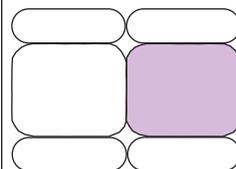


KNOWLEDGE MANAGEMENT L'EREDITÀ DEI SISTEMI ESPERTI



L'esperienza dei Sistemi Esperti, che ha caratterizzato negli anni '80 un approccio pragmatico alla rappresentazione e al trattamento della conoscenza, trova oggi un fecondo spazio di recupero, offrendo alla prospettiva computazionale del Knowledge Management un insieme di metodologie, strumenti e soluzioni atte a incorporare le competenze che supportano l'innovazione. Il lavoro presenta alcune riflessioni sulle nuove prospettive dei Sistemi Esperti e sulla loro evoluzione in una realtà organizzativa e distribuita.

Stefania Bandini



1. INTRODUZIONE

Tra le parole-chiave che caratterizzano le attuali tendenze dello sviluppo di molte applicazioni dell'informatica, spicca il termine *conoscenza (knowledge)*: basi di dati opportunamente organizzate spesso sono definite, nella letteratura, come *basi di conoscenza*; sistemi di archiviazione e reperimento di documenti, dati e informazioni inerenti alle organizzazioni sempre più spesso vengono riferiti alle attività di *gestione della conoscenza (knowledge management)*; i sistemi di supporto alla formazione e all'apprendimento, distribuiti, focalizzati all'aggregazione di competenze specifiche e rivolti a *comunità operative* e in continua evoluzione fanno riferimento alla crescita del *patrimonio conoscitivo* condiviso e fruibile grazie alle tecnologie informatiche e telematiche. Questo è solo uno scorcio del panorama dell'automazione che, in modo sempre più pervasivo, traccia il futuro dell'evoluzione del modo in cui la produzione e la fruizione della conoscenza caratterizzerà le nuove generazioni.

Nella storia dell'informatica e delle sue mol-

teplici sfaccettature (teoriche e pratiche) gli anni '70 e '80 hanno visto configurarsi e crescere attitudini di progettazione di sistemi che, precursori di queste nuove imprescindibili tendenze, hanno iniziato a prendere in considerazione la possibilità di rappresentare e trattare computazionalmente la conoscenza. Ci riferiamo a un periodo storico, inaugurato negli Stati Uniti ma immediatamente recepito sul fronte internazionale, che ha visto la nascita e la crescita dei *Sistemi Esperti*, sistemi software in grado di contenere specifiche conoscenze relative a un dominio conoscitivo circoscritto e di formulare soluzioni a problemi inerenti quel dominio. Questa classe di sistemi è stata sviluppata in seno alla parte applicativa dell'Intelligenza Artificiale: più precisamente, hanno rappresentato una sorta di "rilancio" di questa disciplina dopo il vanificarsi di ambiziose aspettative dichiarate durante la sua fondazione (per esempio, la messa a punto di sistemi inferenziali generici in grado di competere con le prestazioni umane).

I Sistemi Esperti, rivolgendosi a domini circo-

scritti del sapere pratico (diagnostica medica, configurazione di calcolatori, prospezione mineraria, solo per citare i più noti e documentati esempi) hanno rivolto la loro attenzione soprattutto al tema della *rappresentazione della conoscenza* (disciplina con rigorosi fondamenti formali che ancora oggi è uno dei cardini dell'Intelligenza Artificiale), ponendosi domande e fornendo prototipi di soluzioni pratiche di cui ancora oggi possiamo fruire e a cui possiamo attingere per sviluppare le nuove tecnologie di supporto alla società della conoscenza.

Scopo di questo lavoro è di tracciare alcune prospettive in cui l'esperienza accumulata nell'ambito dei Sistemi Esperti può influenzare lo sviluppo delle soluzioni computazionali del *Knowledge Management*, che rappresenta l'aspetto più peculiare e pratico con cui oggi le tecnologie informatiche e telematiche supportano la tesauroizzazione condivisa e la fruizione distribuita per la creazione e la crescita della conoscenza.

1.1. Una base teorica: Knowledge Economy

In una sintesi ben articolata uscita nella raccolta di saggi "*Strategic Learning in Knowledge Economy: Individual, Collective and Organizational Learning Process*" [18], C.K. Prahalad e G. Hamel hanno fornito una chiave interpretativa molto attuale per alcune delle molteplici facce con cui il tema della gestione della conoscenza (KM - *Knowledge Management*) si articola e si sviluppa a fronte dei cambiamenti indotti dall'evoluzione tecnologica e produttiva.

Il cuore del lavoro "*The Core Competence of the Corporation*" di Prahalad e Hamel si innesta su un modello di crescita delle potenzialità di un'impresa basato sull'investimento nella valorizzazione e patrimonializzazione della conoscenza, al fine di rendere dinamico e interattivo il processo d'induzione di bisogni per creare nuove partizioni complesse di mercati, mettendo in risalto la natura dinamica del *Core Knowledge*.

La chiave di volta di questo processo sta nelle capacità che una moderna impresa possiede di proporre prodotti sempre nuovi, in modo da indurre nuovi bisogni e, conseguentemente, creare dinamicamente nuove aree di mercato: nel saggio l'attenzione è posta sul

ruolo delle conoscenze specifiche che supportano il core business e permettono l'innescio dei processi d'*innovazione* di prodotto.

In quest'ottica, la conoscenza gioca un ruolo decisivo nel disegno delle strategie di incremento del proprio mercato: da una strategia di conquista di territori, alla creazione vera e propria di nuovi territori, con la proposta di continue innovazioni a supporto delle proprie caratteristiche di competizione.

Per quanto riguarda il primo approccio strategico, gli strumenti classici di tipo statistico-previsionale (con il loro relativo apparato computazionale) offrono modelli di tipo quantitativo molto potenti. Per il secondo, la sfida è quella di doversi creare (in corsa) nuovi strumenti e modelli di tipo qualitativo, quantitativo, concettuale, metodologico e computazionale in grado di rappresentare e dominare una realtà complessa e dinamica dovuta alle nuove condizioni in cui il mercato globale evolve, e in cui la conoscenza, la sua rappresentazione, la sua gestione e la sua trasmissione giocano il ruolo di protagoniste. Il focus sulla conoscenza come valore intangibile da patrimonializzare caratterizza il passaggio dalle tendenze nelle scienze dell'organizzazione mirate all'efficienza (tipiche degli anni '80) a quelle mirate all'efficacia (tipiche degli anni '90).

Dal punto di vista del supporto da parte delle moderne tecnologie informatiche a queste due tendenze, lo sviluppo di nuovi paradigmi computazionali e la diffusione delle reti telematiche hanno permesso di definire dei punti di svolta rivoluzionari, assumendo addirittura un ruolo contemporaneo di traino e di pressione nel disegno e nell'implementazione di nuovi scenari organizzativi per le aziende proiettate nel nuovo millennio.

In un modello organizzativo indirizzato a rendere sempre più competitive le aziende in un momento storico caratterizzato dalle turbolenze della globalizzazione e dalla sua realtà resa possibile proprio grazie allo sviluppo delle tecnologie informatiche, il ruolo di sistemi in grado di rappresentare e gestire la conoscenza (e a garantire in termini di crescente qualità la sua messa in azione per la creazione della spinta innovativa) diventa di primo piano.

Se questo può valere per tutti gli strumenti che il Knowledge Management ha reso disponibili (sistemi orientati al lavoro collabo-

rativo, sistemi dedicati alla rappresentazione e strutturazione della conoscenza, sistemi eterogenei integrati di supporto alla decisione [7]), il punto centrale del modello proposto dai due prestigiosi autori (*Core Knowledge*) rievoca molti degli sforzi, di ricerca e applicativi, che negli anni '80 hanno caratterizzato quella classe di sistemi conosciuti come *Sistemi Esperti*, nella variegata compagine delle proposte e delle esperienze che hanno fatto da corollario alla loro evoluzione.

In modo semplicistico, possiamo annoverare questi sistemi come quelli dedicati alla rappresentazione e strutturazione della conoscenza, ma cerchiamo di approfondire meglio in che modo i Sistemi Esperti possono essere intesi in una prospettiva di Knowledge Management.

Torniamo a Prahalad e Hamel: nell'ottica di supportare la gestione del *Core Knowledge* (quella conoscenza che caratterizza l'oggetto del core business di un'azienda – il suo prodotto - e che, attraverso i suoi possessori integrati in una realtà organizzativa che ne riconosce e supporta il ruolo, permette la creazione delle innovazioni necessarie per rimanere sul mercato o dare impulso alla nascita di nuovi mercati), vanno tenuti in conto alcuni fondamentali fattori. Si tratta di avere a disposizione strumenti concettuali, metodologici e computazionali in grado di:

- permettere una fase di analisi mirata, metodologicamente strutturata e fortemente adattabile al contesto conoscitivo e sociale;
- mettere a disposizione metodi e tecniche per l'individuazione, il trasferimento e l'acquisizione delle conoscenze interne di valore per il core business (*Core Competence*);
- permettere di catturare aspetti non strutturati, qualitativi e ad alta combinatorietà delle conoscenze coinvolte nella fase creativa di risoluzione di problemi;
- fornire strumenti metodologici, concettuali e formali per la rappresentazione di un insieme coordinato e dinamico di conoscenze focalizzate alla soluzione di problemi complessi;
- fornire una gamma di strumenti computazionali creati per il trattamento della conoscenza e facilmente integrabili con tutte le componenti di un sistema di Knowledge Management.

Molti (e altri) di questi strumenti trovano ri-

sonanza nel "parco attrezzi" che l'area dei Sistemi Basati sulla Conoscenza (a cui i Sistemi Esperti appartengono [13]) ha sviluppato e affinato dalla loro nascita (inizi degli anni '80) fino ai giorni nostri. Molti di questi strumenti, più in generale, sono naturalmente "percolati" in ambiti più tradizionali dell'informatica, così come è stato per molti strumenti nati nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, e hanno influenzato il consolidamento di molti approcci computazionali al trattamento della conoscenza di nuova generazione. Questi fattori sono spesso, però, adombrati dalle critiche che, a partire dagli anni '90, sono state rivolte a questa classe di sistemi, che possiamo qui grossolanamente sintetizzare in questi punti:

- mancanza di un approccio sistematico e metodologicamente formalizzato dell'Ingegneria della Conoscenza;
- onerosità della fase di acquisizione delle conoscenze esperte;
- "faziosità" dell'approccio verso strumenti computazionali tipici dell'Intelligenza Artificiale;
- manutenzione e aggiornamento delle basi di conoscenza (per una trattazione più specifica di questo tema rimandiamo alla nota [3]);
- isolamento: le conoscenze contenute in un Sistema Esperto avevano il compito di supportare o sostituire "campioni" di conoscenze esperte, senza tenere conto del contesto sociale in cui la conoscenza si sviluppa, evolve e viene fruita.

2. CONOSCENZA IMPLICITA ED ESPLICITA

È nota l'enfasi che nei Sistemi Esperti (e in molti approcci del Knowledge Management [17]) viene data ai problemi di acquisizione, rappresentazione e trattamento delle conoscenze tacite ed esplicite. Sintetizzando da [12] possiamo riprendere queste definizioni: *Conoscenza esplicita*: espressa in modo simbolico, facilmente comunicabile attraverso il linguaggio parlato o scritto, quindi tramite documenti, testi, manuali, lezioni, corsi.

Conoscenza implicita (o tacita): conoscenza nascosta nei pattern concettuali di un individuo, spesso usata in modo automatico, difficilmente traducibile in informazioni e quindi difficilmente trasmissibile con la comunica-

Alcune definizioni di Ontologia nell'ambito della rappresentazione della conoscenza

An Ontology is an explicit specification of a conceptualization.

T.R. Gruber, *A translation approach to portable ontology specification*, Knowledge Acquisition, 5, 1993.

An Ontology defines the basic terms and relations comprising the vocabulary of a topic area, as well as the rules for combining terms and relations to define extensions to the vocabulary.

R. Neches, R.E. Fikes, T. Finin, T.R. Gruber, R. Patil, T. Senator, W.R. Swartout, *Enabling technologies for knowledge sharing*, AI Magazine, 12, 3, 1991.

An Ontology provides the means for describing explicitly the conceptualization behind the knowledge represented in a knowledge base.

S. Bernaras, I. Laresgoiti, J. Corera, *Building and reusing ontologies for electrical network application*, Proceedings 12th European Conference on Artificial Intelligence, 1996.

An Ontology is a logical theory accounting for the intended meaning of a formal vocabulary, i.e., its ontological commitment to a particular conceptualisation of the world. The intended models of a logical language using such vocabulary are constrained by its ontological commitment.

An ontology indirectly reflects this commitment (and the underlying conceptualisation) by approximating these intended models.

N. Guarino (ed.), *Formal ontologies in information systems*, IOS Press, 1998.

zione, ma, piuttosto acquisibile attraverso l'imitazione, è strettamente correlata con la pratica, l'esperienza e l'azione.

Osservazione, insegnamento pratico, tradizione, esperienza in comune, sono i mezzi, con cui si trasmette la conoscenza tacita. Un principiante possiede usualmente molta conoscenza esplicita acquisita con lo studio e scarsa conoscenza tacita che non essendo trasferibile con la comunicazione è trasmissibile solo con l'esperienza diretta che solo un esperto possiede.

Questo tipo di analisi è oggi molto enfatizzata nel Knowledge Management, ma le sue radici teoriche e applicative si trovano proprio nell'area operativa dei Sistemi Esperti. Avendo a che vedere con conoscenze specialistiche, chi operava in questo settore era perfettamente consapevole del ruolo fondamentale (e del suo valore) della conoscenza tacita, non esplicitamente formalizzata nei protocolli operativi, posseduta dagli esperti e necessaria alla soluzione di problemi chiave nell'operatività. L'area dei Sistemi Esperti ha enfatizzato gran parte della sua attività nell'acquisizione, nella rappresentazione e nel trattamento computazionale di questo tipo di conoscenza, spesso anche a scapito della sua coniugazione con i fattori fondamentali racchiusi in quella che

viene definita come conoscenza esplicita (formalmente strutturata e organizzata nelle procedure e nei protocolli operativi). L'*Ingegneria della Conoscenza* si è infatti sviluppata proprio per l'analisi di questo tipo di competenze, sviluppando strumenti metodologici e computazionali per l'estrazione e la rappresentazione della conoscenza.

Per le nuove generazioni di sistemi di Knowledge Management che devono trattare anche con il *Core Knowledge* (oltre ad altre forme in cui la conoscenza di organizza ed evolve) è necessaria un'armonizzazione bilanciata sulla rappresentazione di ambedue questi aspetti della conoscenza.

Il filone di studio che ha sviluppato l'aspetto della conoscenza esplicita, come conoscenza strutturata e condivisa da una comunità che possiede un ricco patrimonio lessicale e concettuale comune è noto con il termine "rappresentazione basata su ontologie" (si veda le definizioni nel riquadro) [20, 19]. Il termine ha radici nella filosofia greca classica, e una parte della metafisica ne ha determinato le varie declinazioni di significato. L'interpretazione moderna di una parte degli studi filosofici permette di scegliere questo approccio per almeno tre motivazioni generali:

□ permettere il riuso di domini di conoscenza strutturata e fruibile e testata (in poche parole, resa esplicita), al fine di rendere più efficace la ricerca di soluzioni nuove e di introdurre standard che garantiscano l'interoperabilità;

□ specificare assunzioni esplicite sul dominio e, contemporaneamente, facilitare i cambiamenti sulle assunzioni di dominio e rendere fruibile la comprensione e l'aggiornamento dei dati esistenti;

□ permettere l'accordo sul significato del vocabolario utilizzato per la conoscenza condivisa.

Le fasi di concettualizzazione e rappresentazione presuppongono la definizione formale di un dominio di conoscenza (definizione di classi, proprietà, assiomi, individui) per giungere a una descrizione strutturata gerarchicamente dei concetti fondanti del dominio stesso e delle loro proprietà che trovi il consenso di diversi attori interessati a dividerla e utilizzarla. Strumenti atti a questo sono già utilizzabili e a supporto della fase di acquisizione e strutturazione (vedi il caso di "*Protégé: Onto-*

logy Editor and Knowledge Acquisition System" <http://protege.stanford.edu/>).

I metodi di acquisizione, strutturazione e rappresentazione delle ontologie hanno solo in parte attinto alle metodologie dell'Ingegneria della Conoscenza, che pur fornendo strumenti stabilizzati, fa ancora parte del corredo formativo dei programmi di Intelligenza Artificiale. Nella tradizione classica dell'ingegneria del software, questa parte riguarda la fase di analisi e stesura di specifiche, e le più recenti riflessioni sul tema dell'integrazione tra Ingegneria della Conoscenza (nella sua specifica fase di acquisizione) e metodi di analisi producono modelli che evolveranno verso metodologie per lo sviluppo di complessi sistemi per il trattamento dell'informazione e della conoscenza. In questo modo, il ruolo dell'ingegnere della conoscenza potrà fruire di strumenti di supporto che siano in grado di sgravare la verticalità della fase di acquisizione di competenze da un unico esperto, ma di fruire di tutti gli aspetti di crescita e di *problem solving* condiviso che caratterizzano le organizzazioni ad alto impatto innovativo.

Infine, va menzionato che gli aspetti intrinsecamente tassonomici che molte delle rappresentazioni ontologiche possiedono ci riportano ancora a ricordare i Sistemi Esperti della generazione di Internist (un sistema Esperto dedicato alla diagnostica nella medicina interna, che ha un'esplicita rappresentazione tassonomica di conoscenze strutturate in apparati e organi a cui associare sintomatologie [16]) e alla sua struttura concettuale, precursore dell'esigenza di incorporare conoscenze strutturalmente articolate e dinamiche. Se invece ci focalizziamo sugli strumenti di rappresentazione, ci basta solo accennare al ruolo che i *frame-systems* hanno storicamente giocato nell'evoluzione dei paradigmi di programmazione e nell'articolare le rappresentazioni basate su ontologie.

2.1. Nuovi ruoli per l'Ingegneria della Conoscenza

I Sistemi Esperti si sono distinti per il massiccio impiego di strutture per la rappresentazione e il trattamento della conoscenza basate su Regole (costrutti della forma associativa "se-allora" che permettono di rappresentare conoscenze non strutturate, e che diret-

tamente permettono delle connessioni inferenziali tra premesse <<se>> e conclusioni <<allora>>, senza passare attraverso l'esplicita struttura concettuale che le presuppone), il cui scopo era quello di puntare direttamente sulla possibilità di incorporare in un modello computazionale le *conoscenze implicite*, possedute dagli esperti di un settore molto verticalizzato.

Il passaggio dalla descrizione di un metodo applicato di *problem solving* attuato dagli esperti alla sua implementazione con questo metodo di rappresentazione, è completamente a carico dell'abilità dell'Ingegnere della Conoscenza. È con questo termine che nell'era dei Sistemi Esperti si è delineata una figura professionale specializzata in tecniche di acquisizione ed elicitazione della conoscenza. Il maggior contributo dell'area dell'Ingegneria della Conoscenza va a carico dello sviluppo della consapevolezza del bisogno di nuovi strumenti di analisi e di stesura di specifiche funzionali per nuove classi di sistemi per il trattamento e la gestione della conoscenza. Oggi, questa figura professionale, se di qualità, è "border line" con le discipline dell'organizzazione, aggregando competenze non solo di natura informatica, ma anche rivolte alla conoscenza delle strutture organizzative e del ruolo dell'utente finale nel disegno di complessi sistemi di Knowledge Management [21, 12]. Questo vale non solo per la realizzazione di sistemi basati su regole, ma per tutto l'ambito della creazione di sistemi informativi ad alto impatto innovativo.

Il merito principale dell'Ingegneria della Conoscenza è quello di mirare all'individuazione (anche all'interno di ambienti organizzativi) delle conoscenze di maggior valore (*Core Knowledge*), quelle che implicitamente supportano gran parte dell'attività di *problem solving*, specialmente nei casi in cui il loro maggior valore sta nelle capacità di produrre innovazioni.

Infatti, uno dei principi fondamentali su cui poggia l'Ingegneria della Conoscenza e che ne fonda le pratiche può rozzamente essere sintetizzato in "non esiste conoscenza di valore separata dall'esperienza". Le metodologie che si sono articolate in quest'area individuano questo processo: acquisizione, modellazione, rappresentazione, trattamento e gestione automatiz-

zati di conoscenze ritenute di grande valore intrinseco e strategico, tradizionalmente, in un ambito produttivo. L'integrazione dei risultati di questo processo (per esempio un Sistema Esperto che modella un aspetto fondamentale del *Core Knowledge*) con tutte le altre componenti che oggi caratterizzano i sistemi informativi è oggi scontata, come è scontata la possibilità di accedere a questo tipo di conoscenza per via telematica: lo sviluppo delle tecnologie d'integrazione tra sistemi eterogenei non ha lasciato in disparte quelle di sviluppo di Sistemi Esperti, e quindi il fantasma dello "stand-alone" è fugato (citiamo il caso della piattaforma JESS - <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess> - per lo sviluppo di sistemi basati su regole che offre molte facilitazioni d'integrazione).

Se, da un lato, le facilitazioni tecnologiche agevolano la possibilità di integrare oggi diverse fonti di provenienza di dati, informazioni e conoscenze opportunamente strutturate, dall'altro, per consentire l'evoluzione di sistemi basati sulla conoscenza verso la fruizione comune e la condivisione, è stato necessario un passaggio teorico che tenesse in considerazione luoghi organizzativi e sociali in cui la conoscenza (in particolare quella *core*) opera e si sviluppa: questo passaggio era necessario per ovviare a quello che è stato precedentemente menzionato come il difetto dell'"isolamento" tipico dei Sistemi Esperti.

3. DAL SINGOLO ALLA COMUNITÀ: LO SFONDO TEORICO

Nati in un momento storico in cui ancora le potenzialità telematiche erano in luce, la filosofia di fondo che ha alimentato la nascita e lo sviluppo applicativo dei Sistemi Esperti era quella delle soluzioni "uniche": ogni Sistema Esperto rispondeva a una specifica esigenza, e conteneva conoscenze altamente specialistiche per supportare o addirittura sostituire l'esperto umano. Quando vi erano delle esigenze di dominio che richiedevano una distribuzione delle soluzioni proposte dal sistema, si trattava di "distribuire" applicazioni sostitutive dell'esperto nei vari contesti. L'"isolamento" di un Sistema Esperto, che conteneva conoscenze altamente specializzate, rappresentava la garanzia della qualità delle soluzioni che proponeva. Ovviamente,

questo pregio si trasforma in difetto quando la consapevolezza della natura sociale della conoscenza in un'organizzazione diventa perno delle possibilità di crescita di un'impresa. Quando tale consapevolezza ha iniziato a stimolare chi operava nell'area dei Sistemi Esperti (siamo ormai verso la fine degli anni '80), le prime esperienze hanno riguardato soluzioni tecnologiche di estrema avanguardia per il periodo. Sono state sviluppate architetture a *blackboard*, e si sono buttate le basi per un approccio di *Distributed Artificial Intelligence* [11], immediato precursore delle tematiche che oggi riguardano i modelli computazionali e le tecnologie *Agent-based* [10].

Gli sforzi che, sul livello più tecnologico, venivano compiuti nei tardi anni dell'era dei Sistemi Esperti per renderli fruibili nel contesto sociale e produttivo in cui dovevano operare, sarebbero stati premiati solo con la loro coniugazione con la rivoluzione di Internet e con lo sviluppo di modelli teorici dei contesti sociali in cui la conoscenza viene prodotta e utilizzata.

Per il secondo di questi aspetti, lo sviluppo di modelli concettuali e computazionali per un approccio distribuito alle fonti della conoscenza, e le basi teoriche per le più attuali applicazioni di Knowledge Management ci sono pervenuti proprio dall'ambito delle scienze dell'organizzazione aziendale e dai modelli sociali che in questo ambito sono stati sviluppati (Figura 1).

Tra i vari contributi che provengono da questo settore, quello che più ha influenzato (e tuttora influenza nelle sue varie più moderne declinazioni) a riconsiderare le potenzialità dell'approccio al trattamento della conoscenza dei Sistemi Esperti (e che ne ha ridisegnato i contorni) è quello sintetizzato da Wenger [23] e che riguarda la nozione di *Comunità di Pratica* (CoP), sistemi sociali, orizzontali e informali, immersi nell'esperienza, che si riconoscono in una forma di lavoro e di apprendimento collettivo finalizzato alla soluzione di problemi.

In una prospettiva di Knowledge Management, le *comunità di pratica* (con la loro caratterizzazione formale e dinamica) rappresentano un sostrato teorico di natura sociologica di grande utilità per il disegno di soluzioni computazionali (dall'architettura fino all'interfaccia uomo-macchina) a supporto della gestione della conoscenza. Si tratta infatti di gruppi

fare e di sapere situati in un contesto comunitario. Così intesa, la pratica sociale genera un senso *condiviso* che è completamente riconducibile al processo continuo di *negoziazioni* dei significati fra gli attori del contesto. Tale senso condiviso non corrisponde alla percezione del singolo, né ad una realtà autoreferenziale, ma è il frutto di una coproduzione tra i partecipanti, che lo influenzano e ne sono a loro volta influenzati. Si osservi che è proprio in questo patrimonio culturale condiviso che la comunità trova *legittimità*. Quando gli individui entrano a far parte come membri della comunità, fanno loro questo patrimonio comune e lo interiorizzano come parte della loro identità *in quanto* membri della comunità.

La gestione parzialmente automatizzata di questo modello sociale su cui impennare soluzioni computazionali richiede la messa in azione di differenti tipi di tecnologie, opportunamente integrate in architetture complesse e dinamiche: si tratta delle principali componenti che, in diverse configurazioni, compongono i sistemi di Knowledge Management, e che, a seconda della prevalenza di qualche aspetto considerato fondamentale per l'accrescimento del valore della conoscenza, si estende su un ampio ventaglio, che va dal *groupware* al *data mining*, dall'*information retrieval*, fino alle tecnologie di *knowledge representation*.

Per quanto riguarda l'esperienza proveniente dall'ambito dei Sistemi Esperti e dei modelli di *knowledge representation* che nel loro ambito sono stati sviluppati, le configurazioni architettoniche che supportano sistemi di Knowledge Management su cui meglio si innestano, riguardano quelle che danno prevalenza alla valorizzazione del *Core Knowledge* (Paragrafo 1.1), cioè quelle competenze possedute da comunità delegate al processo di creazione di soluzioni produttive di natura strategica e innovativa, e alla rappresentazione di conoscenze non sempre contenute in modo strutturato nella documentazione o formalizzate in protocolli espliciti, ma riconosciute come fondamentali nella dinamica di successo di un'impresa nell'era della *Knowledge Economy*.

In uno scenario organizzativo come quello prospettato dalla valorizzazione delle conoscenze condivise nelle Comunità di Pratica,

sono da mettere in risalto tre fattori:

1. il patrimonio concettuale e lessicale condiviso;
2. il valore della pratica e dell'esperienza;
3. le storie esperite e la loro narrazione.

Il maggior contributo che i Sistemi Esperti forniscono riguardo al primo fattore è quello che deriva dai temi di rappresentazione della conoscenza non solo basata su regole euristiche (che comunque rimane una grande componente dei Sistemi Esperti), ma sulla rappresentazione di conoscenze strutturate in maniera tassonomica e ontologica. Solo per citare un esempio tra i vari possibili, ricordiamo il già citato esempio di Internist [16], in cui l'esigenza di fissare un repertorio concettuale condiviso era affrontata mediante l'uso di strumenti di rappresentazione concettuale di tipo classificatorio. Se teniamo conto che la maggioranza dei sistemi odierni per il Knowledge Management adotta un approccio *ontologico* alla rappresentazione della conoscenza [9, 19, 20], possiamo vedere in Internist (e in altre analoghe esperienze minori) un sistema "paradigmatico" precursore di questo modo di creare sistemi di supporto alla tesaurizzazione e gestione della conoscenza di valore, con tutte le lacune dovute al contesto storico.

4. CONOSCENZA EURISTICA ED ESPERIENZIALE: DALLE REGOLE AL CASE BASED REASONING

Tra i modelli per la rappresentazione e il trattamento della conoscenza provenienti dall'area dei Sistemi Esperti che ancora oggi offre soluzioni metodologiche e computazionali preziose, non possiamo non menzionare quella del *Case-Based Reasoning* (CBR - ragionamento basato su casi) [15], che con successo si è coniugata con quella parte del Knowledge Management che, piuttosto che sulla gestione di documenti e dei dati e le conoscenze in essi contenuti [1], pone la sua attenzione sul Core Knowledge, sulle potenzialità del sapere condiviso e su un altro fattore caratterizzante gli ambienti organizzativi in cui si formano e crescono comunità di pratica. Ci riferiamo al valore della *conoscenza narrativa*, fattore di coesione sociale per la soluzione di nuovi problemi, a partire da casi già precedentemente risolti.

Il presupposto epistemologico su cui si fonda

l'approccio del CBR afferma l'impiego di capacità inferenziali basate sul *ragionamento per analogia*, piuttosto che per deduzione-induzione-abduzione, come avviene in generale per i sistemi basati sulla conoscenza: data un'analogia su problemi, si ricava un'analogia tra soluzioni, con opportuni adattamenti (problemi simili hanno soluzioni simili), Quindi, soluzioni adottate in passato possono essere recuperate e adattate opportunamente per risolvere nuove situazioni critiche. Si tratta di un processo che usa le esperienze passate per comprendere le nuove situazioni, per suggerire un modo adatto a risolvere i nuovi problemi e per criticare le soluzioni proposte.

Dal punto di vista computazionale, i sistemi CBR si strutturano in un ciclo (Figura 2) rappresentato da quattro fasi distinte che coinvolgono diversi moduli che compongono il sistema stesso:

- *retrieve*: fase di ricerca per analogia tra un problema corrente e una base di casi opportunamente memorizzata, al fine di recuperare il (o i) caso passato più simile;
- *reuse*: fase di eventuale riutilizzo delle soluzioni dei casi recuperati;
- *revise*: fase di revisione del caso, che consiste nell'adattamento della soluzione ritrovata al problema corrente da risolvere;
- *retain*: l'archiviazione del nuovo caso risolto nella memoria dei casi, in cui la situazione corrente, con la sua nuova soluzione, viene memorizzata per un recupero futuro.

Questo approccio ha trovato immediatamente un riscontro nelle applicazioni di Knowledge Management: sul fronte della ricerca, nell'ambito dell'AAAI (*Association for the Advancement of Artificial Intelligence*, già *American Association for Artificial Intelligence*) già dal '99 si è formato un gruppo (KM/CBR) dedicato ai sistemi di gestione della conoscenza basati su architetture evolute e distribuite di CBR. Per citare solo qualche applicazione di successo di questo approccio nell'ambito produttivo, ricordiamo il caso dell'industria farmaceutica, in cui Susan Crow e il suo gruppo dell'Università di Aberdeen, in collaborazione con AstraZeneca, ha applicato un sistema di CBR integrato con un modulo di sistema esperto per la creazione di nuovi prodotti farmaceutici [8]. Un analogo esempio è quello sviluppato su

commessa Pirelli al Laboratorio di Intelligenza Artificiale del Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione dell'Università di Milano-Bicocca nell'ambito della formulazione chimica di mescole battistrada per pneumatici dedicati alla competizione sportiva [2], e infine l'uso di tecniche di *Learned Lessons* (una più moderna interpretazione del *Case Based Reasoning*) per lo sviluppo di applicazioni distribuite di supporto all'ambito militare, ad opera del Dipartimento di Intelligenza Artificiale della Marina Militare Americana (*Naval Research Lab*), ad opera di David Aha e del suo gruppo [22]. Va rimarcato il ruolo che le tecniche *rule-based* dei Sistemi Esperti possono giocare per l'implementazione del modulo di adattamento della soluzione in un sistema di *Case-based Reasoning*. È qui che sta la chiave, quando questo è possibile, per catturare l'esperienza pratica e narrativa che tesauroizza la conoscenza tacita degli esperti (possessori di Core Competence), che anche in questa forma fonda le

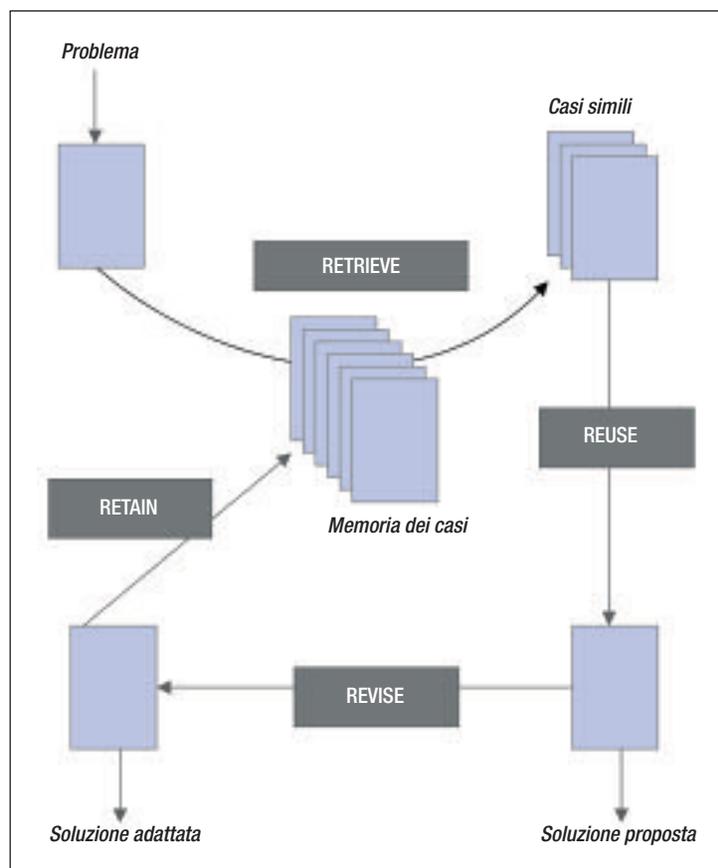


FIGURA 2
Il ciclo di un sistema di Case-based Reasoning

0

1

0

1

0

1

0

caratteristiche comunitarie di un'organizzazione, permettendo di contribuire in modo sostanziale alla messa in azione delle capacità innovative di una realtà produttiva. La gestione della conoscenza e il trattamento di conoscenza strutturata mediante casi è possibile grazie alla natura intrinseca del patrimonio narrativo delle comunità di pratica (ruolo dello *storytelling* [4]) e dal ruolo fondamentale dell'applicazione di una nuova soluzione come adattamento innovativo di soluzioni già esperite in precedenza: questo fattore implica in modo diretto la possibilità di valorizzare la traccia delle esperienze vissute nella prassi operativa accumulata nel tempo. Ogni sistema di Knowledge Management che voglia incorporare anche questo aspetto della conoscenza può far tesoro dell'esperienza dei sistemi che trattano il ragionamento basato su casi.

5. UNA NOTA CONCLUSIVA

Le considerazioni qui riportate, in modo molto sintetico, tracciano un percorso che, a partire dalle esperienze di progettazione e creazione di Sistemi Esperti, conduce al trattamento e alla gestione della conoscenza (Knowledge Management) che parte dall'esigenza dell'esplicita rappresentazione di conoscenze esperte e specialistiche (*Core Knowledge*) per il progresso innovativo di un'impresa. Chiunque si sia impegnato o abbia seguito anche lateralmente le esperienze progettuali e applicative dei Sistemi Esperti può trovare un codice interpretativo per leggere le nuove frontiere del Knowledge Management che il ritmo del progresso impone nella direzione della Società della Conoscenza. Il tema è assai vasto e, fortunatamente, caratterizzato da continue riflessioni che provengono da ambiti applicativi. Inoltre, i contributi multidisciplinari che contraddistinguono i tratti del Knowledge Management, permettono oggi di abbattere confini (spesso ideologici) di settore, in modo che la soluzione a problemi di automazione sempre più complessi armonizzi i contributi provenienti da differenti territori del sapere. In quest'ottica, ricordiamo il progetto PKM360° (<http://labs.unicatt.it/pkm360/>), che offre un forum di discussione multidisciplinare in cui questi temi di discussione trovano spazio e riscontro.

Bibliografia

- [1] Althoff K.D., Weber R.O.: Knowledge Management in Case-based Reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, n. 20, 2005.
- [2] Bandini S., Manzoni S.: *Modeling Core Knowledge and Practices in a Computational Approach to Innovation Process*. In: Magnani L, Nersessian N.J., (eds.), "Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values", Kluwer, New York, 2002.
- [3] Bandini S., Colombo E., Vizzari G.: *The Role of Knowledge Artifacts in Knowledge Maintenance*. Proceedings 2nd Indian International Conference on Artificial Intelligence (ICAI 2005), Pune, 2005.
- [4] Bandini S., Petraglia F., Sartori F.: *Social and Domain Knowledge Management through the Integration of Storytelling and Case Based Reasoning*. In: Sicilia M.A., et al. (eds.), "Advances in Metadata and Semantics Research", Springer Verlag, 2008.
- [5] Brown J.S., Collins A., Duguid P.: *Situated Cognition and the Culture of Learning*. *Educational Researcher*, n. 18, 1989.
- [7] Cobos R., Esquivel J.A., Alaman J.A.X.: *IT Tools for Knowledge Management: a Study of the Current Situation*. The European Online Magazine for the IT Professional (www.upgrade-cepis.org), Vol. III, n. 1, 2002.
- [8] Craw S., Wiratunga N., Rowe R.: *Case-based Design for Tablet Formulation*. Proceedings 4th European Workshop on Case-Based Reasoning, Dublin, 1998.
- [9] Davies J., Fensel D., Van Harmelen F.: *Towards the Semantic Web: Ontology-driven Knowledge Management*. J. Wiley & Sons, 2003.
- [10] Ferber J.: *Multi-Agent Systems*. Addison-Wesley, 1999.
- [11] Gasser L., Huhns M.N.: *Distributed Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1990.
- [12] Guida G., Berini G.: *Ingegneria della conoscenza: strumenti per innovare e per competere*. EGEA Ed., Milano, 2000.
- [13] Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B.: *Building Expert Systems*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1983.
- [14] Kirshner D., Whitson J.A.: *Situated Cognition: Social, Semiotic, and Psychological Perspective*. Lawrence Erlbaum, NJ, 1997.
- [15] Kolodner J.: *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufmann, San Mateo (CA), 1993.
- [16] Miller R.A., Pople H.E., Myers J.D.: Internist-1, an Experimental Computer-based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 307, n. 8, 1982.
- [17] Nonaka I., Takeuchi H.: *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create*

te the Dynamics of Innovation. Oxford University Press, 1995.

- [18] Prahalad C.K., Hamel G.: *The Core Competence of the Corporation*. In. "Strategic Learning in Knowledge Economy: Individual, Collective and Organizational Learning Process", Cross R.L., Israelit S.B., (eds.), Butterworth Heinemann, Boston, 2000.
- [19] Sowa J.: *Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations*. Pacific Grove, CA 2000.
- [20] Staab S., Studer R., (eds.): *Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems*. Springer Verlag, 2004.
- [21] Studer R., Benjamins V.R., Fensel D.: Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data & Knowledge Engineering*, n. 25, 1998.
- [22] Weber R.O., Aha D.W.: Intelligent Delivery of Military Lessons Learned. *Decision Support Systems*, Vol. 34, n. 3, 2003.
- [23] Wenger E.: *Community of Practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1998.

STEFANIA BANDINI, Professore Ordinario di Informatica presso il Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione dell'Università di Milano-Bicocca, dove dirige il Dottorato di Ricerca in Informatica. Direttore del Centro di Ricerca "Complex Systems & Artificial Intelligence" dello stesso Ateneo. La sua attività di ricerca riguarda due settori principali: Intelligenza Artificiale (Case-based Reasoning, Knowledge Management) e Sistemi Dinamici Discreti (modelli e sistemi basati su Automi Cellulari e Situated Agents). In questi settori partecipa in ruoli di responsabilità a numerosi progetti con enti pubblici e privati.
E-mail: stefania.bandini@csai.disco.unimib.it