

Ann. Mus. civ. Rovereto	Sez.: Arch., St., Sc. nat.	Suppl. vol. 8 (1992)	27-40	1993
-------------------------	----------------------------	----------------------	-------	------

S. CARTASEGNA, G. CRIBBIO, M. PETA, A. PIRODDI  
P. FANELLI & D. COSTANTINO

## POSSIBILITÀ DI APPLICAZIONE DI UN SISTEMA ESPERTO ALL'EMERGENZA CLINICO-TOSSICOLOGICA

**Riassunto** - S. CARTASEGNA, G. CRIBBIO, M. PETA, A. PIRODDI, P. FANELLI & D. COSTANTINO - Possibilità di applicazione di un sistema esperto all'emergenza clinico-tossicologica.

Il settore dell'emergenza tossicologica presenta alcune caratteristiche peculiari che lo rendono particolarmente interessante come campo di applicazione per sistemi di supporto automatici. Infatti le conoscenze coinvolte sono molto vaste e di solito gli esperti in tale campo sono pochi e mal distribuiti sul territorio, quindi il medico che viene a trovarsi di fronte ad un'emergenza tossicologica ha spesso delle difficoltà nel reperire un aiuto valido, soprattutto continuativo.

I sistemi esperti, o sistemi basati sulla conoscenza, si prefiggono di «lavorare» come un esperto umano e quindi sono in grado di chiedere informazioni, spiegare il loro ragionamento e giustificare le loro conclusioni. Schematicamente la loro struttura può essere rappresentata da tre componenti: la base della conoscenza, il motore inferenziale e l'interfaccia uomo-macchina.

Proponiamo un sistema le cui caratteristiche sono costituite dalla rappresentazione eterogenea della conoscenza e dalla possibilità di seguire il medico e il paziente lungo il decorso dell'intossicazione, in modo da fornire un supporto continuativo. Un sistema di questo tipo potrebbe essere un valido aiuto per il medico non esperto.

### L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

L'intelligenza artificiale (I.A.) è una branca dell'informatica, nata verso la metà degli anni '50 nei laboratori di ricerca universitari inglesi ed americani, che si occupa della realizzazione di strumenti per descrivere e codificare le forme di conoscenza, in modo che possano essere gestite da un calcolatore.

L'obiettivo dell'I.A., secondo le parole di uno dei suoi fondatori, M. Min- sky (1) del M.I.T., è quello di «far fare al calcolatore attività che richiederebbero intelligenza se fatte dall'uomo».

All'inizio le metodologie e le tecniche dell'I.A. furono applicate a proble- mi di scarso interesse pratico, come giochi o risoluzione di problemi astrati; successivamente i campi si sono ampliati e tra questi possiamo citare la robotica, la comprensione del linguaggio naturale, l'elaborazione della voce, l'automazione industriale e i sistemi esperti o sistemi basati sulla conoscenza (S.E.), che dal punto di vista medico rappresentano lo strumento di maggiore interesse.

#### COS'È UN SISTEMA ESPERTO

Schematicamente possiamo rappresentare la struttura di un S.E. come for- mata da due componenti principali, la base della conoscenza e il motore inferen- ziale, entrambe fondamentali per assicurarne un buon funzionamento (2, 3, 4). La base della conoscenza è un modulo che contiene tutte le informazioni, men- tre il motore inferenziale è un sistema di algoritmi di ricerca e selezione, che agisce sulla base della conoscenza allo scopo di identificare situazioni, formulare ipotesi e infine fornire soluzioni.

La base della conoscenza è la componente passiva, statica, il deposito nel quale sono memorizzate le conoscenze di base del sistema. La costruzione della base della conoscenza è un momento cruciale nella realizzazione di un S.E. e si avva- le della collaborazione tra «l'ingegnere della conoscenza» e l'esperto in quel par- ticolare campo.

La prima di queste due figure ha il compito di formalizzare, attraverso le metodologie e le tecniche dell'I.A., le nozioni che fanno dell'esperto uno specia- lista in quel settore. La collaborazione tra queste due figure è spesso, se non sempre, lunga e, soprattutto inizialmente, difficile, perché da un lato vi è una diffidenza e una difficoltà di comprensione reciproca, dovuta alla differenza di linguaggio e di logica, e dall'altro il problema di formalizzare in linguaggio macchina, in modo soddisfacente per entrambi, delle nozioni e soprattutto delle relazioni tra esse che spesso sono difficilmente codificabili.

Il motore inferenziale è la componente attiva del sistema, che individua di volta in volta le conoscenze necessarie e sviluppa su di esse complesse attività inferenziali e di ragionamento.

Un'altra componente importante del sistema è l'interfaccia utente, che deve essere in grado di ricevere da questi le informazioni e di tradurle in una forma compatibile con il resto del sistema e viceversa di ricevere informazioni dal si- stema e tradurle in un linguaggio adatto per trasmetterle all'utente.

#### PERCHÉ UN S.E. PER LA TOSSICOLOGIA

L'emergenza in medicina rappresenta un campo nel quale l'intervento deve essere tempestivo e il medico è quindi costretto a prendere decisioni in modo rapido. Questa fondamentale esigenza non deve però portare ad una superficialità nell'affrontare i problemi. Alcune patologie urgenti sono di frequente riscontro e quindi ogni medico è in grado di prendere dei provvedimenti senza l'interven- to dell'esperto in quel campo.

Altre invece, per la relativa rarità con cui si presentano, non sono altret- tanto gestibili dal medico generico e d'altro canto gli esperti che si occupano di tali patologie sono quelli più difficilmente reperibili, vista la loro relativa «scarsità».

La tossicologia è un campo di intervento di emergenza particolarmente in- teressante, sia per la necessità di interventi rapidi che per la scarsità di esperti. L'istituzione dei centri antiveleni ha sicuramente fornito al medico di Pronto Soccorso uno strumento in più per reperire rapidamente un esperto, ma non ha risolto il problema: non tutti i centri forniscono un supporto per tutte le 24 ore e di solito provvedono a dare delle indicazioni iniziali al medico ed even- tualmente suggeriscono il trasporto del paziente presso un ospedale di maggiori dimensioni o presso il centro stesso, creando però un sovraccarico di lavoro. Alcuni tipi di intossicazione potrebbero invece essere gestiti direttamente dal medico anche non esperto, se supportato continuamente da qualcuno o «qual- cosa» che lo guidi nella diagnosi, nella richiesta degli esami da eseguire e nelle scelte terapeutiche.

L'informatica ci è sembrata un campo interessante per tentare di creare uno strumento che offrisse un aiuto al medico non esperto.

#### IL PROBLEMA DELL'EVOLUZIONE TEMPORALE

Un requisito fondamentale di un supporto informatico per la tossicologia deve essere la sua capacità di tenere conto dell'evoluzione temporale dell'intos- sicazione: nel decorso di questa infatti il fattore tempo è di importanza cruciale, in quanto gli interventi devono essere il più precoci possibile per raggiungere il miglior risultato ed inoltre il tempo scandisce il passaggio da una fase all'altra dell'intossicazione.

Ci è quindi sembrato che uno strumento utile potesse essere un sistema ba- sato sulla conoscenza, o sistema esperto, che non si limitasse a porre una diagno- si e/o a dare dei consigli terapeutici, ma fosse in grado di seguire passo per passo il paziente nell'evoluzione della malattia, indirizzando il medico momento per momento nelle scelte terapeutiche.



## PROPOSTA

### *Modello sperimentale: l'intossicazione da Amanita phalloides*

Nell'ambito del vasto campo delle intossicazioni, abbiamo scelto l'intossicazione da funghi a lunga incubazione ed in particolare l'intossicazione da *Amanita phalloides* (5, 6).

### *Linguaggio di programmazione: LISP*

Come linguaggio di programmazione è stato impiegato il LISP (7), utilizzando il Golden Common Lisp come strumento operativo.

### *La costruzione dell'interfaccia: la cartella*

ES/P Advisor (8), un sistema esperto vuoto, è stato utilizzato per la costruzione di una cartella guidata, che propone al medico una raccolta anamnestica e un esame obiettivo il più possibile mirati verso la patologia più probabile, ponendo l'accento sulle problematiche più rilevanti.

La cartella è costituita da:

- una scheda anagrafica;
- una scheda per la raccolta della sintomatologia acuta;
- una scheda per l'anamnesi patologica prossima e remota;
- una scheda per l'esame obiettivo.

La SCHEDA ANAGRAFICA contiene, oltre ai dati del paziente, come nome, cognome, sesso, data di nascita, età, luogo di nascita, anche il luogo di origine della famiglia, in modo che il medico che raccoglie l'anamnesi ponga attenzione a particolari abitudini alimentari e più in generale di vita di individui provenienti da diverse regioni. Inoltre viene richiesto il luogo di residenza (città, via e numero telefonico), il lavoro e il luogo di lavoro, in relazione alla possibilità di intossicazioni avvenute in particolari zone abitate, o in particolari ambienti di lavoro. Un'altra domanda, che viene posta in questo ambito, riguarda eventuali hobbies del paziente, a causa di possibili intossicazioni con sostanze specificamente usate nello svolgimento di tali attività.

Un dato di particolare importanza, che viene richiesto dal calcolatore ogniqualvolta venga iniziata una nuova scheda, è la data e l'ora. Infatti nella sezione successiva, riguardante la SINTOMATOLOGIA ACUTA, in questo modello sperimentale particolarmente orientato verso la diagnosi di ingestione di funghi velenosi, viene richiesto se l'individuo ha mangiato funghi e, in caso di risposta affermativa, a che ora. Il sistema è in grado di calcolare quante ore sono trascorse e porre

subito una discriminazione tra intossicazione da funghi a lunga o a breve incubazione. Viene poi richiesta la quantità approssimativa di funghi ingeriti e se il paziente è in grado di procurarne dei campioni. In caso di risposta affermativa, il programma invita il medico, se possibile, a inviare i funghi al laboratorio per l'identificazione; in caso di risposta negativa, il programma continua, domandando come il paziente si è procurato i funghi e offre alcune alternative di risposta. Infatti, nel caso in cui i funghi siano stati acquistati al mercato o da venditori occasionali, il medico dovrà far intervenire il personale competente, affinché non ne vengano venduti altri e vengano rintracciate, se possibile, le altre persone a cui sono stati venduti, accertando le eventuali responsabilità penali. Nel caso in cui il paziente stesso o altre persone rintracciabili abbiano raccolto i funghi, il medico dovrà avvisarle, perché o non li mangino, se prima non sono stati esaminati dal micologo, o si rechino in ospedale se li hanno già mangiati. Inoltre viene chiesto come sono stati trasportati i funghi e dove sono stati conservati, per il possibile rischio di una tossinfezione, se il trasporto e la conservazione non sono stati condotti in modo che il prodotto si conservasse integro. Il programma offre anche in questo caso alcune alternative di risposta, per facilitare e soprattutto sveltire la raccolta anamnestica: infatti chiede se il fungo è stato trasportato con un cestino, con un sacchetto di plastica o di carta, se è stato conservato in frigorifero, in dispensa, o è stato consumato immediatamente. Inoltre viene chiesto in quale modo i funghi siano stati consumati e cioè se sono stati mangiati crudi, oppure bolliti, o trifolati, o ai ferri. Il sistema domanda inoltre se il paziente è in grado di riconoscere i funghi ingeriti, attraverso una serie di fotografie, o pone una serie di domande per tentare l'identificazione. Questa parte però verrà portata avanti in uno stadio successivo del procedimento diagnostico. Il sistema inizia poi una serie di domande relative alla comparsa di un elenco di sintomi, che è stato elaborato tenendo conto della sintomatologia che può presentarsi nel corso di una qualsiasi intossicazione.

Questo elenco è stato compilato in maniera tale da sveltire il più possibile la raccolta anamnestica. Nel caso in cui il paziente presentasse uno o più dei sintomi elencati, il programma richiede anche da quante ore sono presenti tali sintomi. Particolare attenzione è stata posta in questa prima elaborazione, mirata alle intossicazioni da funghi a lunga incubazione, verso i sintomi vomito e diarrea. Infatti nel caso in cui il paziente accusi la presenza di vomito e di diarrea, comparsi circa 6 ore dopo l'ingestione dei funghi, il sistema, dopo aver indagato sulla frequenza di tali manifestazioni e sulla presenza di frammenti di funghi nei liquidi di deiezione, dà alcuni suggerimenti circa gli esami di laboratorio da eseguire e i provvedimenti terapeutici da prendere. Il medico viene invitato ad inviare i materiali di deiezione al laboratorio per l'analisi micologica, se presente nell'ospedale, per l'identificazione della specie del fungo, attraverso i frammenti indigeriti o le spore, e ad eseguire subito al paziente un prelievo



per la determinazione di alcuni parametri ematochimici ed esattamente per ematocrito, natriemia, kaliemia, creatininemia, protidemia totale, glicemia. Inoltre viene suggerito di porre un catetere vescicale a permanenza, di posizionare un catetere venoso di Drum e di iniziare ad infondere 500 cc di soluzione isoelettrolitica. I provvedimenti terapeutici successivi ed il controllo degli esami di laboratorio verranno esaminati in seguito.

Il programma riprende, continuando l'esame dei sintomi, e passa poi alla sezione riguardante l'ANAMNESI PATOLOGICA PROSSIMA E REMOTA. Anche questa sezione è strutturata in maniera tale da sveltire la raccolta anamnestica ed è costituita da un elenco di patologie raccolte in gruppi e completata da una domanda riguardante l'eventuale assunzione di farmaci.

L'ESAME OBIETTIVO è stato rappresentato in modo piuttosto sommario e mirato a rilevare dati che possano essere significativi per l'impostazione del ragionamento diagnostico e terapeutico, tralasciando parti di esame obiettivo che, pur molto importanti, non sono di immediato interesse in questa situazione di emergenza. Tutti i dati contenuti nella cartella vengono immagazzinati dal sistema e verranno poi recuperati durante la valutazione successiva degli esami di laboratorio e dei provvedimenti terapeutici.

#### LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA PER L'INTOSSICAZIONE DA *Amanita phalloides*

##### *L'uso dei frames per il riconoscimento dell'agente tossico*

Abbiamo utilizzato i frames secondo MINSKY (9) per la rappresentazione della conoscenza tassonomica dei funghi.

Il frame (cornice) è una struttura di tipo dichiarativo ed è utilizzato per la rappresentazione di una situazione stereotipata. Ad ogni frame sono legati diversi tipi di informazione: alcune di queste danno indicazioni su come usare il frame, altre prospettano ciò che ci si può aspettare come conseguenza della situazione, altre ancora forniscono schemi di azione da impiegare nel caso in cui le aspettative non vengano soddisfatte.

Abbiamo dapprima costruito un frame «ideale» vuoto. Questo frame è strutturato in modo tale che nei terminali alti vi sia la specie del fungo e in quelli bassi differenti sezioni riguardanti:

- i caratteri organolettici del fungo (forma, dimensione, colore delle sue componenti);
- l'ubicazione del fungo (tipo di terreno, tipo di bosco);
- il periodo di crescita durante l'anno;
- le principali proprietà tossicologiche (sostanze tossiche);
- la sintomatologia iniziale.

Questo frame è stato poi riempito con le informazioni relative ad ogni specie di fungo esaminata e si sono creati un certo numero di frames.

Abbiamo compilato un frame per ogni fungo che provoca una intossicazione a lunga incubazione e precisamente per l'*Amanita phalloides*, l'*Amanita verna*, l'*Amanita virosa*, la *Galerina marginata*, la *Lepiota helveola*, la *Giromitra esculenta* e il *Cortinarius orellanus*. I nodi più bassi sono quelli che contengono le informazioni che vengono richieste al paziente. Il riconoscimento del fungo avviene attraverso un meccanismo di confronto tra le informazioni ottenute dal paziente e i dati contenuti nei terminali bassi dei frames.

##### *L'uso dei grafi di eventi per la diagnosi di fase e per la terapia*

Per la rappresentazione della conoscenza di carattere procedurale (10), senza disperderla in un gran numero di regole, sono stati impiegati i grafi di eventi (11, 12).

I grafi di eventi sono grafi orientati e bipartiti con due tipi di nodi, POSTI e TRANSIZIONI.

I posti sono graficamente rappresentati da un cerchio e le transizioni da un quadrato. Gli archi vanno dai posti alle transizioni e dalle transizioni ai posti. I posti sono contrassegnati da espressioni (esP), che hanno il ruolo di asserzioni, e le transizioni sono contrassegnate da due espressioni, che sono interpretate come condizioni (cond) e azioni (az). Il susseguirsi degli eventi viene rappresentato con la marcatura. In un dato momento un insieme di posti contiene un punto (marca) e i posti vengono così detti marcati. Una transizione è attivata quando tutti i posti che hanno un arco diretto verso detta transizione (i suoi posti di input) sono marcati e i posti di output (quelli verso cui è diretto l'arco che parte da tale transizione) non sono marcati. Una transizione scatta quando è attivata e le sue condizioni sono verificate. Quando una transizione scatta tutti i suoi posti di input sono non marcati, tutti i suoi posti di output sono marcati e l'espressione azione è valutata. Quindi per un dato grafo di eventi, la marcatura contiene tutte le informazioni per una evoluzione dinamica.

Ogni grafo ha una marca iniziale e una condizione iniziale. Quando la condizione iniziale è verificata, il grafo diventa attivo ed è marcato con la sua marca iniziale.

L'evoluzione della intossicazione da *Amanita phalloides* viene comunemente suddivisa in fasi (5, 6) e l'identificazione della fase in cui si trova il paziente è importante per poter stabilire i provvedimenti terapeutici da instaurare, per avere una indicazione prognostica e per valutare i risultati degli esami di laboratorio. Lo sviluppo a fasi dell'intossicazione e i provvedimenti terapeutici da instaurare possono essere considerati come una procedura.

Inizialmente abbiamo riconosciuto gli elementi a cui attribuire il ruolo di transizioni e quelli a cui attribuire il ruolo di posti; poi abbiamo costruito il



grafo. Le transizioni (T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6) rappresentano le fasi successive dell'intossicazione e i loro posti di output contengono l'espressione "è verificata la fase...". I posti di input delle transizioni di questo grafo contengono le espressioni della sintomatologia e dei risultati degli esami di laboratorio e vengono marcati dall'arrivo di tali dati, provenienti dalla sezione dati correnti. Siamo dovuti ricorrere ad un artificio ed abbiamo duplicato le transizioni. Infatti dovevamo far sì che una transizione scattasse anche se non erano marcati tutti i suoi posti di input, ma solo quelli contenenti le espressioni riguardanti la sintomatologia o gli esami di laboratorio che caratterizzano una data fase. Quindi perché sia attivata una transizione, è indispensabile la marcatura di alcuni posti di input, mentre la presenza della marca anche in altri attiva la transizione parallela (che rappresenta la medesima fase). Il posto di output è comune alle due transizioni parallele. Ad esempio la transizione T-1, che rappresenta la prima fase, detta della latenza o del silenzio sintomatologico, scatta quando sono marcati i posti che contengono le seguenti espressioni:

1. l'individuo ha mangiato funghi;
2. sono passate 6-8 ore dall'ingestione;
3. l'individuo denuncia nausea, pesantezza epigastrica, malessere.

Non è necessario che quest'ultima espressione sia marcata affinché scatti la transizione.

#### *L'uso delle regole di produzione per la conoscenza euristica*

Le regole di produzione (2, 3) sono strumenti per la rappresentazione della conoscenza, ampiamente utilizzati nella implementazione dei sistemi esperti, da noi impiegate nella rappresentazione della conoscenza euristica.

Una regola di produzione è un costrutto, composto da due parti logicamente connesse. La prima parte, detta parte IF della regola, contiene le condizioni che devono essere verificate perché una certa azione, la parte THEN della regola, possa scattare.

IF A

THEN B

dove A è condizione sufficiente perché valga B.

La parte condizionale della regola può contenere più fatti tra loro congiunti o disgiunti:

IF A or B oppure IF A and B

THEN C

oppure una combinazione dei connettivi.

Le regole di produzione non sono tra loro connesse, ma rappresentano dei frammenti di conoscenza a sè stanti.

La regola adatta ad una determinata situazione viene identificata attraverso un meccanismo di ricerca e selezione che può seguire due diverse strategie: ricerca in avanti (forward) o ricerca all'indietro (backward). Nel primo caso la selezione delle regole avviene sulla base dei dati di partenza accertati: vengono scelte le regole che contengono nelle premesse (parte IF) riferimenti il cui valore è noto. Nel secondo le regole vengono selezionate sulla base dell'obiettivo che si vuole raggiungere, in genere una ipotesi da verificare: vengono scelte le regole che contengono nella conclusione (parte THEN) l'obiettivo desiderato.

La conoscenza procedurale della diagnosi di fase e della terapia è affiancata dalla conoscenza euristica, che permette di affrontare le situazioni impreviste. Abbiamo dapprima individuato i punti della procedura nei quali era necessario un chiarimento o un approfondimento, e abbiamo poi costruito le regole. Esse costituiscono quindi il mezzo per la gestione di situazioni non previste nel decorso «ideale» dell'intossicazione, che vanno dalla situazione imprevista alla gestione dell'intossicazione nel paziente portatore di una patologia concomitante.

Questi formalismi di rappresentazione della conoscenza che abbiamo descritto costituiscono il corpo della conoscenza contenuta nella base della conoscenza.

L'architettura del sistema prevede che i dati provenienti dal paziente siano inseriti nella sezione dei dati correnti in contatto con la banca dati, che non è un semplice magazzino, ma, ricevendo informazioni sia dalla sezione dati correnti che dalla base della conoscenza, contiene la situazione del paziente momento per momento.

Purtroppo il prototipo costruito in tale modo ha presentato alcuni problemi di funzionamento, che non ci hanno consentito di passare in fase di verifica oltre lo stadio definito «di laboratorio» (13). Infatti ci siamo trovati di fronte a difficoltà di comunicazione tra le varie parti del sistema e soprattutto non è stato possibile trovare un modo agevole per far comunicare il sistema esperto vuoto, utilizzato per la gestione della cartella e dell'interfaccia utente con il resto del sistema. Inoltre l'interfaccia non si è dimostrata abbastanza semplice da impiegare e in particolare i tempi richiesti per il suo funzionamento erano troppo lunghi e laboriosi, fatto che si scontrava pesantemente con tutta la filosofia del sistema, che prevede un funzionamento veloce per dare risposte immediate e permettere di instaurare terapie rapidamente.

Abbiamo quindi pensato di ristrutturare il sistema in una maniera differente perché potesse meglio rispondere alle caratteristiche pratico-funzionali precedentemente esposte.



Il metodo di rappresentazione eterogeneo della conoscenza ci è sembrato ancora valido e appropriato per rappresentare i diversi tipi di conoscenza che abbiamo inizialmente identificato e quindi non abbiamo ritenuto necessario attuare dei cambiamenti a tale livello, ma abbiamo invece ritenuto indispensabile scegliere una nuova strategia di software, utilizzando un unico ambiente integrato per la gestione del sistema.

Considerando il fatto che il sistema deve funzionare su personal computer con sistema operativo DOS, abbiamo pensato di adottare un pacchetto software attualmente non più commercializzato: Turbo Prolog 2.0 della Borland. Il vantaggio di tale pacchetto è dato dalla possibilità di gestire con un solo linguaggio tutto il nostro sistema (interfaccia utente, database, base della conoscenza e motore inferenziale), rendendolo più flessibile sia in fase di progettazione che di formalizzazione e manutenzione. Tale pacchetto possiede inoltre la possibilità di creare, attraverso una funzione aggiuntiva, dei predicati da parte dell'esperto senza ricorrere all'ingegnere della conoscenza. Questo offre il vantaggio di poter aggiornare la base della conoscenza in modo autonomo, senza apportare cambiamenti all'architettura, né alle strutture del sistema. Un altro vantaggio è costituito dalla facilità con cui il sistema può spiegare in ogni momento il suo operato, caratteristica fondamentale per un sistema esperto e che non era stato ancora possibile acquisire con il prototipo precedente.

Dal momento che le conoscenze acquisite e formalizzate nel precedente prototipo non vanno perse, ma anzi costituiranno un lavoro basilare già svolto, noi speriamo in occasione di un prossimo vostro incontro di potervi presentare non più un sistema sulla carta, ma di potervi mostrare su Personal Computer un sistema funzionante, con il quale poter effettuare delle simulazioni e verificare quindi l'operato del sistema, confrontandolo con quello degli esperti.

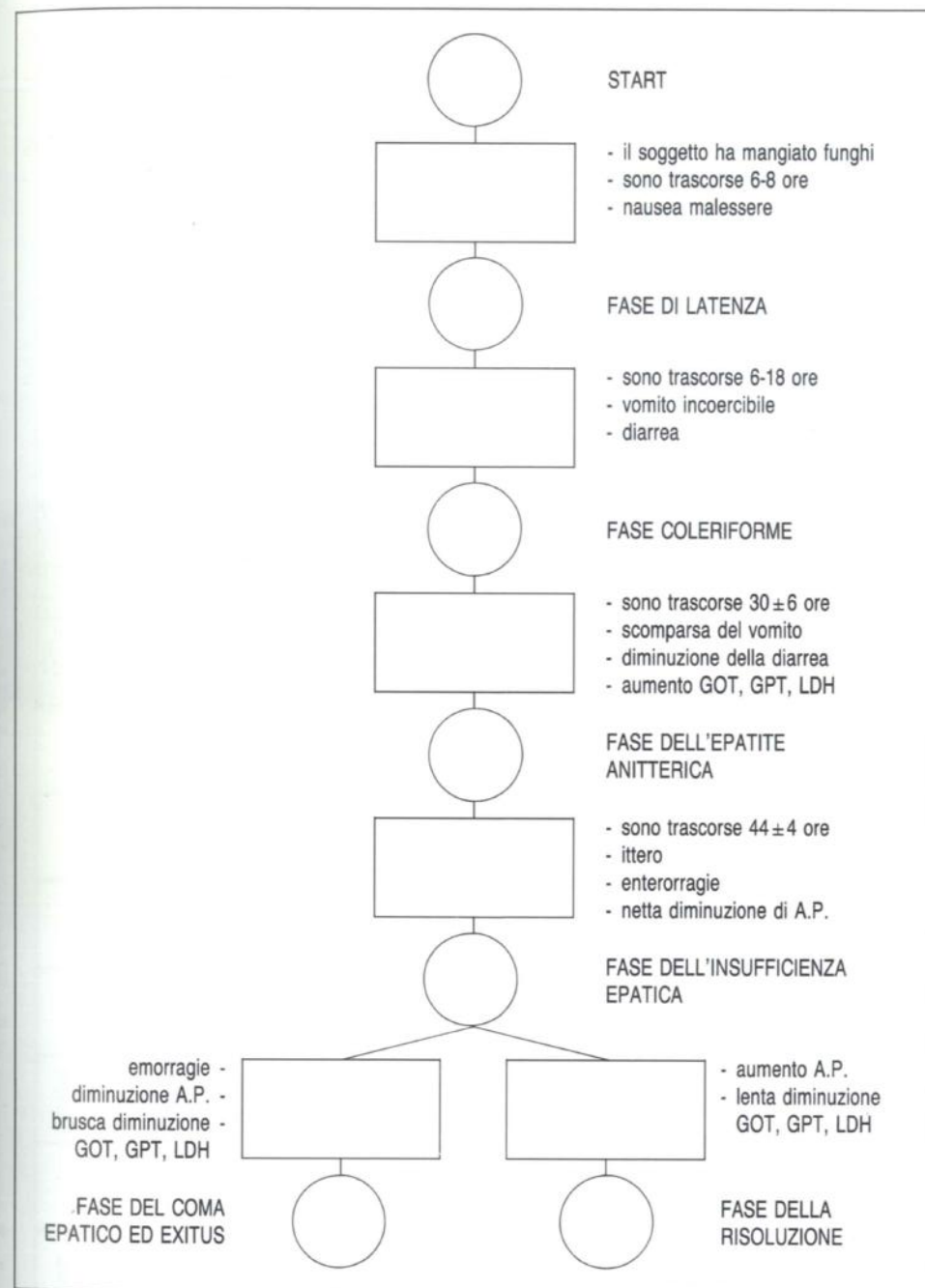


Fig. 1 - Rappresentazione grafica del grafo di eventi per la diagnosi di fase.

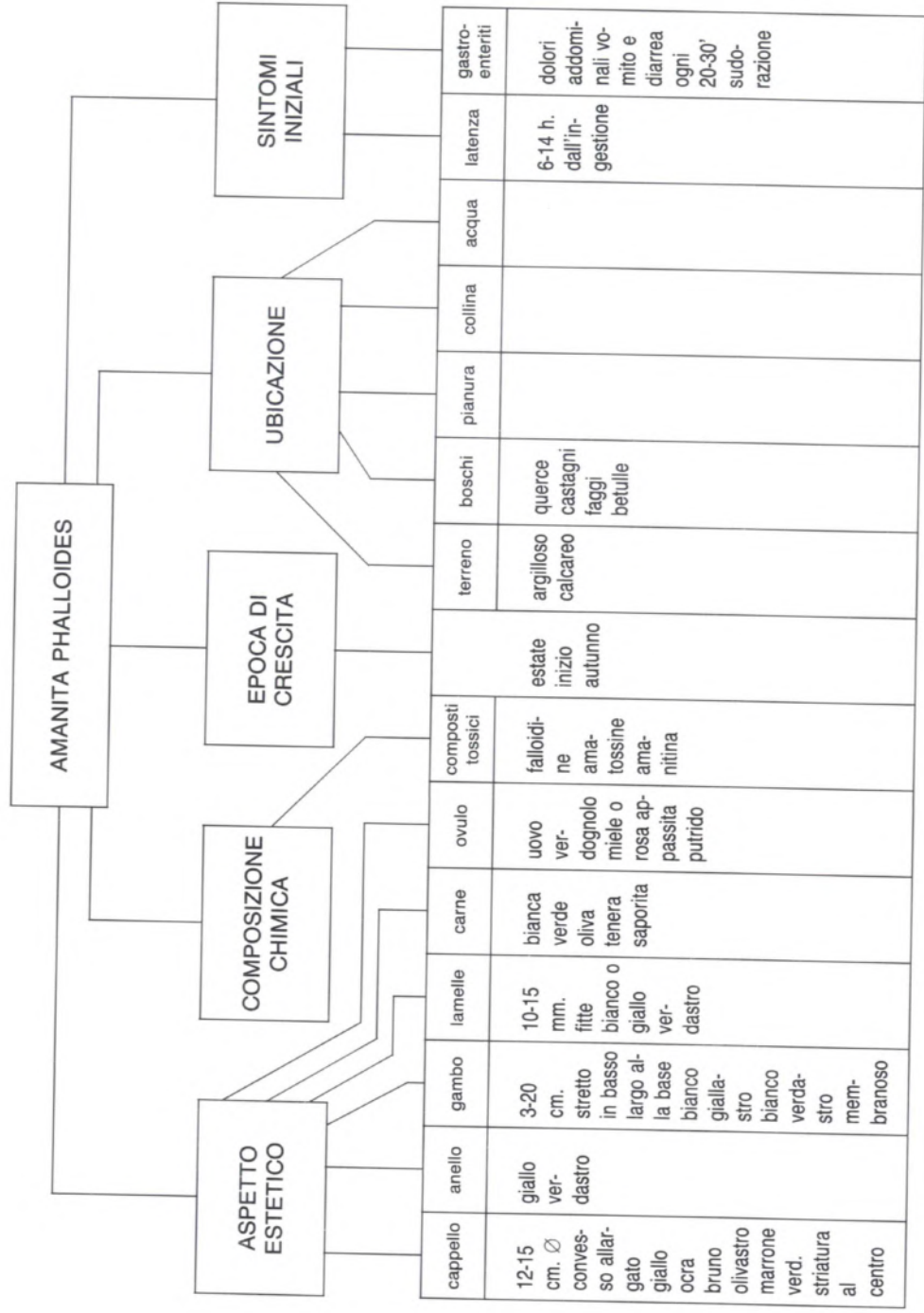


Fig. 2 - Rappresentazione grafica del frame per l'*Amanita phalloides*.

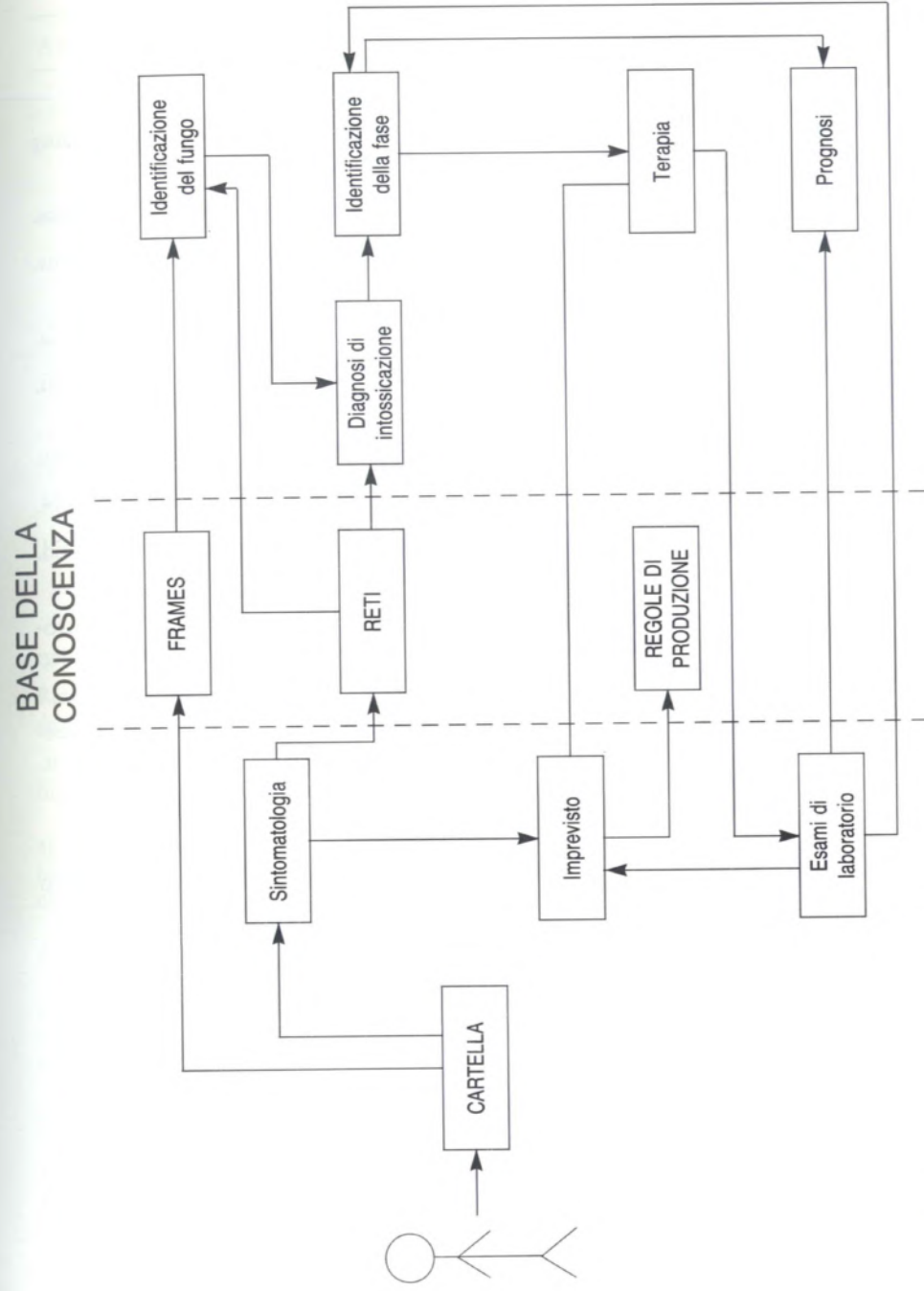


Fig. 3 - Architettura generale del sistema.

## BIBLIOGRAFIA

1. MINSKY M., 1968 - Semantic information processing. *MIT Press*, Cambridge.
2. WATERMAN D. A., 1986 - A guide to expert system. *Addison-Wesley Publishing Company*.
3. HARMON P. and KING D., 1987 - Expert system. *Artificial Intelligence in Business*.
4. HAYES-ROTH F., WATERMAN D. A. and LENAT D. B., 1983 - Building expert systems. *Addison-Wesley Publishing Company*.
5. COSTANTINO D., 1985 - Gli avvelenamenti da funghi a lunga incubazione. *Farmitalia*.
6. COSTANTINO D. e coll., 1984 - La diagnosi e la terapia degli avvelenamenti da funghi. *Regione Lombardia*.
7. WINSTON P. H. AND HORN K. P., 1981 - LISP. *Addison-Wesley Publishing Company*.
8. ES/P Advisor user's guide and reference manual. Oxford, OX2 OJB Issue 1, 1984.
9. MINSKY M., 1981 - A framework for representing knowledge. In Haugeland J. Ed. *Mind Design* MIT Press: 95.
10. WINOGRAD T., 1975 - Frame representations and the declarative-procedural controversy. In BOBROW D. G. and COLLINS A. M. Eds. *Representation and understanding: studies in cognitive science*. *Academic Press*: 185.
11. GALLANTI M., GUIDA G., SPAMPINATO L., STEFANINI A., 1985 - Representing procedural knowledge in expert system: an application to process control. *Proc. 9th Int. Joint Conf. on A.I.*
12. REISIG W., 1984 - Le reti di Petri. *A. Mondadori*.
13. WYATT J. and SPIEGELHALTER D., 1990 - Evaluating medical expert system: what to test and how. *Med. Inform.*, 15: 205-17.

---

Indirizzo degli autori:

S. Cartasegna, G. Cribbio, M. Peta, A. Piroddi, F. Fanelli & D. Costantino  
Cattedra di Medicina d'Urgenza e Pronto Soccorso  
Istituto di Medicina Interna e Fisiopatologia Medica  
Università degli Studi di Milano  
Via F. Sforza, 35 - 20122 Milano

---