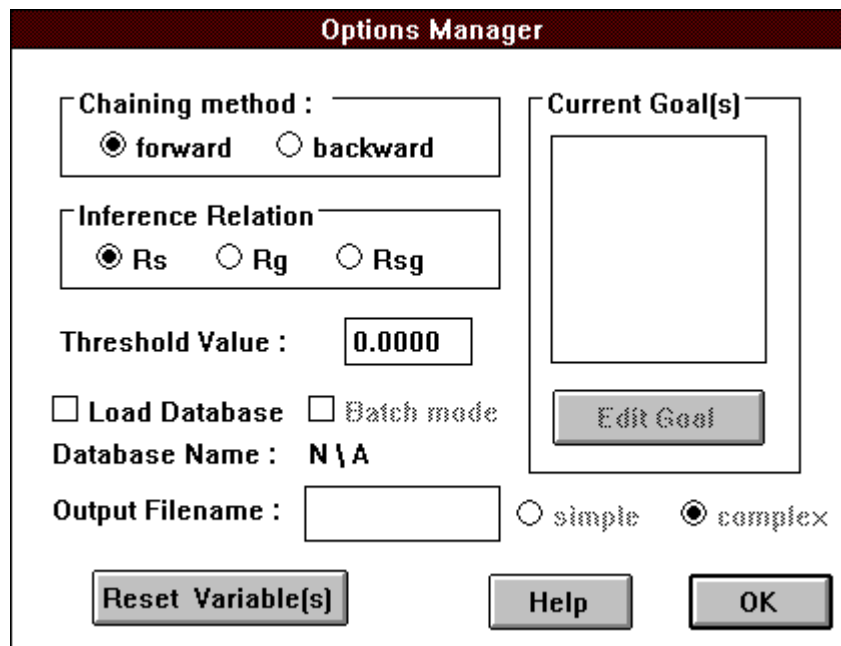
Le regole possono essere scritte anche con un semplice editore di testi.

FLESS ha anche la capacità di collegare funzioni definite dall’utente col sistema. L’utente può scrivere le proprie funzioni e compilarle come DLL (Dynamic Link Library).

Inference Option Module

Questo modulo permette all’utente di inserire o cambiare alcune proprietà del sistema:

1. gli obiettivi;
2. l'oggetto iniziale richiesto;
3. il meccanismo inferenziale (forward e backward chaining);
4. la formula inferenziale (Rs, Rg e Rsg);
5. outputs su uno schermo o su un file;
6. il valore di soglia per l'attivazione delle regole.



The image shows a dialog box titled "Options Manager" with a dark red header. It contains several configuration options:

- Chaining method :** Two radio buttons, "forward" (selected) and "backward".
- Inference Relation :** Three radio buttons, "Rs" (selected), "Rg", and "Rsg".
- Threshold Value :** A text box containing "0.0000".
- Load Database :** An unchecked checkbox.
- Batch mode :** An unchecked checkbox.
- Database Name :** A text box containing "N \ A".
- Output Filename :** An empty text box.
- Current Goal(s) :** A large empty rectangular box with an "Edit Goal" button below it.
- Output format :** Two radio buttons, "simple" and "complex" (selected).

At the bottom, there are three buttons: "Reset Variable(s)", "Help", and "OK".

4.2.2 Descrizione ed uso del programma

Il programma propone all'utente le domande attraverso finestre di dialogo in cui l'utente può selezionare risposta e fattore di certezza del fatto asserito con la risposta. A seconda che l'oggetto della domanda sia single-valued o multi-valued, l'utente avrà la possibilità di dare un'unica risposta (es. valore franosità) o più risposte (es. prodotti sul mercato). Se l'oggetto è numerico (es. pendenza media), allora avrà l'opportunità di inserire il valore utilizzando uno "slider".

Di seguito si propongono alcune schermate di consultazione.

Consultation

la suscettività all'erosione ed alla franosità è:

Option list :

- assente
- moderata**
- forte
- molto forte

Select :

moderata

Certainty :

very_close_to 0.80

Save Help Unknown Cancel OK

Consultation

Esiste la possibilità di coprire le seguenti nicchie di mercato per i prodotti:

Option list :

- nessuno
- castagne
- frutta
- olio
- vino**
- legname

Certainty :

absolutely 0.90

Select :

olio {1.0}
vino {absolutely 0.90}

vino Add-> <-Del

Save Help Unknown Cancel OK

Consultation

la pendenza media % dell'area è:

10.00

0.00 to 100.00

Certainty :

absolutely 0.97

Save Help Unknown Cancel OK

Terminata la consultazione ed inferiti i dati, il sistema fornisce le conclusioni e la spiegazione:

Conclusion

Conclusion

Conclusion [classe agronomica] of inference
It is 0.17 (moreorless certain) that the result is iv.
It is 0.311 (moreorless certain) that the result is iii.
It is absolutely 0.503 (moreorless certain) that the result is ii.
It is 0.17 (moreorless certain) that the result is i.
Conclusion [vocazione agro-silvo-pastorale] of inference

Explanation

[0] classe agronomica has value: iv
CF is 0.17 (moreorless certain)
Rule name: b000
If (!'altitudine m.s.l.m. <= 600.000000) then
classe agronomica is i
Certainty is 0.17
With these facts known:
[1] l'altitudine m.s.l.m. has value: 572.00
CF is 1 (absolutely certain)

Help **Print** **OK**

Come si nota, il sistema fornirà più soluzioni con diverso grado di certezza evidenziando la vocazione agricola del territorio (espressa come classe agronomica) e le colture più adatte.

La spiegazione, che riporta l'elenco dei fatti asseriti e delle regole attivate con i relativi fattori di certezza, può essere memorizzata in un file playback (*.plk) e richiamata quando necessario.

Attraverso il meccanismo delle dynamic link library (DLL) e dell dynamic data exchange (DDE), FLESS è in grado di comunicare con Data Base esterni, come i GIS, con una tecnologia tipo client (FLESS) e server (programma applicativo).

5. CONCLUSIONI

Nella prescrizione regionale (Legge Urbanistica Regione Liguria L.R.36/97), nei citati artt. 35, 36 e 37 riguardanti la pianificazione a livello comunale (P.U.C. Piano Urbanistico Comunale) del territorio rurale, si legge la volontà di operare un importante chiarimento rispetto a quanto viene definito "zona agricola" nei piani urbanistici comunali. Tale definizione, infatti, corrispondente all'individuazione delle zone "E" ai sensi del D.M. 1444/68, porta ad una concezione di tali aree come negatività, spazio vuoto contrapposto alle aree urbanizzate. La prassi pianificatoria, risente di questi presupposti. Chi redige i piani spesso non sa misurarsi con il territorio rurale. Occorrono nozioni di pedologia, agraria, sociologia ed economia rurale che non rientrano nell'expertise dei pianificatori, da sempre abituati a misurarsi con il territorio urbano. Obiettivo del prototipo di sistema esperto proposto, é fornire uno strumento utile per effettuare valutazioni in quest'ambito. In particolare per individuare e distinguere le aree in cui può essere convenientemente praticata l'attività agricola e che hanno una "vocazione" agricola da quelle di presidio ambientale e non insediabili.

Lo sviluppo del prototipo ha, inoltre, l'intento di applicare concetti astratti, come quelli dell'intelligenza artificiale, ad una situazione reale, ossia il territorio rurale, testando le potenzialità di questi strumenti alla soluzione di problemi multidisciplinari e valutazioni di tipo qualitativo per le quali occorre applicare conoscenze non solo scientifiche ma anche di tipo euristico. Uno strumento di questo tipo nell'ambito della pianificazione, per essere testato, ha bisogno di tempi lunghi e non é possibile in questa fase verificarne l'effettiva utilità professionale. Un risultato é comunque già il fatto che lo sviluppo del prototipo abbia stimolato la riflessione sul modo di ragionare e sul comportamento dei pianificatori mettendolo a confronto con gli assunti teorici della normativa e creando il presupposto per l'elaborazione di nuove teorie sulla pianificazione in ambito rurale. La difficoltà maggiore, nello sviluppo del sistema, é stata appunto la formalizzazione della conoscenza in schemi logici e regole ed il trattamento dell'incertezza.

L'uso di interfacce amichevoli verso l'utente e l'integrazione con database di tipo normativo e sistemi informativi territoriali (GIS) potrebbero, completando la funzionalità del sistema esperto, renderlo facilmente utilizzabile dagli operatori della pianificazione. Inoltre, il problema affrontato limitatamente alle problematiche liguri, potrebbe essere generalizzato o trasposto in altre realtà territoriali integrando o modificando la base di conoscenza costruita.

Il rischio che può derivare dall'utilizzo di un sistema come quello prospettato, é che le decisioni del programma vengano accettate in modo acritico dall'utilizzatore. Il prototipo vuole essere un "sistema di supporto alle decisioni" ma non sostituirsi al pianificatore che ha l'obbligo di valutare criticamente le conclusioni che gli fornisce il calcolatore. Questa valutazione é comunque sempre possibile in quanto i sistemi esperti hanno come prerogativa la capacità di spiegare "come" e "perché" siano stati raggiunti determinati risultati, mostrando il percorso logico del ragionamento. Avere soluzioni "pronte" può indurre ad un'inerzia dei pianificatori nello studio e nella ricerca di soluzione ai problemi che, nel tempo, può portare ad una diminuzione del livello generale di conoscenza. Inoltre la generalizzazione, non tenendo conto di realtà territoriali particolari o di progetti strategici a scala più ampia, rischia di banalizzare il problema, molto complesso, della pianificazione delle aree rurali.

In sintesi, il sistema esperto proposto si prefigge di:

- creare un sistema di supporto alle decisioni che aiuti i pianificatori ad individuare le aree vocate all’agricoltura, le aree di presidio ambientale e non insediabili nella redazione dei piani urbanistici comunali
- diffondere la cultura del territorio rurale, ed addestrare esperti pianificatori;
- formalizzare la conoscenza degli esperti attraverso regole.

Gli strumenti forniti prototipo di sistema esperto sono:

- ragionamento guidato
- trattamento dell’incertezza con logica fuzzy;

I vantaggi riscontrati con l’utilizzo di quest’approccio sono:

- logicità e chiarezza, nel ragionamento proposto durante la consultazione e giustificazione delle conclusioni;
- valutazioni di tipo euristico e qualitativo;
- trattamento dell’incertezza;
- facilità di integrazione con nuove regole;
- formalizzazione della conoscenza di esperti creando i presupposti per nuove teorie nella pianificazione delle aree rurali.

I possibili sviluppi del prototipo sono:

- integrazione con altri strumenti informatici (database e GIS) e l’utilizzo di interfacce amichevoli che possano rendere il prototipo realmente operativo;
- generalizzazione del problema per altri ambiti attraverso l’integrazione del sistema con nuove regole;

I rischi sono:

- uso acritico del programma ed abbassamento del livello della pianificazione.
- banalizzazione del problema.

IV Parte

“Sviluppo di un prototipo per la valutazione di impatto paesistico dei progetti”

1 IL CONCETTO DI PAESAGGIO

"Porzione di territorio considerata dal punto di vista prospettico o descrittivo, per lo più con senso affettivo, cui può associarsi anche un'esigenza di ordine artistico ed estetico - Il complesso di elementi caratteristici di una zona determinata". Queste definizioni (dal dizionario Devoto - Oli della lingua italiana) connotano due aspetti: artistico e geografico. In realtà, etimologicamente la parola paesaggio deriva da paese, venuto dal latino *pagus*, che designava una circoscrizione amministrativa dell'impero, ma con la rilevante differenza che il paese è un luogo mentre il paesaggio è un vissuto. Il paesaggio è, in questo senso, "la giusta misura dell'inserimento della collettività nello spazio materiale e mentale che ci circonda" (Paul Guichonnet).

Dalla legge 1497/39 si possono trarre alcune interessanti considerazioni intorno al concetto di 'paesaggio', anche se tale termine non viene indicato nel corso dell'intero articolato. L'art.1 prevede due categorie di beni da assoggettare a tutela:

- le bellezze individue *– cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica Le ville i giardini ed i parchi che si distinguono per la loro non comune bellezza;*
- le bellezze di insieme *– complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale ... bellezze panoramiche ... e punti di vista ... dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze.*

Si individuano quindi come caratteri fondamentali del concetto di paesaggio:

- il contenuto percettivistico, in quanto il paesaggio è strettamente connesso al dato *aspetto* del territorio;
- la complessità dell'insieme, in quanto non è la pregevolezza intrinseca dei singoli componenti ad essere considerata, come per le bellezze individue, ma la loro composizione, il loro configurarsi che conferisce a quanto percepito una forma che caratterizza i paesaggi;
- il valore del bene estetico culturale, poichè alla forma così individuata è attribuita la capacità di rievocare valori estetici e tradizionali rappresentativi dell'identità culturale di

Il fenomeno paesaggio si verifica in funzione della relazione che intercorre tra il territorio ed il soggetto (individuo o comunità) che lo percepisce e ne valuta le qualità ricevendone la sensazione di benessere o malessere psichico dalla quale dipende la qualità della vita. Infatti, non vi è paesaggio senza soggetto che lo percepisca attraverso i sensi e che organizzi i segni presenti in un determinato territorio. Secondo tale concezione l'individuo e la società ne hanno sempre diritto come sfondo alla propria vita ed alle proprie attività. Il paesaggio, riguarda sia luoghi naturali intatti, che luoghi antropizzati in cui un insieme di elementi si integrano secondo rapporti spaziali, economici, e storico - culturali. E', pertanto, necessario ricercare un grado di compatibilità fra i caratteri ed i valori del territorio e le necessità del suo sviluppo.

La tutela del paesaggio si attua attraverso la tutela del bene paesistico e la qualificazione del suo contesto considerato quale spazio necessario alla sua identificabilità e leggibilità. Infatti, garantisce una trama relazionale di vario ordine (biosistemico, storico, estetico e sociale) e costituisce la struttura portante del contesto stesso.

La tutela e qualificazione dovranno esprimersi in forme diverse in rapporto ai caratteri della trasformazione proposta ed in relazione al grado di sensibilità del luogo. Tale principio è alla base del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico adottato dalla Regione Lombardia.

2 CONSIDERAZIONI SUL PAESAGGIO LOMBARDO

Milano, trovandosi nella posizione geografica di saldatura tra tra montagna e pianura al centro di importanti vie di comunicazioni fluviali e pedemontane, é storicamente il centro propulsore della regionalizzazione lombarda. La varietà delle situazioni geografiche, per cui si passa dalla fascia alpina a quella prealpina, dall’alta pianura alla bassa pianura e poi all’Oltrepò Pavese, a fatto sì che nascesse quel tessuto di relazioni sul quale si è organizzata la vita produttiva, commerciale e culturale. Con l’industrializzazione, a partire dal secolo scorso, Milano ha assunto funzioni sovregionali ed ha continuato a crescere sino a trasformarsi in metropoli, fuoco di una città - regione che gareggia per dimensioni e forza economica con i grandi complessi conurbati d’Europa. Oggi, intorno a Milano e lungo le arterie che vi si irradiano, gli sviluppi urbani sono scadenti e disordinati; anonimia e atopia dominano sovrane e, per quanto riguarda il paesaggio, è venuta meno quell’adesione al tessuto ereditario che è alla base della fruizione del paesaggio, intesa come lettura del nostro vivere, abitare ed affezionarci alle cose quotidiane.

In questo quadro di nuova regionalizzazione, la Lombardia va forse ripensata. Riflettendo sulle diversità dei suoi ambiti che sono spazi preziosi indispensabili per costruire una megalopoli del futuro, intesa come città che integri in modo nuovo spazi agrari e spazi montani. Tali spazi sono tanto più preziosi quanto diversi ed agganciati alle vecchie e non ancora sommerse geografie. Per questo motivo vanno valorizzati per quello che sono e non per creare ulteriori territori di occupazione della città diffusa, dell’urbanizzazione continua e

3 ORIENTAMENTI NORMATIVI

L’attenzione al paesaggio come forma culturale ed “estetica” del territorio ha, all’inizio del nostro secolo, innescato accesi dibattiti nel Parlamento Italiano, confluiti nella Legge 1497 del 1939 che definisce il paesaggio come rapporto tra soggetti e la forma del territorio. Gli obiettivi di tutela che indica l’articolo 1 sono di respiro abbastanza ampio e riguardano:

1. le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o singolarità geologica;
2. i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale;
3. le bellezze panoramiche ed i punti di vista dai quali si goda lo spettacolo estetico.

Dunque, il panorama, inteso nella sua globalità, non solo come serie di oggetti, ma come veduta di insieme, è costituito sia da oggetti naturali che da quelli che hanno valore estetico e tradizionale come l’edificato e le trasformazioni antropiche. Nel 1985, con la legge 431, l’on. Galasso obbliga le regioni, che da decenni erano subentrate a pieno regime nella gestione del territorio, a redigere in tempi brevi un piano paesistico esteso all’intero territorio regionale, pena la supplenza dello Stato in questa funzione. Nel frattempo, nell’attesa dell’operatività dei piani regionali, vincolava intere categorie di aree come coste, sponde di laghi e fiumi, zone umide il sistema alpino oltre i 1600 m.slm. e gli Appennini sopra i 1200 m.slm ecc.

Molte regioni si sono impegnate a creare un piano paesistico regionale mentre in Lombardia, dopo il 1989, sono stati redatti solo Piani Paesistici a livello provinciale. Solo adesso la Regione Lombardia affronta a livello globale la questione con il piano regionale.

Nel frattempo la Regione ha anche approvato una legge che subdelega ai Comuni (L.R. 18/1997) le competenze di tutela dei beni ambientali e paesistici in assenza di piani provinciali e regionali. I Comuni possono quindi autorizzare trasformazioni che riguardano aree vincolate ai sensi della legge 431/85 e della legge 1497/39. Unitamente alla legge sono stati approvati alcuni criteri che costituiranno un quadro di riferimento per le commissioni edilizie, adesso integrate da due esperti ambientali. I "criteri" che specificano le modalità di valutazione dei progetti, costringono le Amministrazioni e gli esperti ad individuare dei paesaggi considerando una dimensione culturale e storica, ed identificando ambiti diversamente strutturati e sovrapposti. E, infatti, l'intero sistema di paesaggio che deve essere conosciuto e per far ciò bisogna innanzi tutto agire a livello locale e coinvolgere la comunità insediata che è la prima ad avere consapevolezza storica e cura del proprio territorio.

Principali normative in ambito paesistico		
Norma	Contenuti	Competenze
L.1497/39	Istituisce il vincolo paesaggistico	Statale
L.431/85	Estende il vincolo paesaggistico ad ambiti estesi ed impone l'obbligo di stesura dei piani paesistici regionali	Regionale
L.R. 18/97	Subdelega ai Comuni per la tutela dei beni ambientali e paesistici	Comunale

4 PREMESSA: IL P.T.C.P. DELLA REGIONE LOMBARDIA

Il P.T.C.P. previsto dalla legge 8 agosto 1985, n.431, avrebbe dovuto essere approvato entro il 31 dicembre 1986 ed è stato adottato dalla Giunta regionale nella seduta del 25.7.1998 (n. 6/30195). Attualmente è offerto all'esame e alla consultazione degli Enti locali, delle forze sociali, delle categorie produttive, dei gruppi ambientalisti, degli Ordini professionali, delle realtà culturali, della società civile lombarda, di tutti i cittadini e delle associazioni portatrici di interessi diffusi. Terminata la fase di consultazione e partecipazione, durante la quale potranno essere presentate proposte ed osservazioni formali, esso sarà sottoposto all'esame conclusivo della competente Commissione consiliare e successivamente alla determinazioni finali del Consiglio regionale. Il Piano Paesistico non rappresenta un'esercitazione culturale fine a se stesse, ma un atto fondamentale di indirizzo per lo sviluppo del territorio regionale. Infatti, delinea le azioni e le misure più significative per la tutela e la valorizzazione del paesaggio lombardo, patrimonio della nostra società.

"Non vuole però essere un atto unilaterale e coercitivo secondo canoni obsoleti di pianificazione territoriale, che nella loro impostazione velleitariamente dirigistica e centralistica hanno trovato le ragioni dei loro fallimenti. Ma un piano condiviso da tutti, fondato su linee-guida e indirizzi per ulteriori modificazioni del territorio: un riferimento qualificato di azioni e interventi, per salvaguardare i caratteri e i valori essenziali del paesaggio della Regione Lombardia" (L'Assessore all'Urbanistica Avv. Giuliano Sala). In particolare, avvalendosi di criteri innovativi, introduce una procedura per il controllo paesistico dei progetti che opera su base spaziale diversa da quella della 1497/1939 (sulle pratiche edilizie ricadenti in ambiti vincolati), in quanto si estende all'intero territorio e non alle sole zone vincolate. Tutti i progetti soggetti a concessione edilizia dovranno, pertanto, contenere anche una relazione sull'impatto paesistico. Non sono soggetti al controllo paesistico gli interventi non soggetti a concessione edilizia, ossia quelli di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, di ristrutturazione edilizia e ampliamento di edifici esistenti

Il criterio guida della normativa è considerare l'impatto come la combinazione fra progetto e contesto. Ciò equivale a dire che l'impatto paesistico di un intervento non dipende solo dalle caratteristiche del sito nel quale si colloca e dalle caratteristiche dell'intervento stesso (ad esempio, la dimensione), ma dall'interazione tra le caratteristiche

Se attribuiamo al sito una maggiore o minore sensibilità, intesa come capacità di essere "turbato" dalle trasformazioni, e al progetto una maggiore o minore incidenza, intesa come capacità di portare "turbamento", potremo concettualmente valutare l'impatto come il

$$\text{impatto} = \text{sensibilità} \times \text{incidenza}$$

Pertanto, occorre determinare, con opportuni criteri, da un lato la sensibilità dei luoghi, dall'altro l'incidenza dei progetti e stabilire una soglia d'impatto che divide gli interventi che, in quel luogo, sono ininfluenti sul paesaggio da quelli che lo sono.

Scopo della normativa è creare alcune regole che impediscano che una valutazione discrezionale come quella di impatto paesistico possa trasformarsi in arbitrio.

4.1. La sensibilità del sito

In termini paesistici, si definisce sito interessato da un progetto l’insieme costituito dal sedime sul quale insistono materialmente le opere progettate e dal contesto che interagisce percettivamente con il sedime stesso.

La sensibilità dei siti viene determinata sulla base di quattro “modi di valutazione”: vedutistico, sistemico, dinamico e locale. Ognuno di essi ammette a sua volta due o tre chiavi di lettura: ad esempio, nel modo vedutistico (o panoramico) si distingue se un sito è o si trova nell’intorno di un punto di vista panoramico, o di un percorso panoramico o se è parte di una veduta panoramica. Ovviamente, è possibile che si verifichino simultaneamente le tre condizioni, oppure due o una o nessuna. Nel primo caso, si tratterà di stabilire quale dei tre aspetti sia determinante per definire la sensibilità del sito. Nell’ultimo caso, in assenza di condizionamenti sotto il profilo della panoramicità, si assegnerà al sito la sensibilità minima, corrispondente al valore 1, che equivale a nessun condizionamento. Sotto il profilo panoramico o vedutistico, la sensibilità del sito è misurata da due parametri: da un lato l’importanza del luogo (punto di vista o veduta che sia), la sua notorietà, rarità ecc.; dall’altro la sua integrità prima dell’intervento in questione.

Il modo sistemico esamina il sito come componente o elemento di un sistema potenzialmente menomato dalla modificazione di una sua parte. Potrebbe appartenere a un sistema ecologico (un parco, un corridoio ecologico, un habitat trofico di una specie protetta), oppure a un sistema urbanistico (un centro storico, un quartiere realizzato secondo un disegno organico), o ancora a un sistema di relazioni (un ambito aeroportuale, una "porta" di città). Sotto il profilo sistemico, i parametri che definiscono la sensibilità sono ancora due: da un lato il ruolo del sito nel sistema (ruolo più o meno centrale, più o meno importante), dall’altro l’importanza del sistema stesso e la sua qualità.

Il modo di valutazione dinamico riguarda i rapporti del sito con la viabilità (di ogni genere), distinta, ai fini paesistici, in due categorie rilevanti: la viabilità di grande traffico, sulla quale si forma l’immagine della Lombardia per milioni di persone, e quella di interesse specificamente paesistico, oggetto di fruizione specializzata. La sensibilità è misurata da un lato dalle caratteristiche della strada in termini di importanza e integrità, dall’altro dalla maggiore o minore prossimità, e quindi interferenza visiva, del sito.

Infine, il modo di valutazione locale analizza le caratteristiche del sito in quanto tale e la presenza di "beni" che sono oggetto di tutela: manufatti (architettonici, archeologici ecc.), aspetti naturali e ambientali (morfologia, flora e quant’altro) e valori che attengono all’immagine del luogo e alla sua coerenza (un ambiente particolarmente suggestivo o interessante). Anche in questo caso, la sensibilità si misura sul binomio importanza/integrità.

MODULO DI VALUTAZIONE	CHIAVI DI LETTURA	FATTORI	CRITICO	CLASSE DI SENSIBILITÀ			
				1	2	3	4
VEDUTISTICO Il sito partecipa a rapporti di co-visibilità ad ampio raggio	Il sito interferisce con un punto di vista panoramico	Importanza: rarità/unicità/notorietà Integrità: naturalità/tradizione		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e integrità: modesta	Combinazione di importanza e integrità: notevole	Punto di vista importante di grande suggestione e frequentazione
	Il sito interferisce con un percorso panoramico	Importanza: rarità/notorietà lunghezza tratto Integrità: naturalità/tradizione		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e integrità: modesta	Combinazione di importanza e integrità: notevole	Percorso panoramico importante di grande suggestione e frequentazione
	Il sito è incluso in una veduta panoramica	Importanza: rarità/unicità/notorietà Integrità: naturalità/tradizione		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e integrità: modesta	Combinazione di importanza e integrità: notevole	Posizione strategica in scenario eccezionale
SISTEMICO Il valore del sito dipende (anche) dalla sua partecipazione a un sistema o rete	Sistema di interesse naturalistico ambientale: parco, corridoio ecologico, habitat ecc.	Ruolo del sito nel sistema o rete Importanza del sistema		La condizione non sussiste	Combinazione di ruolo e importanza: modesta	Combinazione di ruolo e importanza: notevole	Ruolo decisivo in sistema di eccezionale importanza
	Sistema di interesse storico, urbanistico: centro storico, tipologia, centuriazione, ecc.	Ruolo del sito nel sistema o rete Importanza del sistema		La condizione non sussiste	Combinazione di ruolo e importanza: modesta	Combinazione di ruolo e importanza: notevole	Ruolo decisivo in sistema di eccezionale importanza
	Sistema di relazione: percorso, punto di accesso (stazione, aeroporto, casello)	Ruolo del sito nel sistema o rete Importanza del sistema		La condizione non sussiste	Combinazione di ruolo e importanza: modesta	Combinazione di ruolo e importanza: notevole	Ruolo decisivo in sistema di eccezionale importanza
DINAMICO Rapporti tra sito e viabilità	Viabilità di grande traffico: strade, ferrovie	Livello di importanza del tratto Prossimità, evidenza del sito		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e evidenza: modesta	Combinazione di importanza e evidenza: notevole	Sito molto evidente su itinerario di grande importanza
	Viabilità di fruizione paesistica: viabilità idonea a cicloturismo, trekking, turismo culturale e ambientale	Livello di integrità, suggestione del tratto Prossimità, interferenza del sito		La condizione non sussiste	Combinazione di integrità e interferenza: modesta	Combinazione di integrità e interferenza: notevole	Sito prossimo a tratto molto suggestivo di strada nel verde
LOCALE Valori e beni presenti nel sito stesso	Valori e beni storico-architettonici, archeologici ecc.	Importanza del bene o beni Integrità/godibilità del contesto		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e integrità: modesta	Combinazione di importanza e integrità: notevole	Benefi di eccezionale rilevanza in contesto molto integro o godibile
	Valori e beni naturalistici e ambientali	Importanza del bene o beni Integrità/godibilità del contesto		La condizione non sussiste	Combinazione di importanza e integrità: modesta	Combinazione di importanza e integrità: notevole	Benefi di eccezionale rilevanza in contesto molto integro o godibile
	Coerenza sotto il profilo linguistico, valori di immagine	Livello di coerenza del contesto Carattere, tipicità, riproducibilità.		La condizione non sussiste	Combinazione di coerenza e importanza: modesta	Combinazione di coerenza e importanza: notevole	Contesto di eccezionale coerenza e alto valore d'immagine non riproducibile

Il sito viene valutato, assegnando un valore di sensibilità per ciascuna delle dieci "chiavi di lettura". Il grado complessivo di sensibilità, ai fini della prosecuzione del procedimento, coinciderà con il valore più alto tra quelli assegnati. L'intera gamma dei giudizi sarà utilizzata nella fase successiva, quando si tratterà di giudicare l'accettabilità del progetto. Tale procedura presuppone una conoscenza analitica dei fattori che concorrono a formare il giudizio. In tal modo, da un lato vi sarà una spinta a utilizzare tutti i materiali conoscitivi già prodotti, dall'altro vi sarà lo stimolo a condurre nuove indagini e a produrre nuove conoscenze.

4.2. L’incidenza del progetto

La valutazione dell’incidenza del progetto segue un percorso analogo, ma con l’utilizzazione di criteri diversi.

I primi due valgono per tutti i progetti e riguardano:

- la posizione rispetto all’edificazione esistente (si considera minima l’incidenza di un progetto che si colloca entro il tessuto edificato, massima quella di un progetto isolato nello spazio aperto);
- il contributo delle attività che occuperanno l’edificio, al disagio ambientale dell’intorno, in termini di traffico, rumore, emissioni.

In seguito, a seconda che si tratti di un intervento a sé stante o entro un tessuto urbano organizzato o ancora che si colloca in un contesto di edilizia aperta, si usano parametri di lettura diversi.

Nel caso di edificio isolato si tiene conto delle dimensioni assolute (in pianta e in elevazione), del rapporto con il terreno, del rapporto con i "tracciati guida" presenti sul suolo (strade, canali, margini), del trattamento degli spazi circostanti e del linguaggio architettonico (colore, materiali, disegno).

Nel caso di un edificio che debba sorgere entro un tessuto urbano organizzato, si valutano i rapporti con il contesto. Ad esempio, si stima l’altezza relativa e non quella assoluta, si valuta la riferibilità a modelli edilizi già presenti nel contesto, si considera l’affinità geometrica ed architettonica con gli edifici vicini. Qualora il contesto presenti caratteri fortemente eterogenei, si registrerà la non applicabilità del criterio, che sarà omissis.

Analogamente si procede per l’edificio in un contesto di edilizia aperta.

Rispetto a tutti questi criteri si assegna un punteggio quantitativo.

Per l’edificio, l’incidenza non è data dal valore più elevato, ma da un giudizio di sintesi che tiene conto della media dei valori e dell’importanza, in ciascun caso, dei diversi fattori considerati. In sostanza, è funzione inversa della facilità con la quale esso può essere integrato al contesto. Si deve notare che questo sistema obbliga i progettisti a dichiarare in anticipo scelte linguistiche spesso non indicate nel progetto "da concessione" come, ad esempio, il colore dei prospetti.

IV Parte

“Sviluppo di un prototipo per l’individuazione di impatto paesistico dei progetti”

==> I valori e i termini sono indicativi. ==> Nella colonna della criticità vengono segnalati i parametri che si considerano più significativi e incidenti sul giudizio nel caso specifico.											
==> La media dei valori è ottenuta come media aritmetica semplice dei punteggi relativi ai fattori applicabili. ==> Il giudizio di sintesi può non coincidere con la media aritmetica, in quanto viene conto dei fattori critici e di eventuali ulteriori considerazioni pertinenti al caso particolare (da specificare a parte).											
SITUAZIONE	CRITERI GUIDA PER VALUTARE L'INCIDENZA	PARAMETRI	FATTORI	CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ	APPLICABILE S/NO	CRITICO S/NO	INCIDENZA 1 MINIMA	INCIDENZA 2	INCIDENZA 3	INCIDENZA 4 MASSIMA	
A) TUTTI GLI INTERVENTI	CRESCENTE CON L'ISOLAMENTO	SITUAZIONE URBANISTICA	posizione rispetto all'abitato				interno all'abitato	marginale	separato	isolato	
	CRESCENTE CON GLI SCAMBI	INDOTTO AMBIENTALE	generazione di traffico				contributo trascurabile al traffico			forte aumento del traffico	
			rumore				idem rumore di fondo			idem rumore	
			emissione in atmosfera				idem emissioni			idem emissioni	
N.b.: La parte sottostante della tabella deve essere compilata solo nella sezione relativa alla situazione specifica (edificio/complesso a se stante, in tessuto strutturato, in edificazione aperta)											
B1) EDIFICIO/COMPLESSO A SE STANTE	TRATTAMENTO GENERALE	MODO DI AGGREGAZIONE	riconoscibilità rispetto a modelli presenti nell'ambito	insediamento costituito da più edifici			elevata riconoscibilità			nessuna riconoscibilità	
		TIPOLOGIE EDILIZIE	riconoscibilità rispetto a modelli presenti nell'ambito				elevata riconoscibilità			nessuna riconoscibilità	
	DIMENSIONE ASSOLUTA	ALTIMETRIA	altezza alla gronda				~ 5	~ 10	~ 20	> 20	
			emergenze				10 m	< 15 m	< 30 m	> 30 m	
		PLANIMETRIA	sup. coperta				10' mq	10' mq	10' mq	10' mq	
			sup. trasformata				10' mq	10' mq	10' mq	10' mq	
	CONTRASTO CON L'INTORNO	ORIENTAMENTO	rispetto ai tracciati guida	presenza di tracciati guida evidenti			parallelo			molto divergente	
		GIACITURA	rispetto al terreno	non pianeggiante			aderente			molto sfalsato	
		SPAZI ESTERNI	trattamento				vegetato			pavimentato nudo	
			colore				sommosso			squillante	
		LINGUAGGIO	trattamento superfici				opaco			rillettente	
			design				mimelico/austero			stravagante/provocatorio	
B2) EDIFICIO/COMPLESSO IN AMBITO COSTRUITO, TESSUTO URBANO STRUTTURATO	CONTRASTO CON IL CONTESTO	MODO DI AGGREGAZIONE O INSERIMENTO	compatibilità con il tessuto esistente				continuità con il tessuto esistente			estraneità al tessuto esistente	
		TIPOLOGIE EDILIZIE	riafferibilità a modelli presenti nel contesto				omogeneità tipologica con l'intorno			estraneità tipologica all'intorno	
		ALTIMETRIA	altezza alla gronda	altezze generalmente omogenee			allineato, in media	ribassato	emergente	svettante	
			emergenze				nessuna			svettante	
		PLANIMETRIA	allineamento rispetto ai tracciati guida	presenza di tracciati guida evidenti			allineato con i tracciati guida			molto avanzato o arretrato	
			orientamento rispetto ai tracciati guida				parallelo			molto angolato	
		GIACITURA	rispetto al terreno	non pianeggiante			aderente			molto sfalsato	
			tipo e inclinazione	contesto che presenta caratteri linguistici coerenti e ben definiti			omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			materiali e colore				omogeneo al contesto			in contrasto con il contesto	
		TRATTAMENTO ARCHITETTONICO	trattamento dei volumi				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			prospetti: rapporto pieni/vuoti, moduli				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			materiali				ricorrenti nel contesto			senza rapporto con il contesto	
			colori				ricorrenti nel contesto			senza rapporto con il contesto	
		SPAZI ESTERNI ADIACENTI A SPAZI PUBBLICI	forma e disposizione				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			trattamento delle superfici				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			recinzioni				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
B3) EDIFICIO/COMPLESSO IN AMBITO COSTRUITO, EDIFICAZIONE APERTA	CONTRASTO CON IL CONTESTO	MODO DI AGGREGAZIONE O INSERIMENTO	compatibilità con il tessuto esistente	riconoscibilità di un modello aggregativo nella urbanizzazione preesistente			continuità e coerenza con l'intorno			estraneità all'intorno	
		TIPOLOGIE EDILIZIE	riafferibilità a modelli presenti nel contesto	caratterizzazione tipologica del contesto			affinità tipologica con l'intorno			estraneità tipologica all'intorno	
		ALTIMETRIA	altezza alla gronda	altezze generalmente omogenee			nella media			svettante	
			emergenze				nessuna			svettante	
		PLANIMETRIA	allineamento rispetto ai tracciati guida	presenza di tracciati guida evidenti			allineato con i tracciati guida			molto avanzato o arretrato	
			orientamento rispetto ai tracciati guida	presenza di direzioni prevalenti			coerente con le direzioni prevalenti			molto divergente dalle direzioni prevalenti	
		GIACITURA	rispetto al terreno	non pianeggiante			aderente			molto sfalsato	
		COPERTURE	tipo e inclinazione	contesto che presenta caratteri coerenti e ben definiti			omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			materiali e colore				omogeneo al contesto			in contrasto con il contesto	
		TRATTAMENTO ARCHITETTONICO	trattamento dei volumi				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			prospetti: rapporto pieni/vuoti, moduli				omogeneo al contesto			senza rapporto con il contesto	
			materiali				ricorrenti nel contesto			senza rapporto con il contesto	
			colori				ricorrenti nel contesto			senza rapporto con il contesto	
			design				mimelico/austero			stravagante/provocatorio	
GIUDIZIO COMPLESSIVO											
MEDIA DEI VALORI DI TUTTI I FATTORI APPLICABILI					Il progettista:						
MEDIA DEI VALORI DEI SOLI FATTORI CRITICI											
GIUDIZIO DI SINTESI DEL PROGETTISTA					Il tecnico responsabile del procedimento:						
GIUDIZIO DI SINTESI DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO											

4.3. L’impatto paesistico

Disponendo di un "voto" per la sensibilità del sito e di uno per l’incidenza del progetto, si può procedere alla determinazione dell’impatto.

Il valore dell’impatto è dato dal prodotto dei due valori prima calcolati, e va da un minimo di 1 (edificio di minima incidenza in contesto di minima sensibilità) a un massimo di 16.

Al valore 3 corrisponde la soglia critica, oltre la quale scatta l’esigenza di sottoporre il progetto a specifica verifica paesistica.

Gli interventi che registrano un valore d’impatto inferiore a 3 sono considerati accettabili senza ulteriori accertamenti. Quelli tra 4 e 6 sono interventi presumibilmente accettabili, ma rispetto ai quali è necessario compiere un esame più approfondito, che potrebbe portare a richiedere modifiche o a porre condizioni.

Oltre i 6 punti si entra invece in una fascia di presumibile "intolleranza" del contesto nei confronti del progetto. Pertanto gli interventi che ricadono in questa fascia sono di massima considerati paesisticamente inaccettabili.

È previsto che sia il progettista stesso a determinare il livello di sensibilità del sito e quello di incidenza del progetto.

Tali valutazioni saranno riscontrate dal responsabile del procedimento. E’ importante che in questa fase venga coinvolto il progettista che deve valutare l’impatto in corso d’opera e, quindi, di apportare, se lo ritiene opportuno, le necessarie modifiche al progetto.

Egli è invitato a corredare il progetto con documentazioni e argomentazioni che ritiene utili al fine di sostenere l’accettabilità dell’intervento, sotto i diversi profili paesisticamente rilevanti.

Poiché nella valutazione dell’incidenza degli edifici intervengono considerazioni relative al linguaggio architettonico (né potrebbe essere altrimenti), vi è il rischio che il procedimento premi il conformismo stilistico, il mimetismo, la banalità e punisca la ricerca architettonica. Risultato, ovviamente, indesiderabile e quindi da evitare. A tal fine, le norme stabiliscono che, qualora a elevare il valore dell’incidenza concorrano in misura determinante i punteggi relativi agli aspetti linguistici, il progettista possa chiedere un supplemento di giudizio proprio su questi aspetti, da affidare a un esperto qualificato.

In ogni caso, la soglia di tolleranza è indicativa. Infatti, in linea di principio, l’impatto non è necessariamente negativo, quindi anche un forte impatto può essere valutato positivamente.

SCHEMA CONCETTUALE PER LA DETERMINAZIONE DELLA CRITICITÀ PAESISTICA DEGLI INTERVENTI					
Criticità = sensibilità del sito x incidenza dell'intervento					
	CLASSE DI INCIDENZA DELL'INTERVENTO (TAB. 3)				
CLASSE DI SENSIBILITÀ DEL SITO (TAB. 2)	4	3	2	1	0
4	16	12	8	4	0
3	12	9	6	3	0
2	8	6	4	2	0
1	4	3	2	1	0

	INTERVENTI OLTRE LA SOGLIA DI TOLLERANZA (8-16)
	INTERVENTI OLTRE LA SOGLIA DI RILEVANZA (4-6)
	INTERVENTI SOTTO LA SOGLIA DI RILEVANZA (0-3)

DETERMINAZIONE DELLA PROCEDURA DI VALUTAZIONE PAESISTICA DEGLI INTERVENTI				
CRITERIO DI VALUTAZIONE	CLASSE DI SENSIBILITÀ DEL SITO	CLASSE DI RILEVANZA DELL'INTERVENTO	VALORE DI IMPATTO PAESISTICO	PROCEDURA APPLICABILE A/B/C
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	Cfr. Tab. 2	Cfr. Tab. 3	(d) = (b) x (c)	Cfr. Nota ¹
VEDUTISTICO		-	-	-
SISTEMICO		-	-	-
DINAMICO		-	-	-
LOCALE		-	-	-
PIÙ VINCOLANTE				

4.4. La verifica paesistica

Attraverso la specifica verifica paesistica, l'intervento viene assegnato a una delle

- impatto positivo, quando contribuisce a conseguire le finalità della pianificazione paesistica, ovvero quando migliora il quadro paesistico, la fruizione ecc. (quindi crea nuove risorse paesistiche);
- impatto neutro, quando, pur non essendo migliorativo, non distrugge risorse paesistiche (beni e valori e scenari e quant'altro) non riproducibili e non porta disordine e banalizzazione dove c'erano ordine e qualità;
- impatto negativo, quando distrugge risorse paesistiche non riproducibili e introduce disordine e banalizzazione; impatto fortemente negativo se vengono coinvolte le risorse paesistiche che sono specificamente individuate come importanti negli atti di pianificazione e nei repertori.

La verifica paesistica è affidata alla Commissione Edilizia Integrata, oppure a un organo qualificato. In sede di verifica paesistica possono essere formulate le prescrizioni e le condizioni necessarie affinché il progetto contribuisca alla migliore qualificazione paesistica del sito interessato.

La procedura proposta può essere utilizzata anche a fini partecipativi. Le norme prevedono che, nel caso di progetti di particolare rilevanza pubblica, per il sito interessato o per la natura dell’intervento o per l’impatto, l’Amministrazione Comunale debba convocare una Consulta formata dalle associazioni presenti in zona abilitate alla difesa dell’interesse collettivo ai sensi dell’art.13 della legge 349/1986 e dell’art.1 del Decreto Ministero Ambiente 20/2/1987.

Qualora il sito interessato si estenda nel territorio di più comuni, l’Amministrazione responsabile del rilascio della concessione è tenuta a interpellare i Comuni interessati.

Il giudizio di accettabilità paesistica è espresso contestualmente al rilascio o al diniego della concessione edilizia. In presenza di impatto negativo, il Sindaco può ugualmente disporre il rilascio della concessione esplicitando le ragioni che motivano la decisione.

5 PAESE: S.E. PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO PAESISTICO DEI PROGETTI

Allo scopo di guidare il progettista - valutatore attraverso il ragionamento ed criteri proposti dalla normativa si è costruito il Sistema Esperto PAESE.

Infatti, la normativa impone al progettista di redigere la valutazione di impatto paesistico del progetto chiedendo di assegnare punteggi di sensibilità del sito ed incidenza del progetto in maniera discrezionale, ma non si preoccupa di fornire elementi e criteri per la definizione di tale giudizio. Il rischio è quello che tale punteggio venga assegnato a caso o, ancor peggio, che la discrezionalità del giudizio si trasformi in arbitrio.

Al fine di ridurre questi rischi si è costruito un programma per personal computer che aiuta a redigere la valutazione ponendo domande all'utente, guidandolo attraverso il ragionamento, mostrando, per ciascun valore di giudizio da assegnare, esempi e riferimenti normativi, imponendo una riflessione sul valore assegnato attraverso l'inserimento obbligatorio di un commento alla risposta. Così facendo non si limita la discrezionalità delle scelte del progettista ma si impone una riflessione consapevole sul progetto. La valutazione paesistica passa dall'essere uno dei tanti documenti da presentare a corredo del progetto ad essere un momento di riflessione sulle scelte fatte o da farsi.

5.1 L'AMBIENTE DI SVILUPPO

Il programma è stato scritto utilizzando wxCLIPS, un linguaggio in ambiente Windows compilato in C++. È un'evoluzione del CLIPS (C Language Integrated Production System) sviluppato al Johnson Space Center della NASA nel 1984. Il programma permette di definire fatti iniziali, variabili e relativi attributi, mette a disposizione alcune funzioni logico - matematiche e dà la possibilità di costruirne nuove nonché di costruire le regole, nucleo del sistema esperto. Lo sviluppo di wxCLIPS in ambiente Windows ha permesso di aggiungere nuovi strumenti al sistema per rendere l'interfaccia con l'utente amichevole grazie alla costruzione di frame, l'introduzione di finestre di dialogo, bottoni, caselle di controllo e la possibilità di inserire collegamenti di tipo ipertestuale. Inoltre è stata semplificata la comunicazione con altre applicazioni Windows attraverso librerie dinamiche e lo scambio dinamico di dati. Il linguaggio wxCLIPS è stato sviluppato da Julian Smart dell'Artificial Intelligence Applications Institute, di Edimburgo. E' disponibile gratuitamente al sito Internet AIAI:

<http://www.ai ai .ed .ac .uk/~jacs/wxclips.html> (WWW)

<ftp.ai ai .ed .ac .uk:/pub/packages/wxclips> (FTP)

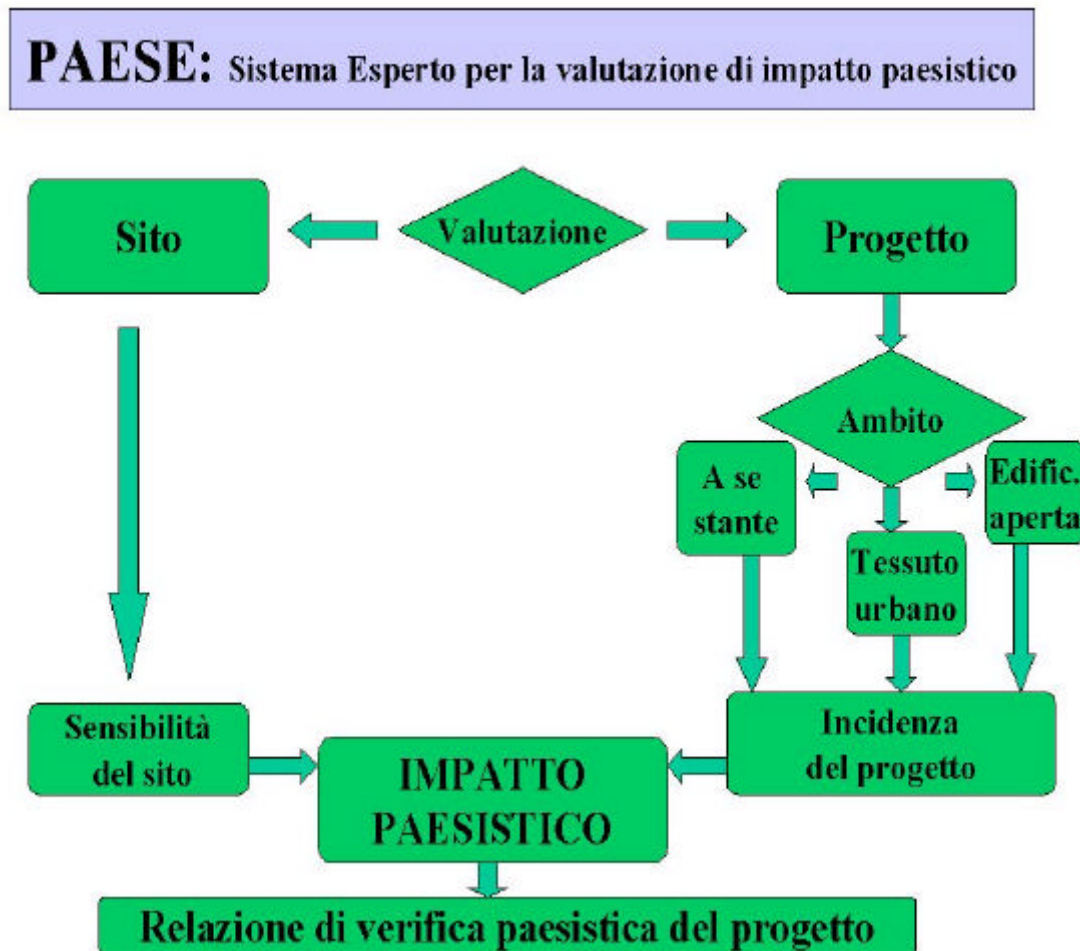
5.2 STRUTTURA DEL PROGRAMMA

Seguendo il criterio proposto dalla normativa il programma è stato sviluppato su tre blocchi principali:

- l'analisi della sensibilità del sito;

- la valutazione dell'incidenza del progetto;
- la valutazione dell'impatto paesistico del progetto.

La valutazione della sensibilità del sito o dell'incidenza del progetto possono essere eseguite indipendentemente e separatamente. Terminata la consultazione è possibile registrare su un file le conclusioni che rappresentano la relazione di impatto.

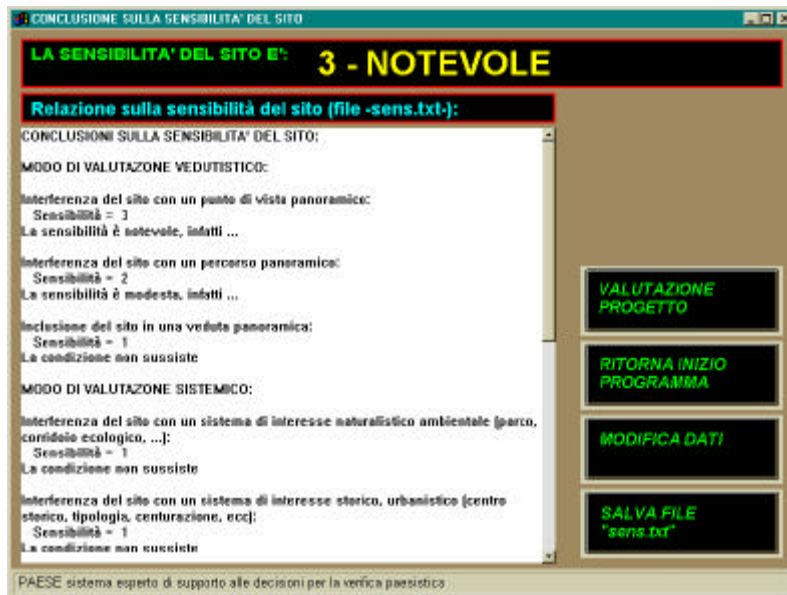


5.2.1 Analisi della sensibilità del sito

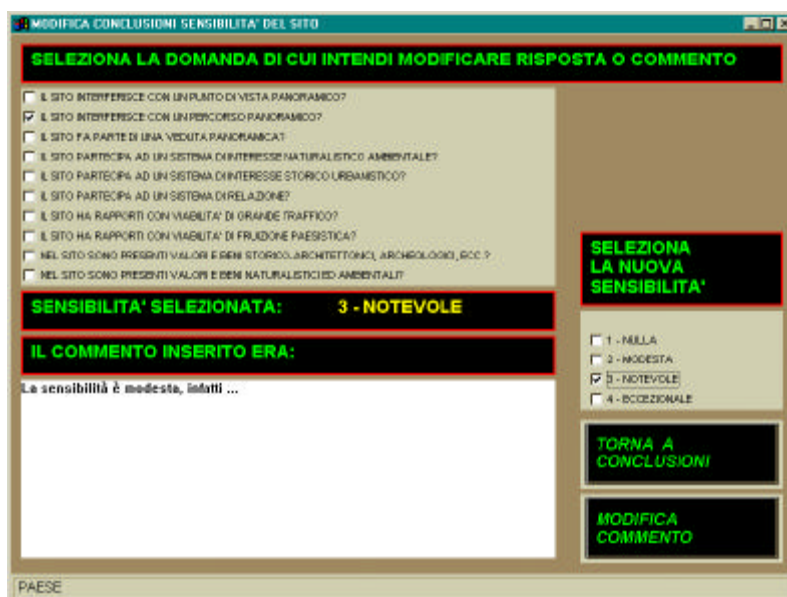
Il sistema ripercorre le chiavi di lettura del paesaggio proposte dalla legge (vedi tabella "criteri e parametri per la valutazione della sensibilità dei luoghi") in modo sequenziale. Ponendo di volta in volta la domanda all'utente. Per ognuna vengono proposte quattro classi di sensibilità possibili, i fattori di cui tenere conto nel giudizio ed i riferimenti normativi o di letteratura che contribuiscono a definire la domanda.

Selezionando le varie classi di sensibilità appaiono foto di siti presumibilmente appartenenti a quella classe con un commento che ne giustifica la collocazione. Prima di passare alle domande successive, se la classe è maggiore di 1 (la condizione non sussiste), occorre inserire un breve commento che giustifichi la scelta. Le informazioni vengono fornite indipendentemente dalla volontà dell'utente a consultarle per indurlo ad una riflessione più approfondita sulla scelta.

Terminata la serie di domande vengono visualizzate le conclusioni. La classe di sensibilità del sito avrà il valore critico ossia quello più elevato tra i selezionati. Le conclusioni vengono esposte associando a ciascuna chiave di lettura la classe di sensibilità selezionata, con l'eventuale commento inserito. L'utente ha quindi la possibilità di salvare le conclusioni in un file di testo oppure di modificare le scelte fatte.



Per effettuare la modifica occorre selezionare la chiave di lettura di cui si intende variare la classe di sensibilità o il commento. A questo punto, si seleziona la nuova sensibilità oppure il nuovo commento. Le conclusioni si aggiorneranno automaticamente.



Si può passare alla stima dell’incidenza del progetto. Qualora si fosse già eseguita si può passare direttamente alla valutazione finale dell’impatto paesistico.

5.2.2 Valutazione dell'incidenza del progetto

Il sistema ripercorre i criteri di valutazione dell'incidenza dal progetto proposti dalla legge (vedi tabella "criteri e parametri per la determinazione del grado di incidenza del progetto"). Le prime domande, inerenti la posizione rispetto all'edificazione esistente e le attività che occuperanno l'edificio, riguardano tutti i progetti. Poi, a seconda che si tratti di un intervento a se stante, di uno all'interno del tessuto urbano o di uno che si colloca in un contesto di edilizia aperta, si percorreranno strade e domande diverse.



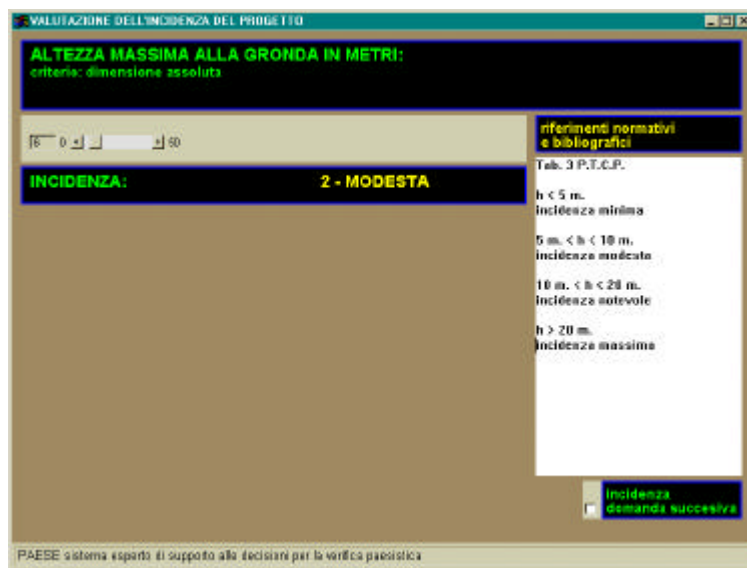
Prima di porre le domande verrà verificata la condizione di applicabilità delle stesse con un quesito.



Come per valutazione della sensibilità, a ciascuna domanda vengono proposti quattro gradi di incidenza possibili, esempi e riferimenti normativi.

Selezionando i vari gradi di incidenza, compaiono foto di siti con un commento che ne giustifica la collocazione. Prima di passare alle domande successive, occorre sempre inserire un breve commento che giustifichi la scelta.

In alcuni casi, quando risulta necessario immettere quantità attraverso uno slider (ad esempio per l'altezza dell'edificio), non è richiesto l'inserimento del commento, non vengono mostrati esempi e il grado d'incidenza viene calcolato e visualizzato automaticamente a seconda del valore espresso.



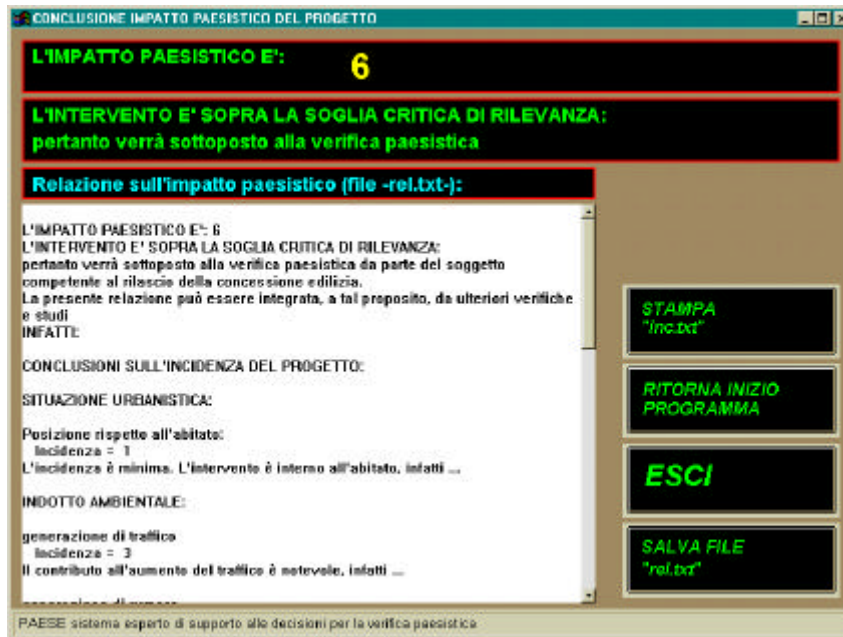
Completata la serie di domande vengono visualizzate le conclusioni che vengono formulate associando a ciascun criterio proposto la grado di incidenza selezionato e il commento inserito. Il grado d'incidenza del progetto assumerà il valore medio tra quelli selezionati. L'utente ha, quindi, la possibilità di inserire il giudizio complessivo sul progetto (che si aggiungerà automaticamente alle conclusioni) e di salvare le conclusioni su un file di testo oppure di modificare le scelte prese.

Per effettuare la modifica occorre selezionare il fattore di cui si intende variare il grado d’incidenza o il commento. A questo punto, si seleziona la nuova sensibilità oppure il nuovo commento. Le conclusioni si aggiorneranno automaticamente.

Dunque, si può passare alla valutazione finale dell’impatto paesistico oppure, qualora non lo si avesse già fatto, alla stima della sensibilità del sito.

5.2.3 Valutazione dell'impatto paesistico del progetto

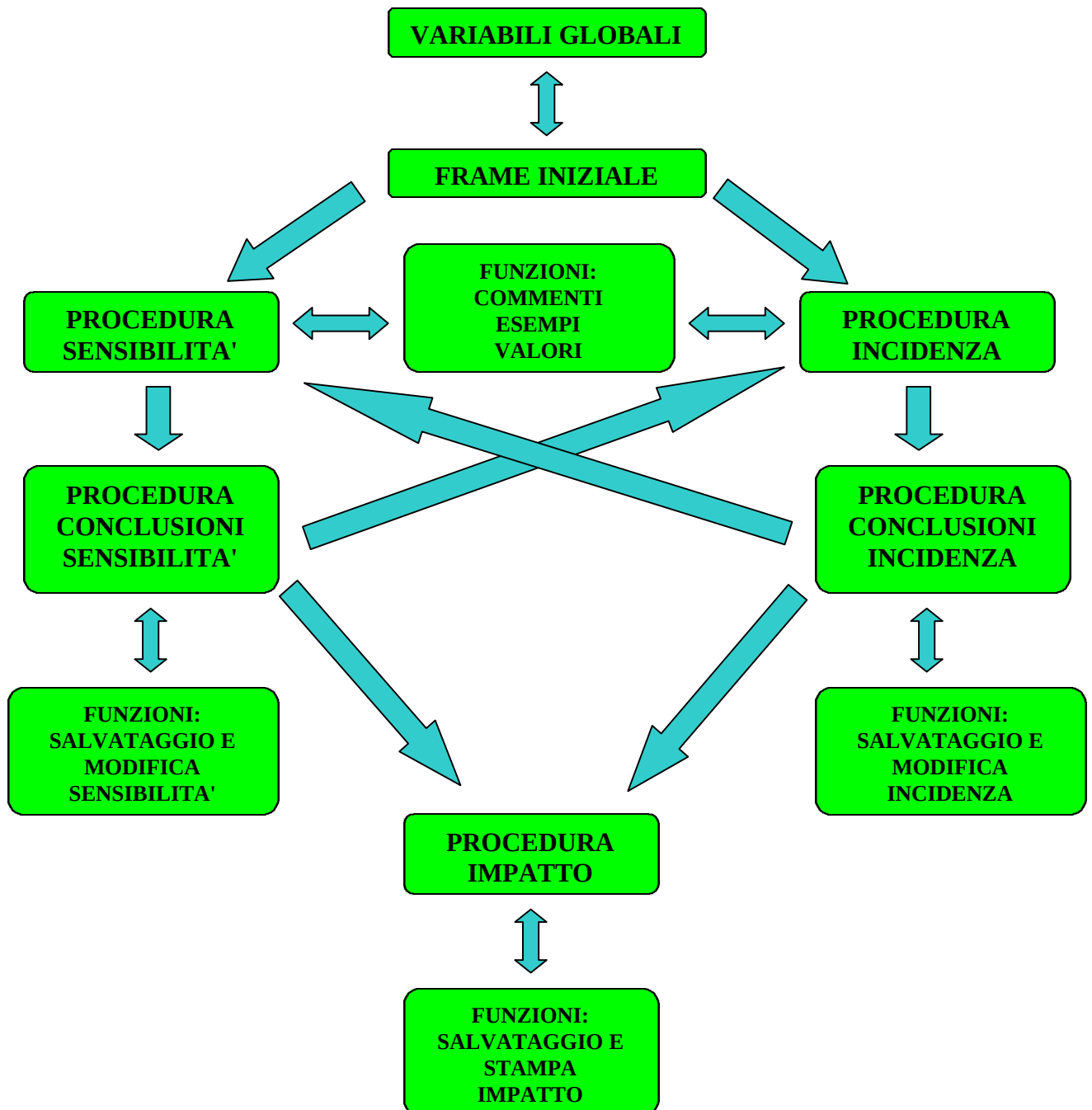
Il prodotto della sensibilità del sito e dell'incidenza del progetto costituirà l'impatto paesistico. Viene visualizzata la conclusione che contiene in forma testuale, i valori dedotti, i commenti inseriti ed il giudizio finale d'impatto paesistico.



L'utente può salvare il file di testo, stamparlo ed uscire dal programma.

5.2 SVILUPPO DEL PROGRAMMA

Il codice di calcolo PAESE si sviluppa attraverso i seguenti blocchi:



In particolare:

- *variabili globali*: possono essere richiamate in ogni momento dell'esecuzione del programma ed hanno valori di default;
- *frame di inizio programma*: imposta l'accesso alle procedure di sensibilità ed incidenza;
- *procedura sensibilità*: attiva di volta in volta le domande sulla sensibilità del sito;
- *procedura di incidenza*: attiva di volta in volta le domande sull'incidenza del progetto;
- *funzioni richiamate dalle procedure sensibilità ed incidenza*: utilizzate per l'inserimento dei commenti, per la visualizzazione degli esempi, per l'inserimento dei valori di incidenza e sensibilità;
- *procedura conclusione sensibilità*: calcola la sensibilità finale e visualizza le conclusioni.
- *procedura conclusione incidenza*: calcola il grado di incidenza finale e visualizza le conclusioni.
- *funzioni richiamate dalle procedure conclusioni sensibilità ed incidenza*: modificano e salvano le conclusioni;
- *procedura impatto*: calcola l'impatto paesistico e visualizza la relazione finale.
- *Funzioni richiamate dalla procedura impatto*: modificano e salvano relazione finale.

I blocchi sono stati sviluppati separatamente in modo da poter essere facilmente integrati con nuove regole e funzioni.

6 CONCLUSIONI

Il Piano Territoriale Paesistico della Regione Lombardia introduce una procedura per il controllo paesistico dei progetti per molti versi innovativa. Il progettista dovrà valutare l’impatto paesistico del proprio progetto ed il suo inserimento nel contesto. Il criterio guida è considerare l’impatto come prodotto della sensibilità del sito (susceptibilità al turbamento) ed incidenza del progetto (capacità di turbare). La normativa del piano fornisce indicazioni più specifiche per effettuare le singole valutazioni definendo modi di valutazione per la sensibilità del paesaggio e criteri per individuare l’incidenza del progetto.

Il prototipo PAESE recepisce questi criteri e cerca di affrontare metodologicamente la valutazione paesistica ordinandoli secondo schemi logici. Si è cercato di proporre un modello di ragionamento che possa indurre il valutatore a riflettere ed a porsi domande sul progetto proposto e sul contesto nel quale si inserisce. Tale sforzo viene imposto allorché il progettista è costretto a giustificare le proprie risposte con un commento. Anche se si offre al valutatore la possibilità di consultare riferimenti normativi e casi esemplificativi, non si intende limitare o condizionare il suo giudizio che è e deve rimanere discrezionale.

Il prototipo si pone non solo come strumento per verificare i progetti, ma anche per dare indicazioni al momento delle scelte strategiche stilistiche ed architettoniche imponendo una riflessione sul progetto. Inoltre, ha l’obiettivo didattico di sensibilizzare ed educare i progettisti sulle problematiche del paesaggio inducendoli a studiarlo a conoscerlo ed a percepirlo. Sino ad oggi non è di fatto esistita una cultura diffusa di tutela del paesaggio ed i professionisti, che operano sul territorio, non hanno mai dovuto misurarsi con valutazioni di tipo paesistico. La qualità dell’inserimento dei progetti nel contesto, in mancanza di normative, è sempre stata demandata alla sensibilità dei singoli, senza che fosse esercitato un effettivo controllo né fosse diffusa la cultura paesistica.

Tra gli obblighi introdotti dalla normativa del Piano vi è la redazione della relazione d’impatto paesistico, che dai più è vista solo come un’ulteriore onere burocratico. Il programma progettato permette di scriverla con coscienza critica. Tale procedura intende infatti evitare che la necessaria discrezionalità del giudizio del progettista si trasformi, come spesso accade quando non occorre giustificare le proprie scelte, in arbitrio, obbligandolo ad uno sforzo critico sul proprio lavoro.

L’utilizzo di un’interfaccia amichevole e la possibilità d’introdurre immagini, testi e collegamenti hanno permesso di sviluppare uno strumento di facile utilizzo e comprensione, che, opportunamente sviluppato da esperti informatici, potrebbe essere divulgato ed adottato dai professionisti che operano sul territorio lombardo. Inoltre, l’opportunità di integrare e completare facilmente il software permette di introdurre nuove regole, modificare riferimenti normativi o casi esemplificativi, di evolvere il programma ed eventualmente di progettarne la generalizzazione per il territorio italiano. La creazione di banche -dati, contenenti i risultati di valutazioni paesistiche, permetterebbe di creare una casistica più ampia e la possibilità di migliorare il programma. Purtroppo, allo stato attuale, la valutazione paesistica non è ancora entrata nella prassi progettuale e occorrerà tempo per valutare l’efficacia del criterio.

In sintesi, il sistema esperto proposto si prefigge di:

- creare un sistema di supporto alle decisioni che aiuti i progettisti a fare la valutazione paesistica con coscienza critica;
- evitare che la discrezionalità del giudizio si trasformi in arbitrio;
- diffondere la cultura del paesaggio tra chi opera sul territorio lombardo;
- redigere in maniera automatica la valutazione d’impatto paesistico;

attraverso:

- ragionamento guidato;
- utilizzo di riferimenti normativi ed esempi in linea;
- inserimento obbligatorio, da parte dell’utente, di commento alle risposte.

I vantaggi riscontrati con l’utilizzo di quest’approccio sono:

- logica e chiarezza, nel ragionamento proposto sia nella fase di consultazione che nell’esplicitazione delle conclusioni;
- consultazione obbligatoriamente critica;
- semplicità di utilizzo;
- facilità d’integrazione con nuove regole e nuovi riferimenti.

I possibili sviluppi del prototipo sono:

- integrazione con altre tecnologie informatiche (database) per fornire all’utente ulteriori riferimenti e per memorizzare la casistica delle valutazioni fatte;
- interrelazione con nuove regole;
- generalizzazione del problema per altri ambiti;

I rischi sono:

- banalizzazione del problema;
- limitazione alla discrezionalità del giudizio.

CONCLUSIONI

L'intelligenza artificiale tenta sia di capire che di costruire entità "intelligenti" con l'obiettivo di apprendere qualcosa di più riguardo ai processi decisionali che guidano le nostre azioni. Tra le tecnologie fornite dall'intelligenza artificiale, i sistemi esperti sono i più appropriati per studiare ed imitare i processi decisionali umani. Infatti, sviluppando inferenze basate su sillogismi, obbligano chi li progetta ad una riflessione sul sapere. Inoltre, una volta realizzati, sono in grado di ripercorre il ragionamento e fornire spiegazioni sui risultati raggiunti. A differenza di altre tecniche di intelligenza artificiale, come reti neurali ed algoritmi genetici, non sono però in grado di apprendere dall'esperienza e quindi di evolvere. Nella pianificazione territoriale, dove la soluzione dei problemi spesso richiede conoscenze di tipo euristico, valutazioni qualitative e dove le soluzioni sono importanti quanto le motivazioni che le giustificano, l'approccio dei sistemi esperti risulta sicuramente interessante ed appropriato. In quest'ambito una delle maggiori difficoltà è la separazione tra teoria e prassi. L'assenza di verifiche delle assunzioni teoriche ha lasciato il campo ad una pratica professionale consuetudinaria, indifferente agli esiti delle assunzioni e non orientata alla costruzione di metodologie utili alla pianificazione. L'applicazione dell'intelligenza artificiale ed in particolare dei sistemi esperti può aiutare l'elaborazione teorica, stimolando la riflessione sul sapere, sulle euristiche, sui modi di ragionare e di agire del pianificatore e può, forse, dimostrarsi un utile strumento per la crescita della ricerca e della pratica di questa disciplina.

Il pianificatore deve, in sostanza, fare uno sforzo per comprendere le ragioni dei propri comportamenti consuetudinari e codificarle in regole. Regole che partono dai principi più generali a concetti sempre più dettagliati, fino alla definizione delle caratteristiche della

Nella costruzione di un sistema esperto questo sforzo accomuna il professionista al ricercatore e la pratica diventa la base naturale per la teoria.

Tale aspetto, a mio parere, rende la ricerca nel campo dei sistemi esperti per la pianificazione territoriale, senz'altro importante dal punto di vista scientifico. Dal lato pratico, la costruzione di software utili per la pianificazione, per l'addestramento di "esperti" o semplicemente di supporto per l'attività dei progettisti nella soluzione di problemi non affrontabili con analisi numeriche di tipo tradizionale, giustificerebbe un impegno maggiore in questo campo di ricerca.

Alcuni rischi, con l'utilizzo di queste tecnologie, comunque esistono. I professionisti o i tecnici che si servono di un sistema esperto possono essere tentati di non analizzare criticamente il risultato che la macchina propone, accettandolo senza riserve. Inoltre, le necessarie semplificazioni logiche, che occorre fare per poter implementare delle regole su una macchina, rischiano di banalizzare problemi molto complessi.

Solo in tempi relativamente recenti ci si è avvalsi della tecnologia dei sistemi esperti per risolvere problemi di pianificazione territoriale e, sebbene molti prototipi vengano correntemente sviluppati in tutto il mondo, il numero dei successi è alquanto ristretto. Oggi gli viene riconosciuto il ruolo di strumento in grado di trasferire tecnologie, nel senso che non sono in grado di trovare autonomamente modi per risolvere problemi ma riescono solo ad applicare metodi noti a casi specifici. Per questo motivo, risultano più adatti ad effettuare diagnosi e valutazioni su problematiche già definite a livello normativo e per le quali esistano criteri e regole di base.

I prototipi, realizzati nel corso della ricerca, traggono infatti spunto da recenti normative regionali nell'ambito della pianificazione territoriale ed ambientale che definiscono, almeno a livello concettuale, criteri e modi per effettuare valutazioni qualitative. Lo sforzo progettuale per la realizzazione dei prototipi è stato fatto al fine di valutare potenzialità e limiti di questi strumenti su casi reali.

Dalle esperienze analizzate e realizzate nel corso della ricerca si possono quindi trarre, in maniera sintetica, alcune conclusioni sull'utilizzo dei sistemi esperti per la pianificazione territoriale:

VANTAGGI:

- costruzione di sistemi di supporto alle decisioni utili per l'attività di pianificazione e l'addestramento di nuovi "esperti";
- trattazione di questioni non affrontabili con analisi numeriche tradizionali;
- costruzione di nuove metodologie utili alla pianificazione a partire dalla pratica professionale;
- stimolo all'elaborazione di nuove teorie.

RISCHI:

- sostituzione del giudizio del professionista;
- banalizzazione dei problemi.

Nella progettazione dei prototipi, è inoltre emerso che i sistemi esperti da soli non bastano per creare sistemi di supporto alle decisioni completi, ma occorre integrarli con altre tecnologie informatiche che consentano agli utenti di "navigare" attraverso i dati necessari all'approfondimento del problema (nella fattispecie normative ed esempi) e, quindi, di seguire il percorso logico proposto con maggiore "coscienza".

La realizzazione di un sistema esperto è estremamente onerosa sia in termini di risorse umane che economiche (soprattutto per quanto concerne l'esplicitazione della conoscenza). I prototipi realizzati hanno, pertanto, affrontato ambiti regionali ristretti. Un ulteriore sviluppo della ricerca potrebbe essere la generalizzazione dei problemi affrontati ad altre realtà territoriali e l'integrazione dei prototipi con altre tecnologie informatiche per migliorarne le prestazioni.

Bibliografia:

AA.VV. (1997), “Intelligenza umana ed intelligenza artificiale” Istituto Lombardo di Scienze, Milano

Barbanente A., Borri D., Maciocco G., Conte E. (1991), “Sistemi esperti per la pianificazione ambientale”, Angeli, Milano

Barbanente A., Cuscito A.P., Maiellaro N. (1996), “Sistemi esperti ed ipertesti - il controllo delle trasformazioni in edilizia”, Maggioli, Rimini

Bassolino L. (1997) “Proposta di legge quadro per la tutela delle aree agricole” (estratto da “Urbanistica informazioni”, n.153), Istituto Nazionale di Urbanistica

Benetti D., Langè S. (a cura di). (1998) “Il paesaggio lombardo: identità, conservazione e _____”, Cooperativa editoriale Quaderni Valtellinesi

Bocchi S., Dell’Orco P (1991), “Applicazioni dei sistemi esperti in agricoltura”, “Genio Rurale” -novembre 1991

Borracchia V., Boscacci F., Paolillo P. L. (a cura di) (1990) “Analisi per il governo del territorio extraurbano”, Franco Angeli, Milano

Buchanan G.B., Forsythe D.E. (1989), “Knowledge acquisition for expert systems: some pitfalls and suggestions”, “The transactions on systems, man and cybernetics” -maggio -giugno 1989

Cammarata S. (1997), “Reti neurali - dal perceptron alle reti caotiche e neuro-fuzzy”, Etaslibri, Milano

Cecchini A. (a cura di) (1999) “Meglio meno, ma meglio automi cellulari e analisi _____”, Angeli, Milano

Franceschetti G. (a cura di) (1990) “Governare il territorio, problemi e metodi delle analisi di interazione urbano - rurale”, Franco Angeli, Milano

Fusco Girard L., Nijkamp (1997), “Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e _____”, Angeli, Milano

Ignizio J.P. (1991) “Introduction to expert system” McGraw Hill, New York

Kim T. J., Wiggins L.L., Wright J.R. (1990); “Expert systems: applications to urban planning”; Springer-Verlag; New York

Kim T.J., Han S.Y. (1989), “Can expert systems help with planning?” American Planning Association”, n.3

Kosko B. (1995); “Il fuzzy-pensiero, teoria e applicazioni della logica fuzzy”; Baldini & Castoldi; Milano

Krishnamoorthy C.S., Rajeev S. (1996) “Artificial intelligence and expert systems for engeneers”, CRC Press, New York

Leung Y. (1997); “Intelligent Spatial Decision Support Systems”; Springer-Verlag; Berlin

Maciocco G. (1994) - a cura di; “La città, la mente, il piano - Sistemi intelligenti e pianificazione urbana”; Franco Angeli; Milano

McRae S. J. (1991) “Pedologia Pratica”, Zanichelli, Bologna

Medici G., Sorbi U., Castrataro A. (1962) “Polverizzazione e frammentazione della proprietà fondiaria in Italia” Feltrinelli, Milano

Mennella V., Macellari E. (1997); “Logica fuzzy nella valutazione ambientale integrata”; Il verde editoriale; Milano

Ministero dell'Agricoltura e Foreste (1976) “Carta della Montagna - monografie regionali

Norvig P., S.J. Russell (1998) “Intelligenza artificiale: un approccio moderno” UTET, Torino

Newell A. (1990) “Unified theories of cognition”, Harvard University Press, Cambridge Massachusset

Puppe F. (1993); “Sistematic Introduction to Expert System”; Springer-Verlag; New York

Queirolo G. (1997) “Le aree rurali nei piani liguri” (estratto da “Urbanistica informazioni”, n.152), Istituto Nazionale di Urbanistica

Rinaldi S. (a cura di) (1996); “Percorsi di conoscenza del costruito - strumenti innovativi per la diagnosi dell'edificio”; BE-MA editrice; Milano

Roberto B. (1997) “A proposito di aree agricole: opportunità di un rinnovato interesse” (estratto da “Urbanistica informazioni”, n.152), Istituto Nazionale di Urbanistica

Sistemi esperti - teoria e sviluppo”; McGraw-Hill; Milano

Stanghellini S. (1983); “Urbanistica per le zone agricole”; Edizioni delle Autonomie; Roma

Villani E. (1998); “Automi Cellulari - Gli strumenti informatici per monitorare e gestire il territorio”; “Costruire” n.188, Abitare Segesta; Milano

Glossario

Albero delle decisioni

Rappresentazione grafica del ragionamento che aiuta l'ingegnere della conoscenza a costruire regole. Realizzare un albero delle decisioni è un modo per organizzare e rappresentare il processo di decisione usato per risolvere il problema.

Algoritmi genetici

Gli algoritmi genetici sono un modello computazionale idealizzato dell'evoluzione naturale darwiniana. L'evoluzione si riferisce ad una popolazione di organismi che si competono le scarse risorse dell'ambiente in cui vivono (cibo, spazio, ecc.). Nella lotta per la vita sopravvivono e si riproducono "i più forti", cioè gli individui con maggior adattamento all'ambiente. La sopravvivenza degli organismi più adatti significa in realtà la sopravvivenza dei geni più adatti. Gli algoritmi genetici risolvono un determinato problema ricorrendo ad una popolazione di soluzioni che, inizialmente casuali e quindi con un'adattamento all'ambiente (fitness) basso vengono poi fatte evolvere per un certo numero di generazioni successive, sino all'apparizione di almeno una soluzione con fitness elevata.

Database

Banca dati informatica.

Endogeno

Che ha origine interna.

Esogeno

Che ha origine esterna.

Euristico

Procedimento non rigoroso che permette di prevedere un risultato, che dovrà essere convalidato rigorosamente.

GIS

Sistema Informativo Geografico: database geografico in grado di manipolare cartografia numerica e creare in maniera automatica carte tematiche.

Inferenziale

Logico, che deriva da una deduzione.

Insieme fuzzy

Un insieme a cui gli elementi appartengono in una certa misura. Invece un insieme normale o non *fuzzy* contiene i propri elementi o del tutto o per

niente. L'insieme dei numeri pari non ha alcun elemento *fuzzy*. Ciascun numero gli appartiene o allo 0% o allo 100%. L'insieme delle molecole grandi prevede invece un'appartenenza caratterizzata da diversi valori. Alcune molecole sono più grandi di altre e per tanto gli appartengono in una misura maggiore. Allo stesso modo la maggior parte delle proprietà come la statura o la bontà ammettono gradi e per ciò definiscono insiemi *fuzzy*.

Intelligenza artificiale (IA)

Il punto di vista di coloro che nella *computer science* ritengono che le menti siano computer. Resa famosa da HAL, il computer del film *2001: Odissea nello spazio*, l'IA considera la mente come una sorta di elaboratore simbolico operante che stringhe di testo o di simboli all'incirca come un computer opera con stringhe di 0 e di 1. In pratica IA significa sistemi esperti o alberi di decisione di regole bivalenti. L'IA è l'antagonista concettuale e politica della dottrina del cervello come rete naturale. Una dottrina che i fautori dell'IA chiamano "connessionismo".

Logica bivalente

La logica che intende la maggior parte della gente quando parla di *logica*. Ogni enunciato o proposizione è vera o falsa ovvero ha il valore di verità 1 o 0. La forma più semplice è quella della logica proposizionale, nella quale ogni enunciato esprime una semplice descrizione di tipo dicotomico, un "fatto atomico" come nella proposizione "l'avocado è verde". Nella logica dei predicati ciascun enunciato esprime un insieme di descrizioni dicotomico come nella proposizione "tutti gli avocado sono verdi". Aristotele fu il primo a codificare la logica. All'inizio del ventesimo secolo Bertrand Russell e Alfred North Whitehead mostrarono come la maggior parte della matematica si riduce a logica bivalente.

Logica fuzzy

Ha due significati. Il primo significato è quello di logica polivalente o "vaga". Tutto è questione di misura, comprese la verità e l'appartenenza a un insieme. Questo significato risale agli inizi del secolo. Il secondo significato è quello di ragionamento con insieme *fuzzy* o con insiemi di regole *fuzzy*. Questo significato risale alla prima ricerca sugli insiemi fuzzy negli anni Sessanta e Settanta a opera di Lotfi Zadeh dell'Università di California a Berkeley. Zadeh scelse l'aggettivo "*fuzzy*" piuttosto che quello tradizionale di "vago" nel suo saggio del 1965 intitolato appunto *Fuzzy Sets*, e il nome ebbe successo. Altri sinonimi: logica grigia, nebulosa o continua.

Probabilità

La teoria matematica del caso. Una probabilità è un numero assegnato a un evento. Più grande è il numero, più è "verosimile" che l'evento avrà luogo. Nella teoria della probabilità ogni indeterminazione deriva da una "fortuita" o "caso" che restano indefiniti.

In termini matematici tutti i valori di probabilità debbono assommare a uno. Tutti gli eventi sono bivalenti. Un evento o accade o no, e in questo caso accade il suo opposto. La probabilità che accada l'evento A o il suo opposto è pari al 100 %. Gli eventi nella teoria della probabilità sono solo gli insiemi dicotomici della teoria degli insiemi. In questo senso la teoria della probabilità si fonda sulla logica bivalente.

Realta' virtuale (RV)

Chiamata qualche volta realtà *artificiale* o *ciberspazio*. La RV è un mondo creato dal computer capace di ingannare i sensi o la mente. Un quanto virtuale potrebbe dare l'impressione di tenere la mano immersa nell'acqua, nel fango o nel miele e una tuta cibernetica RV potrebbe farci sentire come totalmente immersi nell'acqua, nel fango o nel miele. La RV ha avuto origine dai simulatori di carlinghe usati per addestrare i piloti e può prefigurare i sistemi multimediali dell'abitazione e del ufficio del futuro. L'idea di sistemi avanzati di RV come sostituti futuri del sesso, della droga e dell'insegnamento scolastico fa parte dell'armamentario corrente della fantascienza moderna o di quel suo sottogenere che è la letteratura "*cyberpunk*".

Rete neurale

Un sistema di neuroni e di sinapsi che trasforma input in output. E' chiamata anche *neuro-computer*. Una rete neurale è un sistema dinamico non lineare. I suoi stati di equilibrio possono ricordare o riconoscere uno schema immagazzinato o possono risolvere un problema matematico o computazionale.

Si insegna a una rete neurale mostrandole degli esempi. Non si scrive un programma informatico né le si dà un insieme di equazioni matematiche. Si può insegnare a una rete neurale a riconoscere in fotografie un volto mostrando a essa delle foto con quel volto e "premiando" la rete con un segnale di retroazione positiva e poi mostrandole delle foto senza quel volto e "punendo" la rete con un segnale di retroazione negativa.

La struttura di una rete neurale è un grafico di nodi e di contorni. I neuroni sono i nodi. I segnali neurali si riversano in un neurone e poi, qualora se ne siano riversati abbastanza, il neurone "si accende", o meglio "si accende" in una determinata misura. Le *sinapsi* sono i contorni che collegano i neuroni. Le sinapsi di una rete neurale, e del cervello, immagazzinano memoria e informazioni relative a schemi.

Sistema dinamico

Un sistema che cambia col tempo. In matematica un sistema descritto da un'equazione differenziale del primo ordine o da un'equazione alle differenze: un sistema la cui velocità o tasso di cambiamento è una certa funzione del tempo o di parametri del sistema. In senso lato ogni cosa è un sistema dinamico, sia l'universo sia tutte le sue parti. Il punto di partenza di un sistema dinamico è una condizione iniziale. Il punto 0 ed i punti finali sono uno stato di equilibrio. Nel mezzo si trovano gli stati

transitori. Una foglia che cade dalle nostre mani a terra è un sistema dinamico in un potenziale gravitazionale. La condizione iniziale è il punto da cui la lasciamo cadere; i punti che attraversa cadendo sono gli stati transitori; e lo stato fermo o equilibrio di punto fisso è dove giace sul suolo. La foglia viene riducendo al minimo la propria energia potenziale mentre cade. Parte col massimo di energia potenziale. Durante la caduta l'energia potenziale si trasforma in energia cinetica e segue un percorso di "resistenza minima" che termina in un minimo di energia potenziale al suolo. Tutte le condizioni iniziali portano a un certo minimo di energia potenziale al suolo.

Un sistema dinamico può avere due tipi di stati di equilibrio: uno periodico e l'altro aperiodico. Gli equilibri aperiodici sono attrattori *caotici*. Una volta che il sistema cade in una di queste regioni, si muove per sempre, o finché qualcosa lo spinge in un nuovo stato, senza alcuna osservabile struttura o periodicità nel movimento. Molti modelli meteorologici sono caotici e altrettanto sembra essere il lento movimento o precessione della Terra intorno al proprio asse, che può a sua volta essere la causa del caotico andamento meteorologico climatico.

Il più semplice equilibrio periodico è l'attrattore a punto fisso. Il sistema si ferma in un punto fissato. La "palla" di stato rotola nel pozzo attrattore e si ferma. La gravità porta gli oggetti a fermarsi in punti fissi di energia potenziale. Dopo vengono gli attrattori del *ciclo limite* nel quale lo stato gira e gira in equilibrio. Le volpi e i conigli di un'isola finiscono in un ciclo limite. A mano a mano che i conigli crescono di numero, altrettanto fanno le volpi che se ne nutrono. L'isola può sostenere solo un certo numero di conigli e la popolazione dei conigli cessa di crescere e crolla allorché il cibo si esaurisce e le volpi cacciano e mangiano i conigli. Allora molti volpi muoiono di fame e ciò allenta la pressione sui pochi conigli rimasti, i quali hanno ora a disposizione molto cibo e crescono di numero. Così il ciclo, o una qualche sua forma, si ripete. Infine ci sono gli attrattori del *toro limite*. Questi equilibri si comportano come un filo attorcigliato intorno a una ciambella in un ciclo limite vagante. Un ciclo limite è un toro limite degenerato esattamente come un punto fisso e un ciclo limite degenerato.

Sistema esperto (SE)

Un albero di ricerca nell'intelligenza artificiale. Un esperto dà le proprie regole in forma di regole se - allora e un programmatore le codifica nel software. Se ci sono certi sintomi il paziente ha il tifo. Se il paziente ha il tifo e se occorre questo e quello, allora si deve fare così' e così'. I sistemi esperti definiscono un grande albero logico o diversi alberi piccoli. Il sistema esperto è composto da due parti: la base delle conoscenze e il motore inferenziale. La base delle conoscenze è appunto l'albero o gli alberi di regole bivalenti.

Il motore inferenziale è un certo schema di ragionamento o di "concatenazione" mediante regole. Nella *concatenazione in avanti* ci si muove dalla radice dell'albero a una foglia dell'albero medesimo un passo

se - allora alla volta. Una catena in avanti è una previsione di effetti conseguenti a cause date e risponde a una domanda del genere "che accadrebbe se...". Nella concatenazione a ritroso ci si muove da una foglia o da un ramo dell'albero logico fino alle radici, o almeno tanto indietro quanto ci condurrà la logica. Essa cerca cause a partire da effetti noti e perciò risponde a domande sul "perché".

Sistema fuzzy

Un sistema di regole *fuzzy* che trasformano input in output. Nel caso più semplice un esperto esprime le regole in parole o in simboli. Nel caso più complesso un sistema neurale apprende le regole da dati o dall'osservazione del comportamento di esperti umani. Ciascun input nel sistema *fuzzy* attiva tutte le regole in determinata misura come in una memoria associativa massiva. Più precisa è la corrispondenza dell'input con la parte del "se" di una regola *fuzzy*, più viene eccitata la parte dell' "allora". Il sistema *fuzzy* somma tutti questi output o parti dell' "allora" degli insiemi *fuzzy* e ne determina la media o il valore del centroide. Il centroide è l'output del sistema *fuzzy*. Chip *fuzzy* compiono questa correlazione associativa dall'input all'output migliaia o milioni di volte al secondo. Ogni corrispondenza dell'input con l'output definisce un valore di FLIPS: ossia *fuzzy logical inferences per second* (inferenze logiche *fuzzy* al secondo).

Il teorema di approssimazione *fuzzy* (FAT) mostra che un sistema *fuzzy* può costruire il modello di qualsiasi sistema continuo. Ogni regola del sistema *fuzzy* opera come una topa *fuzzy* che il sistema colloca in modo da assomigliare alla risposta del sistema continuo a tutti i possibili input.

Sistema fuzzy adattativo

Un sistema *fuzzy* che impara le proprie regole dai dati. L'esperto umano non insegna al sistema quali siano le regole. Una corrente di dati alimenta un sistema neurale o statistico e ne escono le regole *fuzzy*. Un sistema *fuzzy* adattativo agisce come un esperto umano. Apprende dall'esperienza e utilizza i dati nuovi per perfezionare il proprio patrimonio di conoscenze.

Sistema lineare

Un sistema la cui totalità è uguale alla somma delle parti. Tutti gli altri sistemi sono *non lineari*. Per studiare un sistema lineare lo si divide in piccoli parti e poi li si ricuce insieme per ottenere il sistema intero. In termini matematici un sistema lineare si presenta come un foglio di carta liscio, mentre un sistema non lineare si presenta come un foglio spiegazzato. La meccanica quantistica è un sistema lineare. Le onde di materia quantistica si sommano fino a dare effetti lineari. La linearità inoltre rende conto delle relazioni di indeterminazione fra alcune variabili quantistiche "coniugate" come posizione e momento o energia e tempo.

Teoria degli insiemi

Lo studio degli insiemi o di classi di oggetti. L'insieme è l'elemento base in matematica come il simbolo lo è in logica. La logica e la teoria degli insiemi costituiscono i "fondamenti" della matematica. In teoria tutti i simboli del calcolo avanzato e della fisica nucleare sono soltanto la forma stenografica della scrittura degli insiemi e della logica.

La teoria classica degli insiemi non riconosce insiemi fuzzy o polivalenti caratterizzati dal fatto che gli elementi appartengono loro in una certa misura. La teoria classica degli insiemi è bivalente. Ogni insieme contiene totalmente o per nulla ciascuno degli elementi. Bertrand Russell ha dimostrato che ciò ha come conseguenza un paradosso "del mentitore" bivalente: l'insieme di tutti gli insiemi che non appartengono a se stessi è un elemento di se stesso? Per quasi un secolo matematici e logici hanno avanzato nuovi assiomi bivalenti nel tentativo di evitare i paradossi, ma ciononostante ne sono puntualmente emersi altri.