

UN SISTEMA ESPERTO A SUPPORTO DELLA SCELTA DI INTERVENTO CONSERVATIVO SU BENI CULTURALI

1. INTRODUZIONE

Il progetto di realizzazione del Sistema di supporto alle decisioni per gli interventi conservativi su materiali litoidi e metallici, nell'ambito del Piano Nazionale di Ricerca per la Chimica del Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica, *SEMPRE*¹ (Sistema Esperto Montedison per il Restauro) è da considerarsi un progetto di ricerca, a carattere sperimentale.

Una delle scelte progettuali è stata quella di prendere solamente in considerazione gli interventi non strutturali in quanto questi ultimi necessitano di analisi e si basano su principi propri della scienza delle costruzioni non rientrando di conseguenza negli scopi dei Programmi Nazionali di Ricerca per la Chimica.

Nello stesso tempo si è assunto come prerequisito che relativamente ai casi che possono essere presi in considerazione dal sistema siano state effettuate tutte le indagini di tipo diagnostico necessarie per poter affrontare in maniera metodologicamente corretta un intervento conservativo.

L'obiettivo principale del progetto è consistito nel mettere a punto un programma informatico atto a verificare un modello formale dell'universo delle entità, eventi, interazioni, stati, operazioni etc... che caratterizza il dominio degli interventi conservativi su materiale litoide o metallico.

Tale modello, ideato da esperti nel settore, è stato trasportato in un *sistema esperto* in grado di esaminare un caso reale di patologia riguardante un bene culturale litoide o metallico e di fornire indicazioni sul tipo di intervento conservativo da effettuare, nonché informazioni sulla sistematicità, l'efficacia e l'economicità del tipo di intervento suggerito. Il sistema, inoltre, accedendo ad un'apposita base di dati, segnala all'utente, laddove documentati, tutti i casi che presentino un certo grado di affinità con il caso istruito.

Un sistema esperto, come è noto, è un programma informatico basato, piuttosto che su procedure, su un insieme di regole; infatti mentre all'interno di un programma procedurale viene esplicitato il percorso che porta alla progressiva valutazione delle specifiche delle procedure, in un programma basato su regole viene fornito un elenco disordinato di particolari strutture, le regole appunto, formate da una dichiarazione detta *premessa* ed una dichiarazione detta *conclusione*, le quali vengono continuamente valutate da una procedura (motore inferenziale) che ha il compito, volta per volta, di attivare

¹ Lavoro svolto nell'ambito di un contratto relativo al Programma Nazionale di Ricerca sulla Chimica II Fase ed affidato dal Ministero dell'Università Scientifica e Tecnologica alla Ausimont S.p.A. Milano.

la "conclusione" delle regole di cui sia verificata la "premessa". Le dichiarazioni che formano le regole sono composte da espressioni formate da parametri ed operatori booleani. Il valore dei parametri contenuti nelle premesse, il quale determina la valutazione della regola, può derivare sia da sorgenti di informazione esterne al sistema (es. archivi), sia da *conclusioni* di altre regole, caso in cui si viene a creare una correlazione tra regole diverse all'interno dello stesso sistema.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO²

Il sistema informatico *SEMPRE*, per il supporto agli interventi conservativi su beni culturali composti da materiali litoidi e metallici, ha due funzionalità fondamentali: dato un caso di intervento, fornire indicazioni sulle tecniche ed i materiali da adottare e reperire in particolari archivi di riferimento, casi analoghi. Entrambe queste funzionalità hanno alla base una tecnica di rappresentazione del caso in esame mediante la quale l'utente può formalizzare le proprie conoscenze sul caso stesso. Data la vastità della tipologia delle entità, delle connotazioni delle entità, degli eventi in cui queste possono essere coinvolte che caratterizza il campo applicativo del sistema, la specificazione dell'informazione sui casi di intervento non si può ridurre con facilità a percorsi e schemi prefissati. Si è preferita quindi una modalità di immissione dei dati forse meno immediata dei tradizionali schemi informatici di dialogo, ma capace della flessibilità che il dominio di applicazione richiede.

Il metodo di descrizione del caso si basa su un formalismo che chiamiamo *rete semantica*. In una rete semantica infatti si distinguono i *concetti* e le *istanze*. I concetti rappresentano in senso astratto una categoria individuata nella realtà, le istanze rappresentano un individuo particolare riconducibile ad un concetto. I concetti sono organizzati in una struttura tassonomica, vale a dire che è possibile definire concetti generali e concetti particolari, questi ultimi derivanti dai primi. Ogni concetto può essere caratterizzato da predicati detti *attributi*: sono rapporti che il concetto intrattiene con altri concetti mediante una relazione definita. La particolarità della struttura tassonomica dei concetti è che gli attributi definiti sui concetti generali sono altresì definiti sui concetti particolari.

Le istanze rappresentano, come abbiamo detto, elementi della realtà visti come concretizzazione di un concetto definito. Tra le istanze, ovviamente, non esistono rapporti gerarchici: non vi sono istanze che derivano da altre istanze. Piuttosto ogni istanza è caratterizzata da un riferimento univoco al concetto di cui è espressione. Tra le istanze possono essere definite relazioni, dette *caratteristiche*, che devono corrispondere agli attributi definiti a livello concettuale. Un caso di intervento conservativo può essere formalizzato come

² Al Progetto hanno contribuito G. Bortolaso, M. Geddo, I. Oggiano.

struttura di istanze caratterizzate, formanti una rete, che fanno riferimento ad una adeguata organizzazione di concetti e attributi.

Avendo al suo interno una struttura di concetti disegnata appositamente per esprimere l'universo semantico cui fa riferimento l'operatore del settore, il sistema mette a disposizione un complesso di controlli grafici che offre la possibilità di formare in modo corretto e intuitivo la rete di istanze che rappresenta un caso di intervento.

La finestra grafica di gestione del caso di intervento presenta alcuni simboli grafici che rappresentano i concetti fondamentali attraverso i quali l'utente formalizza il proprio caso. Mediante una certa sequenza di operazioni, tali simboli possono essere trascinati all'interno della finestra dove rappresenteranno l'istanza del concetto simbolizzato. Su tali simboli l'utente potrà operare nelle modalità specificate per definire l'esatta tipologia semantica delle istanze e i dati relativi alla loro caratterizzazione in termini di relazioni con altre istanze concettuali all'interno del caso. Alle istanze l'utente potrà anche attribuire un nome simbolico, sostituendolo all'identificativo assegnato automaticamente dal sistema al momento dell'istanziamento (Tav. XXXIV, b).

La struttura di rappresentazione dei dati, che è stata ritenuta idonea a descrivere le entità caratteristiche del dominio nonché le loro reciproche relazioni, come abbiamo detto prende il nome di *rete semantica*. Tale struttura di rappresentazione consiste in una estensione del modello *entità/relazioni* noto nell'ambito dei sistemi di gestione dei dati.

Prima ancora di elaborare gli elementi specifici della rete semantica idonea a rappresentare il dominio del sistema, sono stati identificati alcuni principi generali di impostazione dell'analisi.

Il primo principio generale consiste nell'individuare gli elementi analitici secondo criteri *naturalistici* piuttosto che *culturali*. Questo significa che l'attenzione degli esperti di dominio si è portata sull'identificazioni delle caratteristiche fisiche, biologiche, strutturali degli *oggetti* del dominio piuttosto che sulle categorizzazioni prodotte dall'uso linguistico e dalle convenzioni culturali riguardanti tali oggetti.

Si è evitato, ad esempio, di portare nell'analisi la categoria *bene culturale*, il cui statuto deriva dal modo in cui la nostra cultura dà valore a determinati oggetti, centrando invece l'attenzione sul modo migliore di descrivere la composizione, la struttura, la collocazione ambientale dei sistemi fisici che possono divenire oggetto di intervento conservativo.

Il secondo principio consiste nel mantenere un ampio grado di libertà dall'analisi rispetto alla pragmatica del sistema, vale a dire nel non farsi condizionare, in fase analitica, da quelle che possono essere immaginate, al momento dell'analisi, come prestazioni finali del sistema. Un errore molto grave sarebbe stato, infatti, il tentare di ricostruire categorie *ad hoc* sulla base dei risultati desiderati su una base (necessariamente ristretta) di casi reali.

Si è reputato che, laddove sono disponibili conoscenze elaborate in

forma scientifica, tali conoscenze dovessero essere riportate nel sistema nelle modalità più aderenti alla strutturazione di tali conoscenze, a prescindere da ogni considerazione relativa all'uso del sistema stesso.

Questo principio può avere come effetto la presenza nel sistema finale di conoscenze che, nella base reale dei casi trattati, non vengono effettivamente utilizzate.

Tale effetto di *ridondanza*, pur non essendo del tutto negativo (si colloca già, ad esempio, nella prospettiva di un ampliamento dell'uso del sistema), è comunque tenuto presente in sede di analisi, e talvolta può portare all'adozione consapevole di alcune *deroghe*.

Ad esempio, un fenomeno come quello dell'umidità atmosferica, che dovrebbe essere analizzato nei termini della composizione fisico-chimica di quel particolare aggregato rappresentato dall'atmosfera terrestre, può essere pragmaticamente sintetizzato in un parametro numerico applicato al "sistema ambiente", laddove però si sia consapevoli (anche in termini documentari) che tale parametro si colloca in luogo di un complesso analitico più articolato.

Il terzo principio, infine, è quello dell'esplicitazione dei criteri di analisi. Questo significa che l'articolazione classificatoria degli elementi analitici, tale che gli elementi sono inquadrati in gerarchie che vedono gli elementi particolari subordinati a quelli generali, deve basarsi su criteri esplicitabili e documentabili. Così, ad esempio, se la classe delle *particelle* si articola nelle sottoclassi *atomi* e *molecole*, il criterio di tale articolazione sarà quello della *composizione*: le molecole sono composte da atomi.

Fa parte della tradizione scientifica, poi, il principio della *non moltiplicazione senza necessità* di tali criteri analitici, sicché l'obiettivo di massima della analisi del dominio del sistema è quello di ottimizzare il rapporto tra articolazione degli elementi analitici e dei criteri di analisi.

La rete semantica che gli esperti hanno elaborato per descrivere il dominio sul quale si applica il sistema prevede tre categorie fondamentali: le ENTITÀ, gli STATI, gli EVENTI.

Quella delle ENTITÀ è la categoria che racchiude tutto ciò che è materiale. Tale categoria è al suo interno organizzata mediante un criterio compositivo, per il quale vengono identificate ENTITÀ sulla base del loro grado di articolazione in termini di altre ENTITÀ.

La categoria degli STATI è direttamente correlata a quella delle ENTITÀ mediante la relazione CARATTERIZZA. Tale categoria rappresenta una collezione di attributi qualificativi delle ENTITÀ, e pertanto ha una organizzazione interna simmetrica ad esse.

La categoria degli EVENTI classifica tutti i processi temporali nei quali le ENTITÀ possono essere coinvolte.

Nel caso in oggetto, la base di conoscenza è costituita dalle *regole* che formalizzano le conoscenze e le esperienze sulle problematiche di conservazione. Si sono infatti definite una serie di regole che, basandosi sul modello

entità/relazione identificato dagli esperti, controllano la problematica di conservazione di un bene culturale, rendendo possibile l'automazione del processo decisionale riguardante gli interventi conservativi. Tali regole, rappresentate e catalogate tramite una scheda descrittiva, contengono nella premessa i dati descrittivi dell'oggetto di intervento e delle sue patologie e nella conclusione le determinazioni sull'intervento.

Si è stabilito di suddividere la Base di conoscenza in gruppi omogenei di Regole ognuno dei quali risolvesse un particolare aspetto "operativo" inerente il procedimento di "restauro" di un Bene Culturale. I gruppi individuati sono relativi alle regole di PRECONSOLIDAMENTO, PULITURA, STABILIZZAZIONE, INCOLLAGGIO, CONSOLIDAMENTO, STUCCATURA, PROTEZIONE, INTEGRAZIONE, FISSAGGIO.

Un altro servizio che il sistema è in grado di fornire è quello del reperimento di documentazione su casi di restauro che presentano qualche analogia con quelli trattati volta per volta dall'Utente. Si è dotato quindi il Sistema Esperto di una apposita funzione denominata appunto di SIMILARITÀ che è in grado di scandire l'insieme dei casi memorizzati valutando di volta in volta il livello di analogia fra ogni caso dell'archivio e quello in corso di istruzione da parte dell'utente, utilizzando allo scopo un apposito *algoritmo di valutazione* che opera sull'insieme dei dati con cui si sono definiti i casi. La possibilità di valutare l'analogia all'interno di insiemi di dati dipende fortemente dalle strutture di rappresentazione dei dati stessi: vale a dire dal tipo di correlazioni che tali strutture istituiscono tra i dati.

In una rete semantica esistono rapporti gerarchici tipo-sottotipo che permettono di valutare la analogia tra due tipi diversi in termini di *grado di parentela* e i rapporti non gerarchici tipo-tipo che permettono di confrontare le liste di oggetti coi quali due diverse istanze sono correlate. Tali correlazioni permettono di definire algoritmi per la stima del grado di affinità tra collezioni di istanze diverse in modo piuttosto completo ed articolato. Da ciò scaturisce che la similarità tra due istanze è in rapporto diretto con la similarità dei concetti che rappresentano i loro tipi, con l'aggiunta di un fattore derivante dalla differenza delle loro rispettive caratteristiche.

Poiché i dati con cui il Sistema tratta corrispondono a casi (grafi di istanze), valutare la similarità tra il caso istruito dall'utente e i casi in archivio richiede ulteriori operazioni. L'algoritmo di valutazione della similarità viene iterato su tutte le coppie di istanze che costituiscono rispettivamente il grafo descrittivo del caso istruito e quella dell'*n*-esimo caso reperito nell'archivio. I risultati ottenuti sono filtrati per determinare quelli che rendono conto della massima similarità tra istanze riscontrata.

Il sistema è dotato inoltre di un programma di elaborazione digitale delle immagini appositamente sviluppato al fine di poter effettuare una sorta di simulazione degli interventi proposti dal sistema stesso sulle immagini relative ai casi presi in considerazione.

Il programma, oltre alle normali funzioni di trattamento delle immagi-

ni offre funzioni di editing sul colore, possiede alcune funzioni sviluppate appositamente per l'applicazione relativa ai beni culturali. In particolare sono presenti tre gruppi di funzionalità: la prima relativa alla geometria (zoom, cambio delle dimensioni, rotazione, deformazione, prospettiva, riflessione), la seconda relativa al filtraggio (simulazione della pulitura, integrazione della crepa, eliminazione dei disturbi e sfocatura, rilevazione dei contorni, filtraggio mediano vettoriale), la terza infine relativa alla statistica (istogrammazione, segmentazione, componenti principali, matrice di cooccorrenza).

In particolare risultano significative nel nostro contesto alcune delle funzionalità sopra elencate:

– *Prospettiva*: Deforma un'immagine secondo le trasformazioni prospettiche, simulando una rotazione del quadro prospettico: è possibile o raddrizzare un'immagine nella quale sia presente un rettangolo, oppure applicare ad un'immagine una deformazione prospettica arbitraria, scegliendo i quattro vertici del quadrilatero in cui si vuole che l'immagine venga deformata.

– *Simula pulitura*: Questa funzione permette di applicare ad un'immagine una trasformazione cromatica, simulando l'effetto di una alterazione dei colori. La funzione richiede in ingresso tre immagini a colori a 24 bit. La prima immagine contiene la zona che ha subito l'alterazione cromatica, la seconda contiene la stessa zona dopo l'alterazione, la terza è l'immagine a cui deve essere applicata la trasformazione. Se nella prima o nella seconda immagine è stata selezionata un'area rettangolare, viene assunto che l'alterazione sia avvenuta solo in quell'area: viene così determinata una trasformazione che porti i colori della prima immagine (o della zona selezionata) nei colori della seconda (o della zona corrispondente). La terza immagine può eventualmente coincidere con la prima; in ogni caso la trasformazione verrà applicata a questa immagine nella sua totalità, anche se fosse selezionata un'area. La trasformazione applicata può essere lineare o quadratica.

– *Integrazione crepa*: La funzione opera sull'immagine corrente, e richiede che in essa sia selezionata un'area. L'area selezionata, che può avere una qualsiasi delle forme disponibili, deve corrispondere alla porzione degradata di cui si vuole simulare il restauro. Per eseguire la simulazione del restauro occorre indicare la zona dell'immagine che deve essere presa come riferimento; in base ai dati estratti da questa zona verrà ricostruita la parte mancante. La zona di riferimento deve avere una forma rettangolare. Il procedimento di ricostruzione richiede infine due parametri, che sono in relazione con l'accuratezza della ricostruzione della tessitura; i valori dei parametri sono estremamente critici; per ottenere buoni risultati è spesso necessario fare alcuni tentativi, variando i loro valori; a seconda della tessitura, può essere necessario utilizzare un valore elevato per uno di essi, e piccolo per l'altro, oppure valori simili.

– *Segmentazione*: Divide l'immagine selezionata o le immagini selezionate in aree omogenee, o cluster. Il metodo di divisione in cluster può essere scelto fra

scelta automatica dei cluster oppure scelta dei cluster da aree di apprendimento.

– *Componenti principali*: Se si selezionano n immagini ($n > 2$) viene calcolata una trasformazione ortogonale nello spazio n -dimensionale che rende diagonale la matrice di covarianza. In questo modo si ottengono n immagini, combinazioni lineari delle immagini selezionate, che sono tra loro statisticamente indipendenti. Per ogni immagine prodotta viene indicato il corrispondente autovalore nella matrice di covarianza.

– *Matrice di cooccorrenza*: Viene calcolata la matrice di cooccorrenza dell'immagine, secondo un vettore spostamento arbitrario, che deve essere inserito dall'utente. Il calcolo può essere effettuato sugli 8 bit dell'immagine (o di ciascuna banda per immagini a colori) oppure si può scegliere di utilizzare solo gli n bit più significativi.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il sistema esperto è stato sviluppato in ambiente UNIX (X-WINDOWS) utilizzando come motore inferenziale il tool TIRS di IBM, risultando idoneo a fornire un supporto alle scelte di intervento, suggerendo gli strumenti, le modalità e le classi di prodotti da utilizzare.

Al fine di testare il prototipo sviluppato sono stati istanziati numerosi casi reali di interventi di restauro tratti in gran parte dalla letteratura, anche in collaborazione con gli uffici periferici del Ministero BBCC. I casi presi in considerazione riguardano principalmente edifici di interesse storico artistico o particolari di questi come anche singoli oggetti.

Da un punto di vista dei materiali costituenti sono stati presi in considerazione sia i litoidi naturali che artificiali nonché i metalli nobili e non, anche in lega.

Relativamente alle patologie di degrado dei materiali costituenti si è cercato di individuare una serie di casi sufficientemente rappresentativi delle situazioni più ricorrenti tenendo anche presenti le possibili differenti situazioni ambientali (interno/esterno, urbano/rurale, etc.)

In ultimo il sistema è stato implementato in modo tale che l'utente possa ampliare la base di conoscenza introducendo nuove regole o modificando quelle esistenti via via che si consolidano le procedure di intervento su basi tecnico scientifiche nella prassi del restauro; tutto questo con lo scopo di ottimizzare le tecniche di intervento in funzione delle compatibilità chimico-fisiche dei materiali e dei prodotti.

EMILIO MELLO
Syremont S.p.A., Novara

CLAUDIO ARIAS
Dipartimento di Scienze Archeologiche
Università di Pisa

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. 1978, *Catalogo della mostra "I cavalli di S. Marco"*, Venezia.
- AA.VV. 1983, *La qualità della pietra. Indagine rilievo intervento conservativo per la facciata della Certosa di Milano*, Milano.
- AA.VV. 1984, *Dizionario di scienze della terra*, Milano.
- AA.VV. 1984, *Marco Aurelio. Mostra di cantiere. Le indagini in corso sul monumento*, Roma, ICR.
- AA.VV. 1985, *Chiostro delle Rane a Milano*, «Arte Lombarda», 72/1, Milano.
- AA.VV. 1988, *Conservation of metallic artistic and historic works. Glossary of terms*, First Edition, February, National Association of Corrosion Engineers (NACE), Houston.
- AA.VV., *La catalogazione architettonica. Metodologie e dizionari del progetto SIRIS*, Bologna, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna.
- AA.VV. 1988, *La Nuova Enciclopedia delle Scienze*, Garzanti.
- AA.VV. 1989, *Le colonne di San Lorenzo - Storia e restauro di un monumento romano*, a cura di A. CERESA MORI, Modena, Ed. Panini.
- AA.VV. 1992, *Palazzo dei Giureconsulti a Milano - Relazione di restauro a cura della ditta Minerva Restauri*, Milano.
- ALESSANDRINI G., PERUZZI F., DI CAPITANI L. 1975, *Investigation on decay of Candoglia marble used in the Milan Duomo*, in *Atti del Convegno "The conservation of stone"*, Bologna, 137-167.
- ANDLEIGH K. 1992, *Introduzione all'architettura di sistema UNIX*, Prentice Hall International.
- Atti, III° Congresso Internazionale Deterioramento e Conservazione della Pietra, Venezia 24-27.10.1979.
- Atti, V° Congrès International sur l'Altération et la Conservation de la Pierre, Lausanne 25-29.09.1985, vol. 1 et 2.
- AUBOUIN A., BROUSSE R. 1973, *Compendio di geologia. Litologia, I*, Milano.
- BARDELLI P.G., ZAMPICININI F. 1990, *Il recupero - Cura e manutenzione*, Ed. Be-Ma.
- BERDUCOU M.C. 1990, *La conservation en archéologie*, Ed. Masson.
- CALVINO F. 1967, *Litologia applicata*, Cedam.
- CAMMARATA S. 1987, *Sistemi Esperti - Teorie, metodi, strumenti tecnici*, Etas libri - Informatica.
- CANELLA G. 1984, *Prima indagine sulle strutture metalliche di Ponte Sisto a Roma*, Roma.
- CAPPELLINI V., MARCONI R. (eds.) 1985, *Advances in Image Processing and Patterns Recognition*, North-Holland.
- CAVAGNARO L., MATTEUCCI D. R., RAMELLINI G., SIGNORE O. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo: beni architettonici e ambientali*, Roma, ICCD-CNUCE.
- CHIOSTRI F., FURIOZZI B., PILATI D., SESTINI V. 1988, *Tecnologia dell'architettura*, Firenze.
- CNR-ICR 1984-1989, *Raccomandazioni NORMAL: Alterazione dei materiali lapidei e trattamenti conservativi*, Roma.
- COAD P., YOURDON E. 1992, *OOA - Analisi dei sistemi orientati agli oggetti*, Prentice Hall International, II° Edizione.
- CONTICELLO B. et al. 1990, *Rediscovering Pompei*, Ministero dei Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Pompei - IBM.
- CURTIN B.N. 1990, *Is conservation ready for Artificial Intelligence ?*, «The Abbey Newsl.», 14, 1-2.
- D'AMICO C., INNOCENTI F., SASSI F.P. 1987, *Magmatismo e metamorfismo*, Torino.

- D'AMICO C. 1989, *Le rocce metamorfiche*, Bologna.
- DESIO A. 1973, *Geologia applicata all'ingegneria*, Milano.
- DI PACE L., FABRONCINI F. 1990, *Tecnologia dell'apprendimento*, Franco Angeli.
- FEDERICI P.R., AXIANAS L. 1979, *Lineamenti di geografia generale*, Firenze.
- HART A. 1988, *Sistemi Esperti - Dall'ingegnere della conoscenza all'Intelligenza Artificiale*, Gruppo Editoriale Jackson.
- HUGGET J., BAKER K. 1985, *The computerised archaeologist: The development of Expert System*, «Science and Archaeology», 27, 3-7.
- IPPOLITO F. 1975, *Lezioni di geologia applicata*.
- IPPOLITO F. et al. 1975, *Geologia tecnica*.
- LAZZARI T.M., RICCI F.L. 1991, *I sistemi esperti*, NIS.
- LAZZARINI L., TABASSO LAURENZI M. 1986, *Il restauro della pietra*, Padova, Ed. Cedam.
- MARIS O. 1990, *Interventi finalizzati all'elaborazione di una carta conoscitiva aggiornabile della situazione di rischio dei Beni ambientali, architettonici, archeologici, artistici e storici (carta del rischio del patrimonio culturale)*, Documento di specifiche tecniche in relazione al programma proposto, Legge 19 aprile 1990 n. 84. ICR, Roma.
- MENICALI U. 1992, *I materiali dell'edilizia storica*, Roma.
- MEYER B. 1991, *La produzione del software object oriented*, Prentice Hall International.
- MICHALSKI R. 1983, *A theory and methodology of inductive learning*, in R.S. MICHALSKI, J.C. CARBONELL, T.M. MITCHELL, *Machine Learning*, vol. 1, Tioga Publishing Company.
- MICHALSKI R., CARBONELL J.C., MITCHELL T.M. 1983, *Machine Learning*, vol. 1, Tioga Publishing Company.
- MICHIE D. 1986, *Machine learning and knowledge acquisition*, in D. MICHIE, I. BRATKO (eds.), *Expert Systems: Automating Knowledge Acquisition*, Addison-Wesley.
- MITCHELL T.M. 1982, *Generalization as search*, «Artificial intelligence», 18.
- NEGRETTI G., DI SABATINO G. 1983, *Corso di petrografia*, Roma, C.I.S.U.
- ORGAN R.M. 1989, *A survey of current treatments: a contribution towards a knowledge base for a computer's expert system*, in *International Restorer Seminar*, Veszprém, Hungary 1-10 July.
- PAPALDO S., RUGGERI M., GAGLIARDI R., MATTEUCCI D.R., ROMANO G., SIGNORE O. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo. Beni mobili archeologici e storico artistici*, Roma.
- PARISE-BADONI F., RUGGERI M. 1988, *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo. Beni archeologici immobili e territoriali*, Roma.
- PEVSNER N., FLEMING J., HONOUR H. 1981, *Dizionario di architettura*, Torino.
- PLENDERLEITH H.J., WERNER A.E.A. 1986, *Il restauro e la conservazione degli oggetti d'arte e d'antiquariato*, Milano, Ed. Mursia.
- QUINLAN J.R. 1983, *Learning efficient classification procedures and their application to chess end games*, in R.S. MICHALSKI, J.C. CARBONELL, T.M. MITCHELL, *Machine Learning*, vol. 1, Tioga Publishing Company.
- RAHTZ S.P.Q. (ed.) 1988, *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*, Oxford, BAR International Series.
- RAVAZZINI G. 1982, *Dizionario di architettura*, Milano.
- RICCI-LUCCHI F. 1980, *Sedimentologia*, Vol. 1-3, Bologna, C.L.U.E.B.
- ROLSTON D.W. 1991, *Sistemi esperti - Teoria e sviluppo*, McGraw-Hill libri, Italia.
- STUTT A. 1988, *Second generation Expert Systems, explanations, arguments and archaeology*, in S.P.Q. RAHTZ (ed.), *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*.
- ULLMAN J.D. 1991, *Basi di dati e basi di conoscenza*, Gruppo Editoriale Jackson.
- VECCHIA A., *Geologia generale ed applicata all'ingegneria civile*.

- VITALI V. 1988, *An expert system for the provenance determination of archeological ceramics based on I.N.A.A. data*, in S.P.Q. RAHTZ (ed.), *Computer and Quantitative Methods in Archaeology*.
- VUILLEMIN A. 1987, *Informatique et traitement de l'information en lettres et sciences humaines*, Masson.
- WIENER R.S., PINSON L.J. 1990, *OOP in C++*, *Tecniche di programmazione*, Addison-Wesley Publishing Company.
- WILCOCK J. 1986, *A review of expert system their shortcomings and possible applications in archaeology*, «Comp. Appl. Arch.», 13, 139-144.

ABSTRACT

The computer system SEMPRE (Sistema Esperto Montedison per il Restauro) was carried out as a support for the conservation of cultural heritage metal and stone objects. By two basic functions it may give information about the techniques and the products to be employed and may retrieve related examples in reference archives. The user can represent and save his knowledge of the case within the system by these two functions.