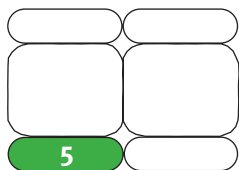




FORMAZIONE INFORMATICA E PRODUTTIVITÀ NEL SISTEMA SANITARIO ITALIANO

Pier Franco Camussone



In un precedente articolo era stato valutato il costo dell'ignoranza informatica nel sistema sanitario italiano. Qui vengono, invece, presentate le conclusioni di uno studio diretto a definire quanto un'adeguata formazione possa ridurre tale costo. A tale scopo, si fa anche riferimento all'esperienza del servizio sanitario inglese, in cui è in corso una formazione a tappeto del personale, basata sul paradigma ECDL.

1. L'ESPERIENZA DEL NATIONAL HEALTH SERVICE (NHS)

Il *National Health Service* (NHS) è l'ente pubblico britannico responsabile del servizio sanitario inglese. A differenza di quanto si riscontra nel contesto italiano, dove la gestione dei servizi sanitari pubblici è stata demandata alle Regioni, seguendo un processo di decentramento che è ancora in corso, nel Regno Unito il servizio è erogato da un Ente Statale unico (NHS) che dà lavoro a circa 1.300.000 persone.

Negli ultimi anni il sistema sanitario britannico è stato reso più moderno ed efficiente mediante interventi che hanno toccato diversi aspetti, tra i quali il suo livello di informatizzazione. Nel 1998 il governo inglese ha varato un progetto denominato *Information for Health*, con l'ambizioso obiettivo di cambiare il modo in cui l'NHS impiegava la tecnologia informatica passando da un uso "tradizionale e burocratico" ad un uso "innovativo e mirato al miglioramento dei servizi". Nel 2001 è stato lanciato il progetto *Building the Information Core*, secondo cui

gran parte del personale medico e di staff sarebbe dovuto essere dotato di desktop computer entro aprile 2002. L'accesso ai computer sarebbe dovuto essere garantito da una preparazione adeguata, che mettesse in grado gli interessati di usare appropriatamente le applicazioni predisposte dal NHS Information Authority, cioè l'unità organizzativa che, all'interno del NHS, ha la responsabilità dei sistemi informativi.

Questo progetto ha messo in evidenza il fatto che quanto più si informatizza il servizio sanitario, tanto più cresce la domanda di informazioni e di servizi informativi da parte della componente medica dell'NHS. Allo stesso tempo si verifica un aumento della necessità di disporre di personale addestrato all'impiego e all'uso delle applicazioni informatiche nello staff tecnico e amministrativo dell'NHS. Per rispondere a queste esigenze si è osservato che le persone avrebbero dovuto sviluppare competenze, precedentemente non disponibili, che potessero essere certificate tramite un corso riconosciuto a livello internazionale, al fine

di garantire un livello di conoscenza dimostrabile e verificabile.

Nell'intento di raggiungere questo obiettivo l'NHS ha adottato l'ECDL (*European Computer Driving Licence*) come strumento di formazione per quanto riguarda la generazione dell'appropriato livello di conoscenze informatiche all'interno della propria struttura. Il NHS ha quindi varato un progetto tendente a far conseguire l'ECDL a 400.000 addetti (circa un terzo del proprio personale) entro il 2005, questo piano concerne sia la componente medico/infermieristica che gli staff tecnico/amministrativi, dal momento che la separazione di compiti tra questi due componenti della struttura sanitaria sta divenendo sempre più labile e tra di essi lo scambio di dati e informazioni è enormemente aumentato.

Sempre a detta dell'NHS la formazione va intesa non come un onere improduttivo, da sostenere per necessità, ma come un investimento sulle risorse umane da cui ci si attende dei ritorni. Il servizio sanitario inglese si aspetta, infatti, benefici di due tipi come ritorno dei suoi piani di formazione a tappeto:

a. un miglioramento nel comportamento degli individui rispetto allo svolgimento delle proprie mansioni, in termini di maggior fiducia nelle proprie capacità e aumento del morale e della motivazione;

b. un miglioramento delle prestazioni dell'organizzazione in termini di riduzione del tempo necessario allo svolgimento di alcune attività (efficienza) e di miglioramento del trattamento dei pazienti.

Per quanto concerne questo secondo punto, un aspetto non secondario dovrebbe essere rappresentato dalla riduzione del tempo perso nella soluzione di problemi informatici, connessi all'impiego delle nuove tecnologie, che si stanno diffondendo nella sanità.

Secondo le informazioni disponibili nel novembre del 2003 erano 51.000 i dipendenti che risultavano iscritti ai corsi ECDL predisposti dal'NHS. Benché il programma di formazione di massa fosse in corso, l'NHS ha fornito dati molto interessanti sui primi risultati conseguiti fino ad ora.

Nel novembre 2003 sono state intervistate direttamente, o mediante un questionario

inviato per posta, 1400 persone del NHS che avevano frequentato i corsi ECDL e superato i relativi esami. Sono stati raccolti 638 questionari regolarmente compilati su cui si è potuto fare un'analisi statistica. Analizzando il campione in relazione alle conoscenze dichiarate si può osservare che le differenti figure professionali hanno dichiarato conoscenze informatiche diverse (Figura 1):

■ il personale medico-infermieristico ha dichiarato un livello di conoscenza generale medio/basso;

■ il personale amministrativo ha dichiarato un livello di conoscenza alto;

■ i medici di primo intervento (medici di medicina generale) hanno indicato una eterogeneità assai ampia nei riguardi di questo tipo di conoscenze.

Venendo ai risultati si è rilevato un primo risultato incontestabile: le persone hanno aumentato il proprio livello di "confidenza" con la strumentazione informatica; cioè è diminuito il timore di non saper usare il computer, oppure di usarlo in modo sbagliato e di determinare errori, o peggio, dei danni.

Questa sensazione è alla base del rifiuto esplicito, o implicito, ad usare l'informatica nel proprio lavoro. Un altro risultato in fondo prevedibile, ma certamente confortante, è che dopo il corso, la percentuale di persone che dichiarano di non richiedere l'aiuto

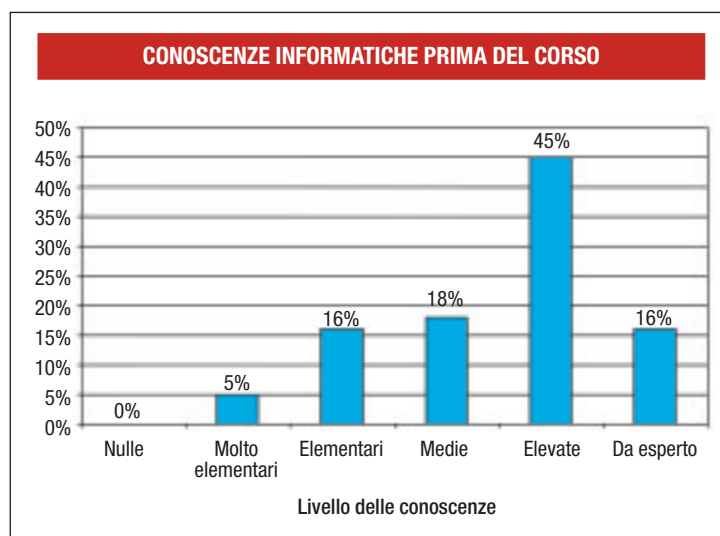


FIGURA 1

Livello delle conoscenze prima del corso (Fonte: NHS)

PERCENTUALE DI UTENTI CHE DICHIARA DI NON AVER BISOGNO DELL'AIUTO DI ESTRANEI NELL'USO DEL COMPUTER

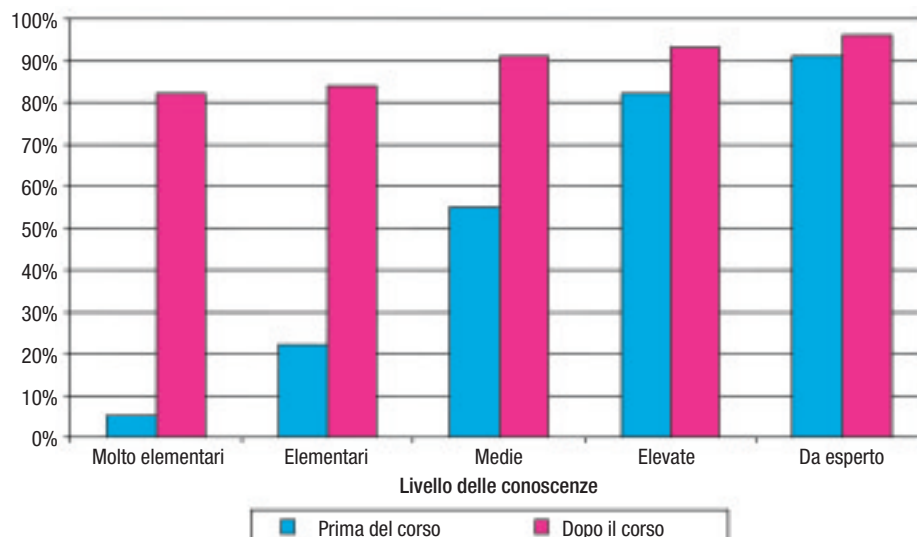


FIGURA 2

Ricorso all'aiuto di terzi

MINUTI RISPARMIATI OGNI GIORNO NELLO SVOLGIMENTO DELLE PROPRIE ATTIVITÀ

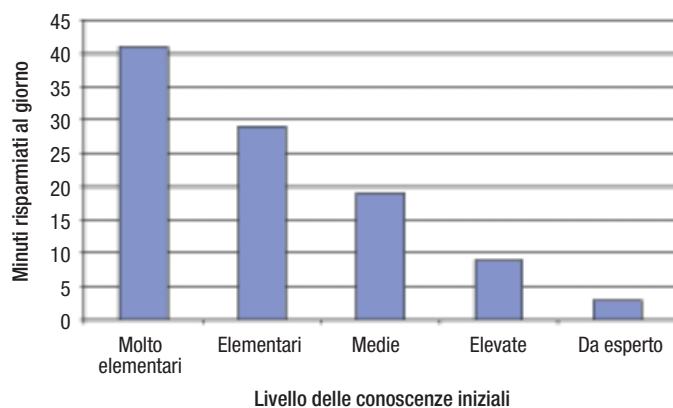


FIGURA 3

Aumento di produttività a seguito della formazione

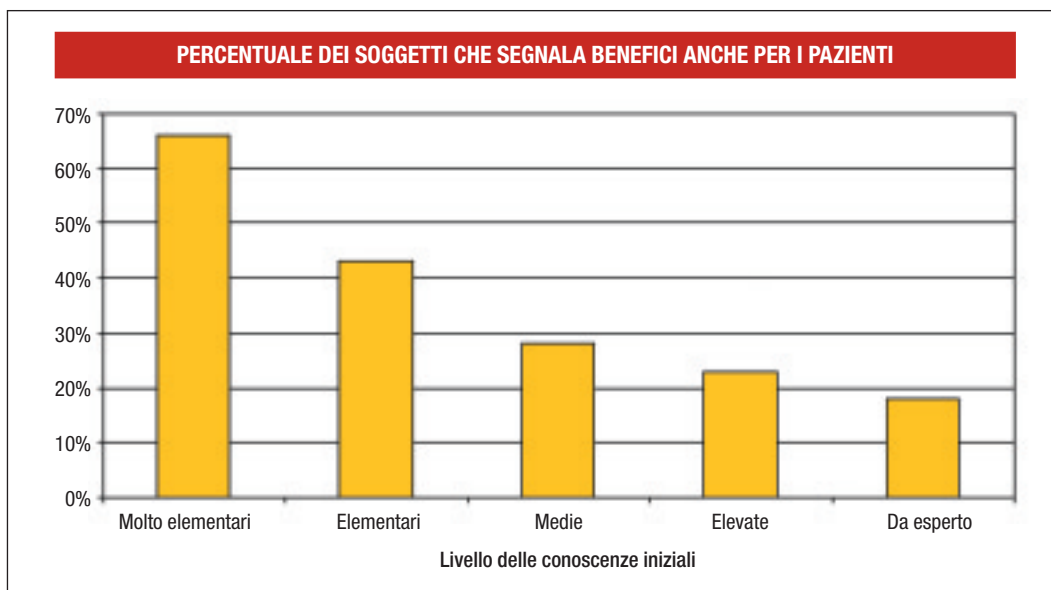
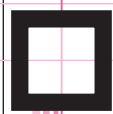
di terzi, se non in casi di estrema necessità, è fortemente aumentata (Figura 2); ciò significa una riduzione del tempo improduttivo proprio e dei disturbi arrecati a colleghi, cui ci si rivolge per aiuto (tempo improduttivo di terzi).

A proposito dell'aumento di produttività i soggetti intervistati hanno segnalato un sensibile risparmio di tempo nello svolgimento del proprio lavoro. Come si può vedere dalla figura 3 si tratta di aumenti di produttività significativi, conseguiti in partico-

lare dalla fascia di utenti informatici con bassa preparazione iniziale.

Se si calcola il valore medio dell'intera popolazione del campione, si ottiene un guadagno di 35 min al giorno che conferma un risultato simile (38 min al giorno) misurato nel 2001 sempre da un'indagine del NHS sui dipendenti dell'area metropolitana di Manchester, coinvolti nel progetto pilota di formazione mediante ECDL. Si tratta di un miglioramento di produttività dell'8%, calcolato come rapporto tra tempo risparmiato e tempo teorico di lavoro giornaliero. È un guadagno di efficienza che, riportato su scala aziendale, determinerebbe un significativo risparmio di costi.

Un altro risultato molto interessante è offerto dalla risposta data dai partecipanti ai corsi di formazione alla domanda se la riduzione del loro "skill gap" ha portato benefici anche ai pazienti. Come si può vedere dalla figura 4, le risposte positive variano da un minimo del 20% per gli utenti già esperti ad un massimo del 68% nel caso di utenti con conoscenze iniziali basilari. Si prefigura quindi come ritorno della formazione non soltanto un miglioramento nella efficienza dello svolgimento di propri compiti, ma anche un miglioramento del servizio ai pazienti.

**FIGURA 4**

*Effetti
della riduzione
dello skill gap
per i pazienti*

A tal proposito l'indagine svolta dal NHS ha evidenziato che molte sono le indicazioni di tipo qualitativo che accompagnano l'affermazione che la riduzione dello *skill gap* ha prodotto benefici per i pazienti. Tra le motivazioni a supporto di questa affermazione le più frequenti sono state le seguenti:

- "l'uso di Excel ci ha consentito di programmare meglio il nostro lavoro e di ridurre i tempi medi di attesa dei pazienti per le visite e le cure";
- "l'uso di Word ci ha permesso di migliorare i protocolli clinici, determinando un processo di cura dei pazienti migliore";
- "il livello di conoscenza delle situazioni dei nostri pazienti, con la creazione di *schede elettroniche* individuali è grandemente aumentato rispetto a quando ci appuntavamo le informazioni sui foglietti";
- "la disponibilità di Internet ci è stata di notevole aiuto nella ricerca di informazioni medico/farmaceutiche aggiornate".

2. L'AUMENTO DI PRODUTTIVITÀ DEL SISTEMA SANITARIO ITALIANO NELL'IPOTESI DI VALIDITÀ DELL'ESPERIENZA DEL NATIONAL HEALTH SERVICE (NHS)

Se i dati rilevati nel contesto inglese fossero traslabili alla realtà italiana, l'aumento di produttività del sistema sanitario italiano sarebbe sensibile e significativo.

Nella tabella 1 è riportata la struttura del personale che opera nel nostro sistema sanitario con i relativi costi aziendali. Per ciascuna categoria di addetti è stato calcolato il numero di persone che usa l'informatica e il valore del tempo "guadagnato" che si avrebbe come conseguenza di un intervento di formazione esteso e globale come quello pianificato dal NHS.

Se anche nel caso del personale italiano, dopo i corsi di formazione ECDL, si verificasse lo stesso incremento di produttività (35 min al giorno di tempo risparmiato nello svolgimento delle proprie mansioni) il valore dell'incremento di produttività complessivo sarebbe dell'ordine di 2,7 miliardi di euro; un valore pari al 2,7% della spesa informatica sanitaria italiana. Di questo incremento di produttività sarebbero partecipi tutte le categorie di operatori del sistema sanitario nazionale, ma il loro contributo al miglioramento della produttività globale del sistema sarebbe diverso. Infatti, se si tiene conto del differente numero di addetti per ciascuna categoria e soprattutto della percentuale di utenti informatici che caratterizza ogni categoria, si può concludere che il personale medico sanitario è l'insieme di persone che maggiormente potrebbe trarre beneficio dalla formazione informatica e contribuire quindi maggiormente all'aumento di produttività dell'intero sistema. Come si può osservare oltre i due terzi

Applicazione al contesto Italiano dei dati NHS

Personale del sistema sanitario	N° addetti	Utilizzatori di informatica	Tempo di lavoro settimanale (ore)	Tempo guadagnato giornalmente (minuti)	Aumento di produttività	Costo annuale pro capie (€)	Valore dell'aumento di produttività individuale	Valore dell'aumento di produttività globale
Personale medico strutture sanitarie	280.405	224.324 80%	36	35	8,1%	90.740	7.351,62	1.649.143.473
Personale infermieristico	476.887	95.377 20%	36	35	8,1%	36.296	2.940,65	280.471.309
Personale tecnico	232.059	46.412 20%	36	35	8,1%	29.316	2.375,14	110.234.436
Personale impiegatizio	160.504	144.454 90%	36	35	8,1%	35.900	2.908,56	420.152.728
Medici di medicina generale	54.226	43.381 80%	38	35	7,7%	83.400	6.401,32	277.694.200
Personale delle farmacie	75.267	75.267 100%						
Totale	1.279.348							2.737.696.145

Spesa Sanitaria	102.492.348.000
Spesa informatica	603.000.000
Aumento di produttività	2.737.696.145
Aumento in relazione alla spesa sanitaria globale	2,67%

TABELLA 1

L'aumento di produttività per il sistema italiano derivante dalla formazione se si estrapolassero le rilevazioni fatte dal NHS inglese

dell'incremento di produttività complessivo è generato dal personale medico delle strutture sanitarie. In seconda battuta un contributo significativo può derivare dal personale impiegatizio.

3. IL TEST ALL'OSPEDALE DI LEGNANO

I ricercatori hanno tentato di trovare un riscontro nella realtà italiana ai dati forniti dal NHS britannico. A tal fine è stato condotto un esperimento di formazione sul personale medico sanitario dell'Ospedale di Legnano. È stata formata una classe costituita da 28 medici ed è stato erogato a questi soggetti un corso preparatorio al superamento della prova per la patente europea di guida del computer (ECDL).

L'analisi degli effetti della formazione sull'uso degli strumenti informatici è stata effettuata misurando la capacità dei soggetti nella risoluzione di problemi applicativi prima e dopo la frequenza al corso e il conseguimento della certificazione ECDL.

Come è noto la patente ECDL riguarda la capacità di utilizzare in modo appropriato il PC come strumento di lavoro individuale. Si è trattato quindi di misurare i progressi dei partecipanti ai corsi nella capacità di saper lavorare con i seguenti strumenti: Sistema Operativo e *Utilities*, *Word Processor*, foglio di lavoro elettronico (*Spreadsheet*), strumenti di *Effective Presentation*, *Internet* ed *e-mail*.

Un medesimo test, costituito da 37 domande riguardanti la soluzione di problemi pratici nei 5 ambienti precedentemente citati è stato affrontato dai partecipanti prima e dopo il

corso. Per ogni soggetto e per ogni ambiente sono state misurate due variabili:

1. il punteggio conseguito nel test, che misura il livello di padronanza della tematica,
 2. il tempo impiegato per effettuare il test.
- Su quest'ultima variabile occorre però fare una precisazione: non si tratta del tempo impiegato a "risolvere" il problema, ma del tempo che il partecipante "ha passato" sul problema, qualunque sia stato il punteggio conseguito.

3.1. Formazione e livello di conoscenza

La situazione del livello delle conoscenze iniziali è illustrata nella figura 5. La conoscenza è misurata come percentuale del punteggio massimo conseguibile nel test di certificazione. Come si può constatare il livello medio delle conoscenze prima del corso è al di sotto del 50% di quanto previsto come massimo nei test. La ricerca si è quindi svolta su un campione di persone non totalmente "analfabete" sulle tecnologie informatiche, come è naturale che sia, essendo il nostro Paese ormai entrato anch'esso nella cosiddetta società dell'informazione assieme agli altri Paesi più sviluppati. Il personale medico ospedaliero, però, pur non essendo a digiuno di conoscenze informatiche, non possiede un livello di preparazione elevato se misurato con gli standard della "patente europea"¹. Il livello iniziale riscontrato delle conoscenze informatiche non è accettabile nella prospettiva di un sistema ospedaliero evoluto, come quello che per esempio prefigura l'NHS in Gran Bretagna per il sistema sanitario nazionale. L'aver frequentato il corso ha prodotto un sensibile miglioramento nella capacità d'uso degli strumenti informatici. Come si può vedere dalla figura 6 la grande maggioranza dei partecipanti ha avuto un miglioramento compreso tra il 30 e il 200% del punteggio iniziale, calcolato come segue:

$$\text{Variazione} = \frac{\text{punteggio finale} - \text{punteggio iniziale}}{\text{punteggio iniziale}}$$

¹ Si ricorda in proposito che la Comunità Europea ha stabilito durante il Consiglio dei Capi di Stato, tenuto a Lisbona nel 2002, che l'Europa sarebbe dovuta diventare la più avanzata società della conoscenza al mondo entro il 2010.

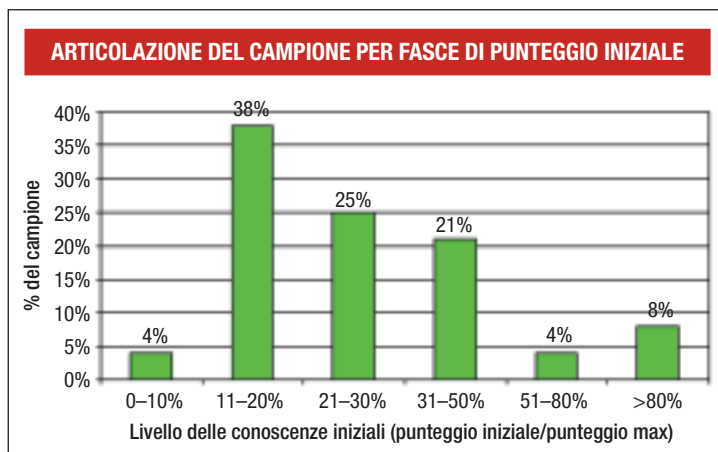


FIGURA 5

Situazione delle conoscenze iniziali del campione dei medici

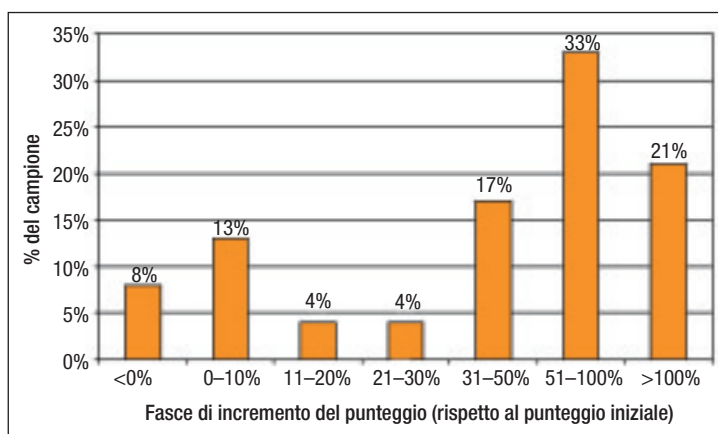


FIGURA 6

Miglioramento delle conoscenze a fine corso

Naturalmente coloro che inizialmente partivano da una base modesta di conoscenze, sono quelli che hanno conseguito gli incrementi percentualmente superiori. Ciò è confermato dal calcolo dell'indice di correlazione tra:

- punteggio iniziale e
- incremento del punteggio ottenuto dopo il corso.

Il valore di tale indice (tabella 2) è risultato complessivamente pari a -0,61, valore che indica una significativa correlazione inversa tra livello di partenza e miglioramento conseguito (chi parte da livelli bassi migliora di più). Nel complesso il valor medio del miglioramento del punteggio iniziale si aggira attorno all'88%. Ciò conferma l'utilità del corso dal punto di vista dell'apprendimento e quin-

di del miglioramento delle competenze, soprattutto sotto il profilo del *problem solving*. Nel corso della precedente ricerca sul costo dell'ignoranza informatica (Camussone, Oc-

	Variazione media % rispetto al punteggio iniziale	Variazione media % rispetto al punteggio max	Coefficiente di correlazione tra punteggio iniziale e variazione % del punteggio
Tutto il campione	88%	18%	-0,61

TABELLA 2

Miglioramento del punteggio: dati riepilogativi del campione

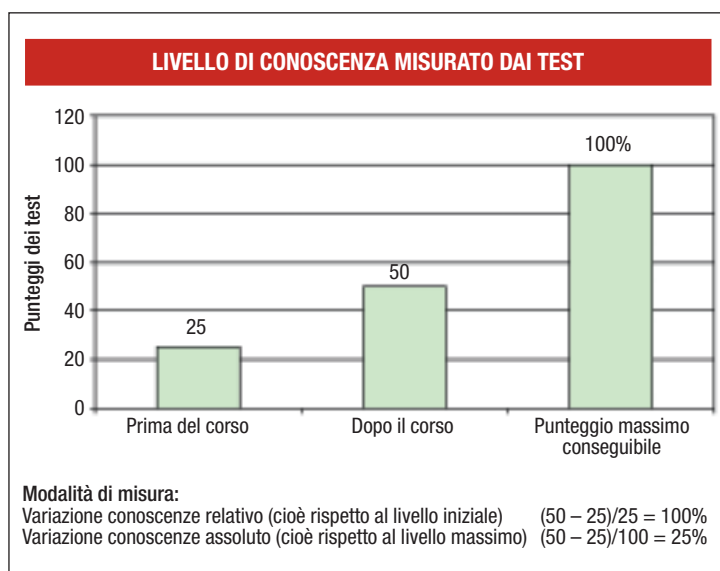


FIGURA 7

Miglioramento del livello delle conoscenze relativo (rispetto al livello iniziale) e miglioramento assoluto (rispetto al massimo delle conoscenze acquisibili)

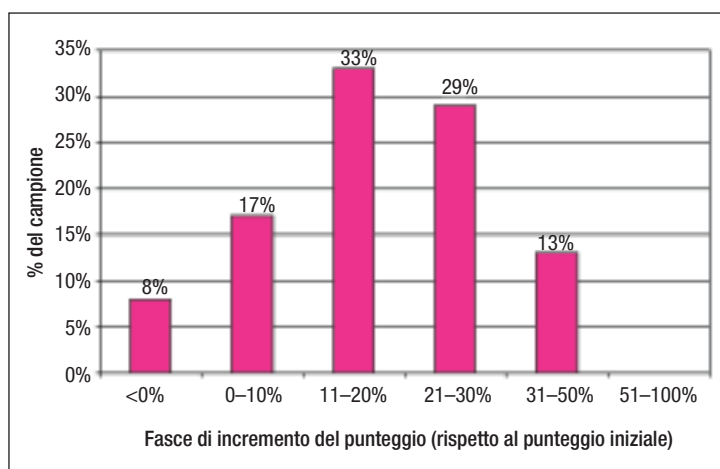


FIGURA 8

Miglioramento del livello assoluto delle conoscenze a fine corso

chini 2003) è stato però osservato che ridurre ogni considerazione all'incremento del punteggio iniziale può risultare troppo semplicistico. Dal momento che questo valore risente troppo del livello di partenza (per esempio un partecipante con punteggio iniziale pari a zero presenterebbe una variazione infinita dopo il corso), si è deciso di calcolare, anche in questo caso, l'incremento di conoscenze pure in un altro modo.

Per chiarire questo aspetto si veda il caso illustrato in figura 7; in questo esempio l'incremento di conoscenze misurato rispetto al livello di partenza indicherebbe una crescita del 100%; mentre lo stesso incremento rapportato alla scala assoluta delle conoscenze, cioè riferito al massimo del punteggio, indicherebbe un miglioramento del 25%.

Si è quindi distinto l'*incremento di conoscenze relativo* (cioè a partire dal livello di conoscenze iniziali) rispetto all'*incremento assoluto* (cioè rispetto al massimo delle conoscenze acquisibili). In questo ultimo modo di misurazione l'incremento massimo conseguibile non è più infinito, ma può arrivare al massimo al 100%. In figura 8 è evidenziato il miglioramento delle conoscenze assolute dei medici che hanno frequentato il corso di formazione. Dai risultati della ricerca è evidente un incremento medio delle conoscenze assolute circa del 18%. Ciò significa che i corsi consentono di migliorare le competenze, qualunque sia il livello di partenza.

Volendo approfondire l'analisi con riferimento ai diversi moduli del corso, si può riscontrare un esito significativamente differente del processo di apprendimento in relazione ai differenti ambienti funzionali oggetto di formazione, che ricordiamo sono stati i 5 seguenti:

- funzionalità di base del computer (Sistema Operativo e *Utilities*),
- *Word Processor*,
- foglio di lavoro elettronico (*Spreadsheet*)
- strumenti di *Effective Presentation*,
- *Internet ed e-mail*.

Anzitutto si è riscontrato che i livelli di conoscenze iniziali sono diversi in relazione ai diversi ambienti. Per esempio, le funzioni del sistema operativo Windows sono più conosciute rispetto a quelle di uno strumento di *Effective Presentation* dai partecipanti ai corsi (Figura 9). Anche le funzionalità del *Word Proces-*

sor, della posta elettronica e del browser di Internet risultano abbastanza conosciuti.

I corsi hanno dimostrato un'efficacia differente in relazione ai vari moduli. Come si può vedere in figura 10 i miglioramenti maggiori sui punteggi iniziali e sui punteggi massimi conseguibili si sono avuti nel caso dello *Spreadsheet*, che notoriamente ha contenuti concettuali superiori agli altri moduli (rispettivamente +45% e +21%).

In seconda posizione si è piazzato il *Word Processor* con un progresso medio del 31% rispetto alle conoscenze iniziali e del 15% rispetto ai valori massimi conseguibili. Lo strumento di *Effective Presentation* è circa nella medesima situazione. Gli strumenti più conosciuti in partenza (sistema operativo, e-mail e browser) sono i moduli che hanno fatto registrare minori progressi nelle conoscenze.

3.2. Formazione e tempi di svolgimento del lavoro

Anche in questa ricerca si è cercato di capire se la maggior conoscenza degli strumenti può determinare un accorciamento del tempo necessario a risolvere un problema. È logico infatti, aspettarsi che coloro che possiedono un livello più elevato di conoscenza degli strumenti informatici impieghino meno tempo per svolgere un lavoro che richiede l'uso degli strumenti medesimi (Camussone, Occhini 2003). Nel contesto della ricerca effettuata sui medici dell'Ospedale di Legnano ciò si è effettivamente verificato, come illustrato dalla figura 11.

I risultati della ricerca hanno invece fornito anche altre indicazioni contrastanti: le persone che partivano da livelli di conoscenza bassi hanno svolto i test, a fine corso, impiegando più tempo. Quale spiegazione si può ipotizzare al riguardo?

Per prima cosa si deve sottolineare che i test non erano concepiti per premiare coloro che impiegavano meno tempo nell'esecuzione. In ogni caso, se vogliamo riflettere sui risultati della ricerca e trovare una spiegazione valgono le seguenti considerazioni già anticipate nella ricerca svolta da Camussone e Occhini nel 2003.

1. Il risparmio di tempo nell'esecuzione del lavoro si verifica quando l'interessato ha sviluppato una discreta esperienza nell'uso de-

gli strumenti, non quando ne sta apprendendo l'uso. In questa circostanza l'utente è ancora in fase di "metabolizzazione" delle nuo-

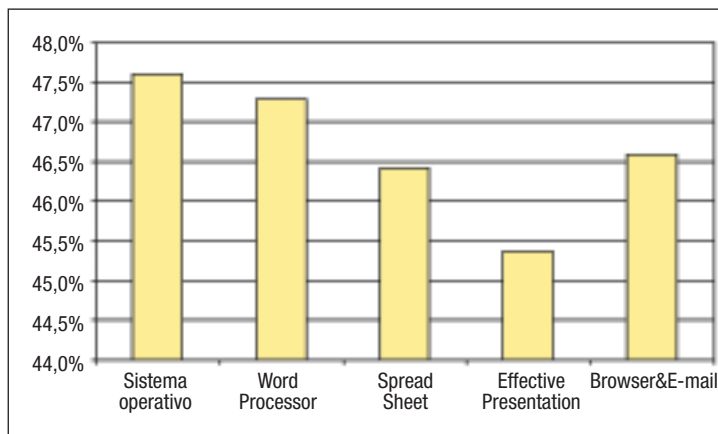


FIGURA 9

Lo stato delle conoscenze iniziali per i diversi moduli dell'ECDL

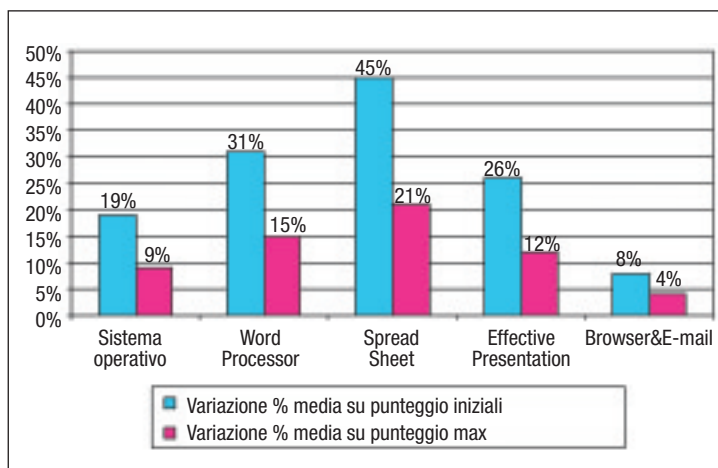


FIGURA 10

L'incremento delle conoscenze iniziali per i diversi moduli dell'ECDL

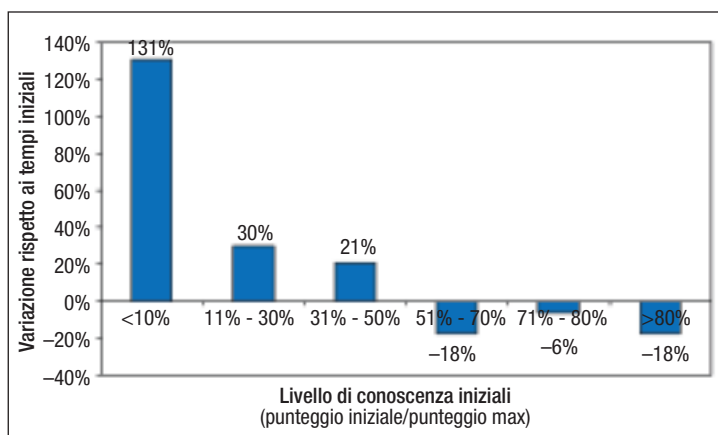


FIGURA 11

Variazione media dei tempi di esecuzione dei test

ve tecnologie, cerca di usarle bene, di non sbagliare e sta sviluppando le proprie modalità d'uso che, con l'esperienza, si tradurranno in automatismi di comportamento (quasi dei riflessi condizionati) che lo porteranno ad accelerare molto i processi d'uso degli strumenti in questione.

2. Coloro che partivano da livelli bassi di conoscenza iniziale erano molto attenti all'uso corretto delle tecnologie appena apprese e quindi il loro comportamento determinava addirittura un allungamento dei tempi di test. Va però osservato che il tempo iniziale era anche influenzato dalla loro ignoranza, per cui abbandonavano velocemente un compito se non sapevano risolverlo. Mentre a fine corso si impegnavano per svolgerlo fino in fondo.

3. Chi invece partiva da livelli medi di conoscenza degli strumenti e quindi - probabilmente - aveva anche prima la capacità di risolvere in qualche modo il problema presentato dal test, riusciva a fine corso a svolgere il compito in un tempo inferiore.

4. GLI EFFETTI SULLA PRODUTTIVITÀ

Gli esiti della ricerca hanno fornito un risultato incoraggiante per quanto concerne il livello delle conoscenze, che dopo il corso ECDL sono cresciute mediamente di un 88%, se raffrontate con il livello iniziale, e del 18% rispetto ad una scala assoluta di conoscenze ottimali.

Ciò significa che, come osservato da Camussone (Camussone, Occhini 2003), dopo un corso di formazione come quello seguito dai medici dell'Ospedale di Legnano i partecipanti:

1. fanno lavori che precedentemente non erano in grado di svolgere;

2. fanno meglio i lavori che precedentemente svolgevano in modo insoddisfacente;

3. dopo un periodo di metabolizzazione delle nozioni apprese, dovrebbero impiegare meno tempo a svolgere il proprio lavoro col computer;

4. dovrebbero ridurre il tempo perso in modo improduttivo davanti al computer per effetto dell'ignoranza informatica.

Anche in questo caso sorge la curiosità di sapere se, in qualche modo, sia possibile avere un'idea dei ritorni degli investimenti in formazione (ROI della formazione).

Pur riconoscendo che alcuni dei vantaggi appena ricordati sono di natura qualitativa e quindi difficilmente monetizzabili, seguiremo la strada tracciata da coloro che si sono cimentati in questa impresa (Danzinger 99).

La ricerca ha evidenziato un miglioramento del tempo di esecuzione dei test per coloro che partivano da livelli medi di conoscenza iniziale (riduzione di tempo compresa tra -6% e -18%). Si è anche osservato che un miglioramento significativo può venire solo con la pratica e con l'esperienza, quando sono ormai stati metabolizzati gli insegnamenti del corso. Possiamo quindi pensare, cautelativamente, che la riduzione del tempo di esecuzione di un lavoro su computer, tra coloro che non hanno fatto formazione specifica e coloro che hanno seguito i corsi, possa aggirarsi in media attorno al 10% (Camussone, Occhini 2003). Questo assunto potrebbe essere considerato piuttosto cautelativo rispetto a quanto si riscontra a regime nella pratica aziendale (divario tra i "non formati" ed i "formati"). Tuttavia, anche questa volta, non ci siamo sentiti di andare oltre questa aspettativa.

Nella sanità, però, non tutte le categorie degli addetti utilizzano i computer nella stessa misura; per esempio gli amministrativi passano 24 h la settimana alle prese con strumenti informatici, i medici 21, il personale tecnico 15 e così via.

Sulla base di questi valori si può effettuare il calcolo del miglioramento della produttività di un soggetto che abbia fatto formazione sugli strumenti informatici, come illustrato nella tabella 3. Risulta che l'incremento di produttività annuale dell'intero sistema sanitario italiano per effetto dell'estensione della formazione informatica a tutti gli interessati sarebbe di 1.905 milioni di euro.

Un'altra considerazione circa gli effetti positivi della formazione riguarda la possibilità per l'azienda di ridurre i cosiddetti "costi dell'ignoranza" ("Il costo dell'ignoranza informatica nella sanità", Camussone 2004). Tolle le voci su cui la formazione ECDL non ha effetti (guasti degli strumenti, accesso ai sistemi legacy, accesso ai Data Base, virus ed altro) sulle rimanenti cause di perdita di tempo, ovviamente, si può pensare ad una riduzione del tempo perso.

Per stimare di quanto possano ridursi le voci rimanenti si sono misurati gli incrementi di conoscenza assoluta (cioè la variazione di punteggio nei test rispetto al livello massimo di conoscenze raggiungibili). Per esempio nel caso del Word Processor la ricerca ha misurato un incremento di conoscenze assoluto (rispetto al valore massimo) del 24%; ciò potrebbe indurre a pensare che il tempo perso

per problemi riguardanti quest'ambiente possa subire una riduzione proporzionale. L'applicazione di questo ragionamento è illustrata in tabella 4.

Come si può constatare, il risparmio complessivo di tempo perso si aggira sui 16 min settimanali, ovvero su circa 1,6 giorni l'anno. Applicando questo valore alla struttura degli addetti del sistema sanitario italiano si otte-

Personale del sistema sanitario	N° addetti	Utilizzatori di informatica	Tempo di lavoro settimanale (ore)	Tempo di uso settimanale del computer (ore)	Aumento giornaliero di produttività (+10%) in ore	Aumento annuale di produttività (giorni)	Costo annuale pro capite (€)	Costo giornaliero (€)	Valore annuale dell'aumento di produttività pro capite (€)	Valore annuale dell'aumento di produttività della categoria (€)
Personale medico strutture sanitarie	280.405	224.324 80%	36	21 58%	0,42	12,8	90.740	412,45	5.293,17	1.187.383.300
Personale infermieristico	476.887	95.377 20%	36	12 33%	0,24	7,3	36.296	164,98	1.209,87	115.393.910
Personale tecnico	232.059	46.412 20%	36	15 42%	0,30	9,2	29.316	133,25	1.221,50	56.691.996
Personale impiegatizio	160.504	144.454 90%	36	24 67%	0,48	14,7	35.900	163,18	2.393,33	345.725.673
Medici di base	54.226	41.212 76%	38	21 55%	0,42	12,8	83.400	379,09	4.865,00	200.495.212
Personale delle farmacie	75.267	75.267 100%								
Totale	1.279.348									1.905.690.1092

TABELLA 3

Calcolo del miglioramento della produttività del sistema sanitario per effetto della formazione

Voci sensibili alla formazione	Tempo settimanale perso (minuti)	Incremento percentuale delle conoscenze rispetto al massimo	Tempo risparmiato alla settimana (minuti)
Aiuto ai colleghi	38	18%	6,84
Problemi di stampa	22	9%	1,98
In attesa di supporto	22	18%	3,96
Accesso a Internet	13	4%	0,52
Problemi di E-mail	12	4%	0,48
Problemi di WP	11	21%	2,31
Minuti/settimana	118		16,09
Ore/anno			11,80

TABELLA 4

Riduzione del tempo perso per l'ignoranza informatica

Personale del sistema sanitario	N° addetti	Utilizzatori di informatica	Riduzione del tempo perso per ignoranza informatica (minuti/settimana)	Riduzione del tempo perso per ignoranza informatica (giorno/anno)	Costo annuale pro capie (€)	Costo gornaliero (€)	Valore annuale della riduzione del costo dell'ignoranza pro capie (€)	Valore annuale della riduzione del costo dell'ignoranza per l'intera categoria (€)
Personale medico strutture sanitarie	280.405	224.324 80%	16	1,6	90.740	412,45	672,15	150.778.832
Personale infermieristico	476.887	95.377 20%	16	1,6	36.296	164,98	268,86	25.643.091
Personale tecnico	232.059	46.412 20%	16	1,6	29.316	133,25	217,16	10.078.577
Personale impiegatizio	160.504	144.454 90%	16	1,6	35.900	163,18	265,93	38.413.964
Medici di base	54.226	41.212 76%	18	1,6	83.400	379,09	617,78	25.459.710
Personale delle farmacie	75.267	75.267 100%						
Totale	1.279.348							250.374.173

TABELLA 5

Calcolo della riduzione del costo dell'ignoranza

Personale del sistema sanitario	Valorizzazione dell'aumento di produttività (€/anno)	Valorizzazione della riduzione del costo dell'ignoranza (€/anno)	Ritorno complessivo della formazione informatica (€/anno)
Personale medico strutture sanitarie	5.293	672	5.965
Personale infermieristico	1.210	269	1.479
Personale tecnico	1.222	217	1.439
Personale impiegatizio	2.393	266	2.659
Medici di base	4.865	618	5.483
Personale delle farmacie	-		

TABELLA 6

Ritorno complessivo della formazione informatica per figura professionale

	(miliardi di €)
Guadagno di produttività annuale (miliardi di €)	1,905
Riduzione dei costi dell'ignoranza informatica (miliardi di €)	0,251
Totale (miliardi di €)	2,156

TABELLA 7

Il ritorno annuale della formazione ECDL per individuo

ne un risparmio variante tra i 675 € l'anno per il personale medico e i 218 € l'anno per il personale tecnico. Nel complesso il sistema sanitario risparmierebbe circa 250 milioni di euro ogni anno (Tabella 5).

In conclusione se sommiamo i due effetti, aumento di produttività e riduzione del costo dell'ignoranza, si ottiene per ciascun dipendente che utilizza le tecnologie informatiche la situazione illustrata in tabella 6. Il ritorno della formazione sfiora i 6.000 € l'anno nel

caso del personale medico ospedaliero, supera di poco i 5.400 € nel caso dei medici di base e scende a 1.400 € l'anno per il personale tecnico e infermieristico.

Nel complesso, se prendiamo in considerazione l'intero sistema sanitario italiano i benefici complessivi della formazione (aumento di produttività più riduzione del costo dell'ignoranza) si aggirano sui valori riportati in tabella 7.

5. AZIENDE SANITARIE E FORMAZIONE INFORMATICA

Le aziende sanitarie italiane sono coscienti dell'importanza della formazione informatica? Investono nella formazione? Quali ritorni si attendono da queste spese?

Per rispondere a questi quesiti i ricercatori della SDA Bocconi hanno intervistato un campione di responsabili dei sistemi informativi di 61 ASL e 28 AO mediante un questionario strutturato.

Per ogni area di possibile beneficio sono state formulate alcune domande specifiche, rispetto alle quali gli intervistati hanno espresso un giudizio di accordo, o disaccordo, che è stato riportato su una scala da 0 a 100, dove 0 significa "completo disaccordo" e 100 significa "completo accordo".

Come si può rilevare dalla figura 12 i responsabili dei Sistemi Informativi vedono la formazione come il metodo migliore per apprendere ad utilizzare le tecnologie informatiche ed in seconda battuta ne apprezzano gli

effetti motivazionali e di gratificazione sul lavoro che essa determina sui dipendenti.

I direttori dei sistemi informativi non attribuiscono, invece, una elevata importanza alle conseguenze che la formazione può avere sulla capacità di utilizzare l'informatica per migliorare o rivedere i processi aziendali, né pensano alla formazione come un modo per accrescere le competenze generali sull'uso degli strumenti di informatica individuale al fine di ridurre il personale di staff. Infine, circa gli effetti della formazione sul miglioramento della produttività del personale e sulla riduzione dei disservizi derivanti dall'ignoranza informatica vi è certamente consenso da parte dei direttori dei sistemi informativi, ma non aspettative così elevate come quelle nutrite nei confronti della motivazione del personale. È stato anche chiesto ai direttori dei sistemi informativi quali potessero essere gli ostacoli, o le ragioni, per le quali nella sanità la formazione informatica è ancora poco diffusa. Con grande meraviglia dei ricercatori è stato risposto che la ragione principale per cui non si fa formazione è che non ce ne sarebbe bisogno in quanto la competenza informatica del personale sarebbe "adeguata" (Figura 13).

Tuttavia molti riconoscono che la formazione non si sviluppa a motivo della carenza di risorse da investire in questa area. Infine non manca chi, con molta onestà, ammette che la formazione informatica non è una priorità aziendale, e pertanto risulta difficile distaccare il personale dallo svolgimento dei suoi compiti di routine.

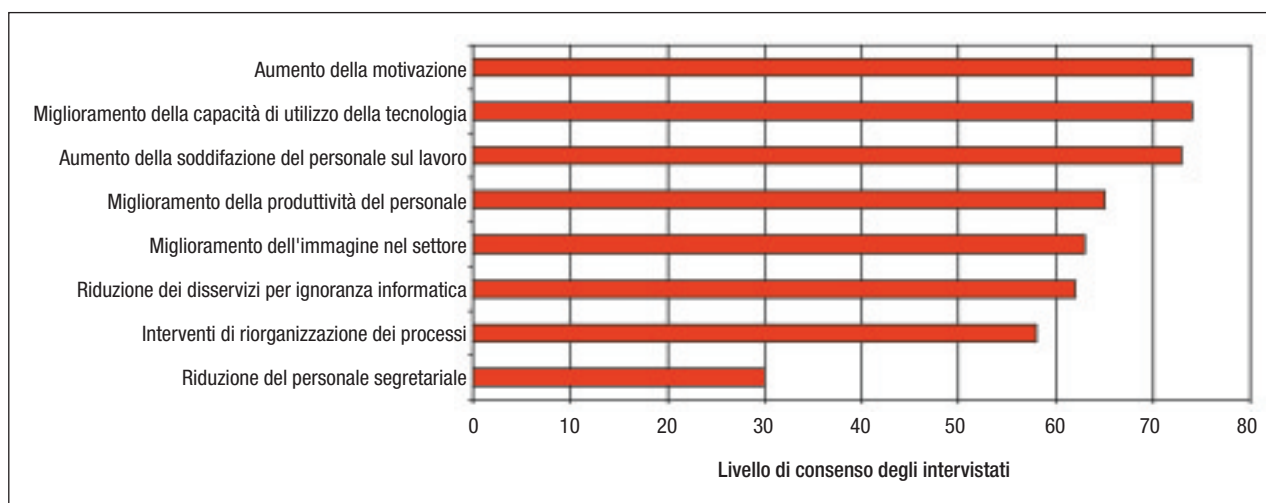


FIGURA 12

Gli effetti della formazione informatica secondo i responsabili dei Sistemi Informativi

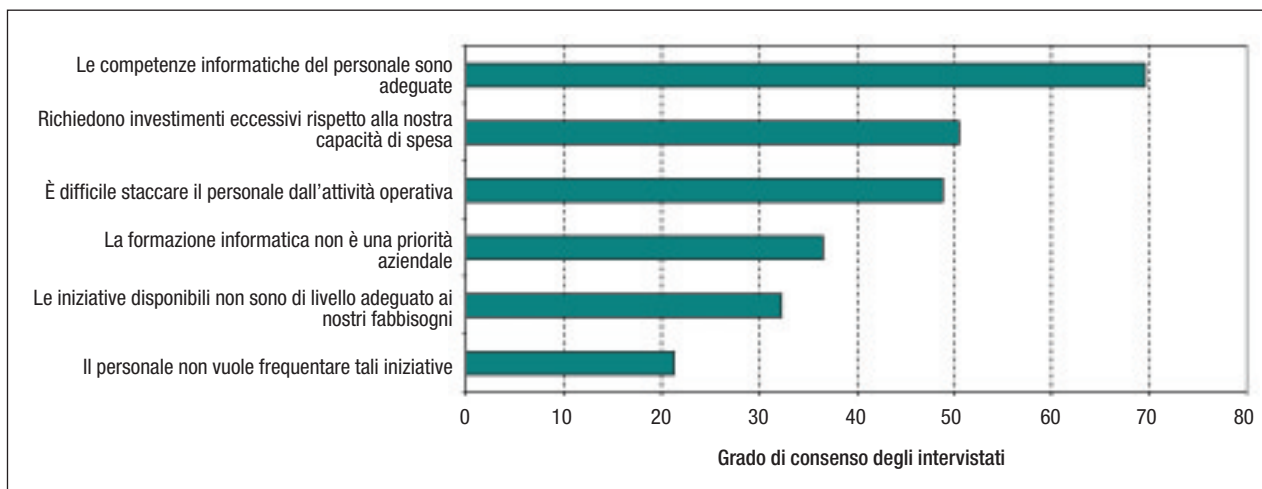


FIGURA 13 **6. CONCLUSIONI**

Le motivazioni che inducono l'azienda a non fare formazione

Questa ricerca empirica conferma quanto ci si poteva aspettare in termini qualitativi come ritorno della formazione informatica. Valutare tale ritorno però in termini strettamente monetari non è semplice. Spesso non si approda a risultati incontrovertibili. Anche nel nostro caso molti sono gli aspetti che si potrebbero ritenere discutibili nella quantificazione svolta. Tuttavia essa rimane –a nostro parere– un contributo utile alla riflessione.

In generale c'è però consenso sull'importanza della formazione e sugli effetti positivi dell'*information technology training*, ma quando si deve passare a realizzare interventi di formazione nel concreto si lamentano carenze di fondi e impossibilità di distaccare il personale dai compiti di routine. Eppure sembra evidente il ritorno economico degli investimenti in formazione. A fronte di costi da sostenere una tantum per un corso di formazione, che ammontano a qualche centinaio di euro, si prospettano risparmi di costo ed aumenti di produttività di qualche migliaio di euro.

Bibliografia

- [1] Benjamin R., Rockart J., Morton M.S., Wyman J.: Information technology: A strategic opportunity. *Sloan Management Review*, Spring, 1984, p. 27-34.

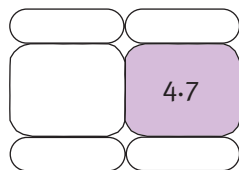
- [2] Camussone P.F., Occhini G. (a cura di): *Costo dell'ignoranza nella società dell'informazione*. Etas, Milano, 2003.
- [3] Cheney P.H., Mann R.I., Amoroso D.L.: Organizational factors affecting the success of end-user computing. *Journal of MIS*, n. 3, 1986, p. 65-80.
- [4] Danziger J.N., Jennings J.A., Park S.C.: *Assessing the value of Information and Communication Technology training*. CRITO, University of California, Irvine, 1999.
- [5] Danziger J.N., Wang Y.C.: *Enhancing end users' ICT skills in the new economy*, CRITO, University of California, Irvine, 2000.
- [6] Kanter R.M.: Innovation - The only hope for times ahead?. *Sloan Management Review*, Special Issue, 1986, p. 51-55.
- [7] Powell T.C., Dent-Micallef A.: Information technology as competitive advantage: The role of human, business, and technology resources. *Strategic Management Journal*, n. 18, 1997, p. 305-405.
- [8] Rivard S., Huff S.L.: Factors of success for end-user computing. *Communications of the ACM*, n. 31, 1988, p. 552-561.
- [9] Sein M.K., Bostrom R.P., Olfman L.: Training end users to computer: Cognitive, motivational social issues. *Infor*, n. 25, 1987, p. 236-255.
- [10] Wade M., Hulland J.: The resource-based view and information systems research: Review, extension, and suggestions for future research. *MIS Quarterly*, n. 28, 2004, p. 107-142.
- [11] Zmud R.W., Lind M.R.: *Linking mechanisms supporting end-user computing*. Proceedings of the 12* annual conference of ACM SIGCPR/SIGBDP, Minneapolis, 1985, p. 14-80.

PIER FRANCO CAMUSSONE è professore di "Organizzazione e sistemi informativi" presso l'Università di Trento. Direttore dell'Area Sistemi Informativi della Scuola di Direzione Aziendale (SDA) della Bocconi. Membro di comitati scientifici di diverse riviste (tra cui *Economia e Management*, *Mondo Digitale*). Autore di numerose pubblicazioni sugli aspetti economici ed organizzativi dell'informatica. pfcamussone@unibocconi.it



INFORMATICA UMANISTICA: UNA DISCIPLINA DI CONFINE

Augusto Celentano
Agostino Cortesi
Paolo Mastandrea



L'informatica umanistica costituisce il punto di contatto tra scienze umane e scienze esatte: ragionando sui caratteri comuni delle diverse discipline umanistiche e formalizzando le procedure necessarie per condurre la ricerca nei diversi ambiti, propone l'integrazione dei due mondi superando la semplice applicazione di tecnologie avanzate a settori delle scienze umane. L'articolo presenta una rassegna delle molteplici applicazioni in cui tale integrazione è evidente.

1. INTRODUZIONE

La Madre delle Muse, divine ispiratrici delle arti e protettrici del sapere, era chiamata *Mnemosyne* - che in greco significa Memoria; i miti indicavano così nella facoltà umana di accumulare nozioni entro la mente (altra parola corradicale e antichissima)¹ la base di ogni progresso ricreativo della scienza. Delineare un quadro delle novità sopravvenute negli ultimi anni agli studi umanistici grazie alla rivoluzione digitale, che tanto ha contribuito a incrementare le nostre capacità ritenitive, è lo scopo primo delle pagine che seguono; si vorrebbe tuttavia aggiungere almeno un elemento meno prevedibile, riguardo alla opportunità di ottenere vantaggi reciproci dalla collaborazione tra due macroaree culturali sinora lontane, anzi persino

ostili: non è, infatti, raro scorgere atteggiamenti di mutua diffidenza pregiudiziale, per cui gli informatici guardano con sprezzo le “fumoserie” di certo “integralismo umanista”², venendo dalla controparte ricambiati con la simpatica accusa di fare null'altro che “tecnicismo strumentale”. Per fortuna, ci pensa poi la realtà esterna a dirimere i nodi, è il mercato delle professioni - nei vari campi della informazione e della comunicazione - a richiedere il sapere degli umanisti. Fuori da ogni logica di steccato accademico, ma anche dall'etica della “paideia disinteressata” (bella ma difficile perché troppo élitaria), chi vuole produrre strumenti di tecnologia avanzata sa di poter trovare nel giovane laureato di estrazione umanistica un discreto esperto di semantica verbale, in grado di padroneg-

¹ Il suo etimo in forma latina era spiegato da Isidoro di Siviglia (*Origines seu etymologiae* 1, 1, 12) con un gioco di assonanze in traducibile: *mens vocata ... quod meminit* (vale a dire, “si chiama mente perché conserva i ricordi”).

² Definizione tratta da *Contare e raccontare* (Bari, Laterza, 2003, p. 9) di Carlo Bernardini e Tullio De Mauro, una riproposta aggiornata e godibile del solito dibattito scienziati / umanisti.



giare almeno gli elementari sistemi di indicizzazione e classificazione. D'altro canto, entro il mondo della ricerca le figure degli studiosi stanno mutando in silenzio: basti pensare alla critica della letteratura, dove i testi sono ora sottoposti al controllo di strumenti statistici per costruire indici e rilevare concordanze, e la filologia digitale sta rapidamente assumendo un ruolo da protagonista nella ecdotica dei testi. In questi terreni si realizzano strane (perché quasi mai consapevoli) alleanze tra mondo universitario e mondo del lavoro: è giunta l'ora che tali contatti diventino meno sporadici, e ciò si ottiene costruendo *in primis* dei percorsi formativi finalizzati all'acquisizione della più completa competenza professionale nel campo del *Humanities Computing*.

2. INFORMATICA PER LE DISCIPLINE UMANISTICHE O CON LE DISCIPLINE UMANISTICHE?

La cosiddetta *Informatica Umanistica* - lo rivela il nome³ - è disciplina bicefala, nata sulla frontiera del rapporto fra scienze umane e scienze esatte; eppure essa non è così recente in Italia, se il pioniere nell'uso del calcolatore applicato allo studio dei testi, padre Roberto Busa, iniziò le sue ricerche già nel 1949: la tecnologia informatica fu dunque da subito impiegata a risolvere anche problemi non numerici, per cui si può affermare che informatica e informatica umanistica siano pressappoco nate insieme.

Quale l'identità di questa disciplina di confine? Se si guarda al passato appena trascorso (e la sezione che segue cercherà di delineare i tratti principali), prevale la visione riduttiva di "Informatica per le discipline umanistiche"; ma ciò presuppone una informatica in vesti ancillari, che mette i propri strumenti al servizio delle scienze umane senza un ritorno in termini di reciproco accrescimento: non è

un caso che questa dicitura sia stata scelta dal MIUR, il Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca, come titolo dell'omologa classe di laurea specialistica. I limiti intrinseci a questo disegno sono essenzialmente due: in primo luogo, si considera dell'Informatica solo il lato applicativo-tecnologico, ignorando la ricchezza di modelli e linguaggi e metodologie che caratterizzano la "scienza dell'informazione" come area scientifica indipendente dalle matematiche e dalle ingegneria industriali; in secondo luogo, non si colgono le potenzialità di influsso delle discipline umanistiche nei confronti dell'Informatica, dimenticando che il padre dei linguaggi formali è un linguista, Noam Chomski; o che dai lavori di un logico, Alonzo Church, è nata la "teoria dei tipi" - una delle aree fondamentali dell'informatica teorica; o ancora che le logiche modali e temporali hanno aperto nuovi orizzonti ai modelli dei linguaggi di programmazione e alla elaborazione della conoscenza.

Allargando lo sguardo da una considerazione iper-pragmatica dell'Informatica per le discipline umanistiche, dove ciascun campo di indagine si avvale di mezzi elettronici e metodologie informatiche note, *general purpose*, si avvertono segnali di novità, deboli ma inequivoci: indicano la maggiore ricchezza dell'approccio che vede l'Informatica con le discipline umanistiche delineare un terreno di utile contatto, dove è la conoscenza approfondita dell'oggetto di studio (l'edizione di un'opera di letteratura, l'analisi di dati storico-archivistici, la ricerca localizzata su un sito archeologico) a suggerire nuovi paradigmi di elaborazione adeguati a rappresentarne tutta la complessità, senza forzature e semplificazioni dovute ai limiti degli strumenti esistenti.

Ciò che contraddistingue una scienza umana da una scienza esatta è il dualismo intrinseco ai suoi oggetti di indagine: significanti verso significati per la linguistica, testi verso interpretazioni per la critica letteraria, documenti verso fatti storici per la storiografia, immagini verso rappresentazioni per la storia dell'arte, reperti verso ricostruzione delle condizioni materiali per l'archeologia, e così via. Questo confronto bipolare colloca, a prima vista, da una parte elementi certi e quantificabili, dall'altra mere interpretazioni che

³ Il termine italiano è calco di espressioni quali *Humanities Computing*, *Computing for Humanities*, *Computers and the Humanities* e simili; si dirà invece "Informatica per le discipline umanistiche" (sigla IDU), se si vuole accogliere la titolazione ufficiale attribuita dal Ministero dell'Istruzione alla Classe 24/S delle Lauree specialistiche biennali.

sembrano sfuggire ai requisiti dell'oggettività; ma naturalmente il rapporto fra dati di partenza e loro esegesi ha un'articolazione molto più complessa di una semplice antitesi binaria, dovendosi tener conto della possibile circolarità fra i due termini contrapposti: il dato vincola l'interpretazione così come l'interpretazione condiziona la rappresentazione del dato. Ciò appare di evidenza immediata, per esempio, nell'interpretazione dei fatti storici (che non può prescindere dai documenti) e a sua volta nell'attribuzione di attendibilità ai documenti stessi (che non possono andare in palese contraddizione con l'interpretazione generale dei fatti). Ora, proprio l'attività di intervento sopra i dati in base alle interpretazioni, e nello stesso tempo di allargamento di orizzonte interpretativo alla luce del riesame dei dati, va identificata come uno dei maggiori ostacoli all'applicazione del metodo scientifico alle discipline umanistiche, per la difficoltà di separare un piano oggettivo e quantificabile da un piano soggettivo e qualitativo. Nella sua veste teoretica proprio l'Informatica umanistica ragiona, di fatto, sulla struttura di questo binomio.

Senza per fortuna attendere accordi collettivi e più o meno unanimi stipulati ufficialmente dalle rispettive comunità, molti operatori culturali nell'area delle scienze umane, dalla linguistica alla filologia dei testi, agli studi storico-letterari e, in generale, ogni attività sopra le fonti, si servono da tempo di nuove tecnologie per condurre indagini nei rispettivi ambiti. Per esempio, da incontri tra scienziati e letterati al fine di individuare gli automatismi trattabili con mezzi elettronici sono venute grandi spinte all'impiego competente di tali risorse, senza che venisse alterata in alcun modo la natura e la consolidata tradizione delle specifiche discipline che se ne avvalgano. E così, partendo senza ambizioni da bisogni elementari, ma trovandosi al crocevia degli scambi tematici più diversi, l'Informatica umanistica si trova oggi quasi vocata a ricomporre una relazione perduta tra i due mondi del sapere. Ne costituisce, anzi, il punto di contatto, poiché la sua essenza è principalmente metodologica e non applicativa; ragiona sui caratteri comuni delle diverse discipline umanistiche, quindi formalizza le procedure messe in atto per condurre la ri-

cerca in ambito letterario, storico, archeologico, musicologico ecc.; propone, quindi, l'integrazione dei due mondi e non solo l'applicazione acritica di tecnologie avanzate a singoli settori delle scienze umane.

3. LO STATO DELL'ARTE: L'INFORMATICA NELLE DISCIPLINE UMANISTICHE

Si passerà ora in rassegna, senza pretendere di essere esaustivi, alcuni dei principali ambiti di applicazione in cui attualmente avvengono i migliori contatti tra informatica e studi umanistici, rinviando ad alcune significative esperienze verificatesi in Italia e all'estero.

3.1. Archeologia e cultura materiale

Uno dei grandi meriti della scienza del Novecento rispetto alle glorie del secolo precedente consiste nel nuovo atteggiamento critico, prudente, guardingo verso il ruolo dell'osservatore nel processo di conoscenza dell'oggetto di studio; si è acquisita consapevolezza dei pericoli che l'azione stessa della conoscenza solleva, alterando da subito uno stato di cose inerenti la materia dell'indagine, immobile da secoli o millenni. In discipline come l'archeologia e la storia dell'arte, la codicologia e la papirologia e, in generale, tutti i campi in cui l'oggetto di osservazione rappresenta una testimonianza unica e irripetibile, ciò ha permesso di riflettere sui metodi invasivi e distruttivi con cui si operava un tempo. Nell'archeologia, in particolare, è emerso il ruolo decisivo del contesto per la corretta interpretazione del reperto: sono noti a tutti i danni gravissimi, irrecuperabili, fatti da tanta attività dilettantesca di epoca romantica, tesa alla godibilità estetica dell'opera dissepolta ma del tutto irrispettosa della stratigrafia, noncurante della oggettistica di uso quotidiano, indifferente ai reperti vili o di scarso valore artistico trovati nel sito. Se da un lato, le tecniche di *remote sensing*⁴ permettono di acquisire dati di interesse archeologico senza bisogno dello

⁴ Si vedano gli atti del XI ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in Archeologia: *Remote Sensing in Archaeology*, Certosa di Pontignano (Siena), 6-11 dicembre 1999, consultabili al sito: <http://192.167.112.135/NewPages/REMOTE1.html>



scavo (attraverso il telerilevamento aereo e satellitare, le prospezioni geochimiche e geofisiche), dall'altro, chi conduce lo scavo bisogna che compia descrizioni dettagliate, mai prive di rigore scientifico, non solo dei reperti archeologici ma di tutti gli elementi che possano dare ragione del contesto ambientale del ritrovamento. Così, se lo scavo richiede, per sua stessa natura, una alterazione della situazione di partenza, vengono registrati una quantità di parametri che permettano di risalire con buona approssimazione (benché in misura non totale) a quella situazione di partenza. Si capisce, quindi, come si renda indispensabile ormai una gestione informatizzata dei dati di scavo, data la mole di dati da acquisire ed elaborare, in relazione a un sito archeologico ma soprattutto a più siti connessi fra loro⁵. Oltre a *database* di tipo tradizionale trovano largo impiego sistemi GIS (*Geographical Information System*) per la cartografia dei siti archeologici, che permettono di tracciare carte tematiche digitali e interrogabili. Utile per la ricerca, ma anche per la semplice divulgazione scientifica è l'impiego della modellazione 3D, tramite CAD o applicazioni per la navigazione in ambienti virtuali (VRML ecc.). Per finire, l'attenzione verso i metodi di ricerca quantitativi ha favorito lo sviluppo di *software* per analisi multivariate, per la seriazione, il *clustering* e l'analisi di corrispondenze applicato a dati archeologici⁶.

3.2. Biblioteconomia

La biblioteconomia è una delle discipline umanistiche che, grazie all'associazione con l'informatica, ha fornito i contributi più largamente noti al largo pubblico e condivisi soprattutto dall'intera comunità scientifica: la possibilità di condurre ricerche bibliogra-

fiche in rete presso la maggior parte delle biblioteche del mondo⁷. I cataloghi digitali hanno ormai raggiunto la maturità⁸, attraverso interfacce utente adeguate, l'allineamento a standard largamente diffusi e conosciuti (un esempio tra tutti: l'uso della codifica *Unicode* per rappresentare i caratteri di lingue diverse dall'anglo-americano), la possibilità di impostare filtri d'interrogazione anche molto articolati attraverso la combinazione di diverse voci delle schede bibliografiche: autore, titolo, data di edizione, soggetto ecc.. Se le grandi biblioteche hanno ammesso i navigatori di Internet agli atti dei loro archivi bibliografici, non è ancora giunto il momento in cui si spalanchino le porte delle sale di lettura; solo allora, e sempre in ritardo per i tempi della nostra vita individuale, avverrà il salto di qualità, cioè un *web* che da semplice vetrina di osservazione divenga sistema di *literary machines* in un docuverso⁹, senza più bisogno di rinvii all'universo parallelo dei documenti cartacei. Certo l'opera di digitalizzazione dei materiali posseduti è terribilmente lunga e costosa da portare a termine, ma nel frattempo appare un po' paradossale che da almeno quindici anni le case editrici ricevano dagli autori i libri già in formato digitale, per poi distribuirli nella quasi totalità dei casi solo sotto forma cartacea. Un gradino comunque positivo per l'accesso ai testi, e non soltanto alle notizie bibliografiche, è rappresentato dai servizi di prestito interbibliotecario e dai servizi di *document delivery* (spedizione via posta ordinaria o *e-mail* di un esemplare del documento - articolo o parte di libro - in fotocopia o in formato digitale), da richiedersi contestualmente alla consultazione dei cataloghi digitali via web.

⁵ Chi è interessato ad approfondire i temi connessi all'impiego di queste tecniche, può far riferimento alla rivista "Archeologia e Calcolatori", i cui indici sono consultabili al sito: <http://soi.cnr.it/~archcalc/>

⁶ Per una bibliografia di base sull'argomento, si veda ad esempio: *Archaeological Statistics: A Brief Bibliography*, <http://archaeology.about.com/blstats.htm>

⁷ Un riferimento sintetico ma completo offrono F. Metitieri e R. Ridi, *Biblioteche in Rete - Istruzioni per l'uso*, Bari, Laterza, 2002.

⁸ Uno dei cataloghi più consultati è certamente quello della Library of Congress: <http://catalog.loc.gov/>

⁹ I termini vengono da Ted H. Nelson, *Literary Machines*, Sausalito (Ca), Mindful Press, 1987; vi era previsto un sistema per il pagamento dei diritti d'autore, ciò che rendeva il progetto Xanadu di Nelson simile più a una libreria ("usa e getta") che a una biblioteca pubblica di dimensioni planetarie.

3.3. Filologia

L'informatica testuale si può suddividere in documentaria, editoriale ed ermeneutica¹⁰. La prima si occupa della creazione di banche dati e sistemi di interrogazione, la seconda della rappresentazione dei testi a stampa, a video o su altri *media*, la terza, invece, si dedica alla relazione fra il testo e le sue interpretazioni. La filologia computazionale¹¹ è la disciplina che coordina questi tre aspetti, integrando in una visione coerente il processo di archiviazione di testi e varianti, la marcatura delle informazioni (lessicali, grammaticali, semantiche ecc.) inerenti ai testi archiviati, producendo, infine, edizioni critiche a stampa o a video. Benché il termine "ipertesto" sia nell'accezione comune associato a una rete di documenti in relazione fra di loro ma privi di prospettiva storica, occorre dire che la filologia tradizionale si è servita sin dalle origini della lettura non lineare propria dell'ipertestualità. In primo luogo, il confronto fra i diversi manoscritti (collazione) richiede il passaggio continuo e sistematico da un documento all'altro, per individuare le varianti; in secondo luogo, l'interpretazione di passi oscuri del testo è illuminata dalla ricerca di luoghi paralleli, nella stessa opera o in altre; in terzo luogo, la consultazione di commentari, lessici, repertori iconografici ecc., è per sua stessa natura una forma di lettura non lineare. Per ciascuna di queste tre forme di ipertestualità si sono sviluppati degli strumenti di ausilio all'attività del filologo, che vengono velocemente passati in rassegna in un riquadro separato.

3.4. Musicologia

È questo un altro campo in cui le applicazioni hanno avuto una larghissima diffusione in Italia. Oltre a varie iniziative per mettere in rete banche dati più o meno aperte e partecipate (incipitari di madrigali, cantate o altro; schedatura interrogabile di libretti d'opera; lessici specifici ecc.), esistono

programmi di videoscrittura analoghi a quelli per caratteri alfabetici, dove cliccando sul valore della nota (minima, semiminima, croma ecc.) e portandola sul rigo che interessa, se ne può ascoltare il suono, quindi verificare immediatamente nell'eventualità gli errori che appaiono come "stecche"; gli stessi programmi impaginano e mettono in partitura i brani automaticamente, emettono le diverse parti (primi violini, secondi, fiati ecc.) e applicano il testo alle parti vocali altrettanto automaticamente. In laboratori specializzati (come il centro di sonologia computazionale della Facoltà di Ingegneria di Padova) sono state sintetizzate opere intere, ed è allo studio un algoritmo che riproduce suoni e timbri, con una tecnica diversa da quella del campionatore che ovviamente prevede suoni emessi da strumenti tradizionali, mentre questo sistema li crea da sé. Per far sembrare più vera l'esecuzione, si sta studiando come ottenere esitazioni e imprecisioni simili a quelle umane.

3.5. Linguistica

La Linguistica è stata una delle prime discipline umanistiche a comprendere l'importanza del connubio con l'informatica e a figliare una disciplina autonoma, la Linguistica Computazionale. Essa è inoltre riuscita a far crescere i propri progetti, nati in ambito accademico, e trovar loro lavoro nel commercio e nell'industria, diventando prodotti di largo uso: dai correttori ortografici e sintattici, ai sistemi di riconoscimento vocale, ai programmi di redazione di riassunti automatici. L'approccio tradizionale dell'informatica al testo consiste nel trattamento di stringhe di caratteri all'interno dei quali individuare particolari *pattern* che permettano, ad esempio, la suddivisione in parole, il raggruppamento delle forme, l'ordinamento alfabetico ecc.. Compito della Linguistica Computazionale è appunto quello di elaborare modelli in grado

¹⁰ La comoda tripartizione è stata proposta anche di recente da Padre Roberto Busa: si veda per esempio A. Massarenti, *L'umanesimo viaggia sul computer*, ne "Il Sole - 24 Ore" del 7 agosto 2002, oppure in <http://193.205.145.117/docenti/informatica/appello/massarenti.htm>

¹¹ Risorse online sull'argomento si trovano nel sito: <http://www.griseldaonline.it/informatica/>. Un buon manuale introduttivo è R. Mordenti, *Informatica e critica dei testi*, Roma, Bulzoni, 2001.



di andare oltre questa forma elementare di trattamento e di individuare, in modo automatico (allo stato attuale delle ricerche si dovrebbe dire: semiautomatico), le relazioni linguistiche presenti¹²; procedere in particolare alla lemmatizzazione delle forme (per esempio, ricondurre la forma verbale italiana “lesse” al paradigma di “leggere”); individuare le strutture sintattiche (cioè le funzioni di soggetto, oggetto, predicato ecc. con i relativi elementi subordinati, nonché le funzioni semantiche di agente, tema affetto, strumento ecc.); attribuire tratti semantici pertinenti (associare a “sentire” e “udire” il tratto di percezione acustica); individuare le espressioni relative a un medesimo referente (“Roma” e “la capitale” in un contesto che lasci sottintendere: “capitale d’Italia”); e si potrebbe continuare. Se nei confronti di testi fortemente codificati, com’è il caso di opere tecniche, scientifiche o giuridiche, i risultati sono già apprezzabili (si pensi ai sistemi di traduzione automatica attivati presso i centri amministrativi della comunità europea), nei confronti di testi dal contenuto letterario più libero la ricerca è tuttora aperta¹³. Segni confortanti di sviluppo stanno venendo, tuttavia, dall’interazione della linguistica computazionale con le scienze cognitive¹⁴. Un ambito complementare (e per certi versi preparatorio) rispetto a quello del riconoscimento automatico di strutture linguistiche è il campo della marcatura semiautomatica delle strutture morfosintattiche e lo sviluppo di sistemi di interrogazione delle strutture che rappresentano l’interpretazione sintattica precedentemente marcata.

3.6. Studi letterari

Gli studi letterari hanno tratto ampio giovamento dalla costituzione di grandi *corpora*

di testi antichi e moderni in CD-Rom (si veda il riquadro separato per un’analisi dei più importanti strumenti e progetti sull’argomento). Generalmente, queste iniziative di digitalizzazione dei testi, condotte sotto la responsabilità di centri universitari, accademie e istituti pubblici o privati, fondazioni o case editrici, sono accompagnate dalla creazione di sistemi di *information retrieval* e alcune volte di analisi testuale metrica, grammaticale ecc.) adeguati alla base di dati stessa. Oltre all’indubbio vantaggio di riunire i materiali di interesse bibliotecario, questo tipo di strumenti e, naturalmente, i sistemi di *information retrieval* a essi associati, hanno permesso una vera e propria variazione di scala rispetto alle domande che si pone il letterato. Se gli studi filologici tradizionali favorivano l’indagine approfondita fino al minimo dettaglio del senso di un singolo verso, di una giuntura o anche di una singola parola, questi strumenti danno la possibilità di attraversare l’intero corpo estendendo a dismisura la portata dei nostri interrogativi. Qualunque indagine intertestuale su qualunque campo letterario, espresso in qualsiasi lingua antica o moderna, quella che un secolo fa si chiamava “ricerca delle fonti” (*Quellenforschungen*), oggi si effettua con una rapidità e una certezza inimmaginabili mettendo il critico in grado di affrontare problemi di interpretazione su repertori di materiali che è stata la “macchina” a predisporli sul tavolo. Certo, è nota l’obiezione secondo cui dove si guadagna in estensione, si rischia di perdere in profondità, ma lo smarrimento del dettaglio è comunque ricompensato dall’ampiezza dell’angolo visuale. Come si è detto, spesso le iniziative di digitalizzazione dei testi si fanno promotrici anche dello sviluppo di

¹² Si possono trovare risorse relative a questo settore sul sito del Laboratorio di linguistica computazionale di Venezia: <http://project.cgm.unive.it/>

¹³ Basta sottoporre una metafora del tipo “quella donna è una quercia” per far collassare qualunque buon sistema di analisi semantica automatica - a meno che il particolare uso non sia stato preventivamente codificato fra le accezioni del termine “quercia”.

¹⁴ I problemi connessi con la categorizzazione, a prescindere dalla formalizzazione informatica, sono affrontati in modo particolarmente brillante da G. Lakoff, *Women, Fire and Dangerous Things*, Chicago, University Press, 1987. Per una introduzione ai problemi del rapporto fra semantica e informatica, si può far riferimento a F. Rastier, M. Cavazza, A. Abeillé, *Sémantique pour l'analyse. De la linguistique à l'informatique*, Paris, Masson, 1994.

software adeguato a interrogare le basi di dati testuali prodotte. Tuttavia, ci si è presto resi conto che gli strumenti creati *ad hoc* per interrogare una specifica base di dati (per esempio, il *corpus* della letteratura italiana) spesso non soddisfano tutte le esigenze degli studiosi: per esempio possono esistere ordinamenti alfabetici ma non cronologici, possono mancare filtri in base alla tipologia metrica delle opere in poesia ecc.. Tanto le iniziative *no profit* quanto le iniziative commerciali più illuminate (il *Thesaurus Linguae Graecae* in testa) hanno ben compreso la necessità di rendere pubbliche le specifiche di codifica dei testi che costituiscono le loro basi di dati, sia quando siano dei formati proprietari, sia quando rispondano a degli standard ampiamente condivisi. Questo permette, in modo molto opportuno, di separare la base di dati dal sistema di interrogazione che insistono su di essa. Proprio a questo obiettivo tende la *Text Encoding Initiative* (TEI)¹⁵, che parte dallo studio di numerose tipologie testuali (testi in poesia o in prosa, opere drammatiche, scritti scientifici, edizioni critiche ecc.) per proporre dei modelli di marcatura XML del testo e delle informazioni a esso correlate.

3.7. Studi storici

L'influsso dell'informatica sulla ricerca storica è stato più volte oggetto di riflessioni di varia natura e orientamento. Esiste una *International Association for History and Computing*, ramificata in varie associazioni nazionali, che pubblica regolarmente una rivista (*History & Computing*) e ogni anno organizza convegni internazionali, dove trovano spazio anche dibattiti di natura metodologica.

Non di rado le riflessioni degli studiosi italiani¹⁶ – tanto più quando lavorano negli archivi – si concentrano sul problema delle fonti, vale a dire sul tema della rappresentazione e registrazione di informazioni trat-

te da documenti storici. Nel periodo tra la fine degli Ottanta e i primi anni Novanta, l'adeguatezza del software cosiddetto commerciale a gestire i dati di natura storica ha offerto il campo per vivaci scontri di posizioni, usati talora come pretesto da quanti – e non eran pochi – si schieravano, di fatto, contro qualsivoglia uso dell'informatica nelle ricerche storiche. In quegli anni, un illustre ma poco illuminato critico dell'Illuminismo poteva ancora sollevare scandalo per il ricorso alla posta elettronica come forma degenerata di comunicazione tra uomini di scienza.

Essendo gli storici persone più di altre sensibili alla questione delle fonti, non stupisce che le basi di dati siano per lungo tempo apparse loro come punto nodale delle applicazioni dell'informatica alla ricerca. In realtà, l'informatica entra oramai in ogni fase del laboratorio storico, anche se il suo impatto non sempre è percepito con chiarezza; da una parte, ciò si deve, in generale, al carattere pervasivo della strumentazione nella vita quotidiana (basti pensare ai mutamenti prodotti dal passaggio ai *word processor* nelle forme della scrittura, anche storiografica), d'altro lato molte potenzialità offerte dai calcolatori sono affatto sconosciute al di fuori di cerchie relativamente esigue di specialisti. Ma per lo più l'elenco delle "facilitazioni" offerte agli storici è abbastanza ovvio, e oltre alla disponibilità di banche dati *on-line* include come dappertutto le liste di discussione specialistica, quindi la forma più immediata ed economica di comunicazione coi propri colleghi in ogni parte del mondo, la possibilità di diffondere risultati anche parziali del proprio lavoro.

Anche in questo ambito è arrivato il momento di chiedersi se l'informatica abbia solo reso più facile il lavoro, o ne abbia mutato la qualità e la natura, o se ciò possa avvenire in futuro. Da un lato, la maggiore disponibilità di risorse comporta senza dubbio un au-

¹⁵ TEI: <http://www.tei-c.org>

¹⁶ Tra i contributi più recenti e approfonditi si segnala il volume di S. Vitali, *Passato digitale. Le fonti dello storico nell'era del computer*, Milano, Bruno Mondadori, 2004; ancora utile la miscellanea *Storia & Computer. Alla ricerca del passato con l'informatica*, a cura di S. Soldani e L. Tomassini (pubblicato dallo stesso editore nel 1996).



mento degli standard qualitativi: molte cose che prima erano impossibili, o troppo dispendiose o troppo faticose, sono oggi a portata di mano, a prezzo scontato. D'altra parte, si riesce a intravedere l'inizio di una lenta ritirata della componente erudita nella ricerca storica, a vantaggio di una accentuazione degli aspetti teorici e concettuali. La comodità di accesso agli archivi elettronici spinge verso una separazione tra le fasi della raccolta dei dati e del loro impiego e, in prospettiva, un distacco tra le persone che si occupano dei processi; non è detto che chi ha costituito una base di dati sia la medesima persona che ne farà uso: sono le stesse incredibili opportunità offerte dalla rete di collaborare strettamente e quotidianamente con studiosi remoti che favoriscono l'abbandono di tradizionali forme di minuta erudizione "territoriale", agevolano l'apertura a temi di vasto respiro e di interesse comparativistico.

L'evoluzione è più evidente nei settori della storia economica, sociale, demografica, e in tutti i campi dove l'analisi statistica riveste un ruolo fondamentale. I metodi di analisi hanno conosciuto qui progressi significativi, aprendo il campo ad analisi sofisticate e innovative, impensabili fino a pochi anni fa; diviene più facile sottoporre a verifica empirica teorie e modelli sviluppati da discipline attigue, appunto come l'economia, la sociologia, la demografia, l'epidemiologia: dalla descrizione dei fenomeni socioeconomici si passa alla loro interpretazione su solide basi statistiche, dove la specificità dei casi locali perde rilievo rispetto all'interesse del complessivo quadro concettuale, proiettando l'analisi su piani comparativi: dove non basta ovviamente disporre di archivi e risorse di calcolo adeguate, ma sempre serviranno competenze multidisciplinari approfondite.

4. L'INFORMATICA UMANISTICA NELL'OFFERTA FORMATIVA UNIVERSITARIA

Questa natura dell'Informatica Umanistica come disciplina di confine mostra le sue contraddittorietà, e manifesta le diverse visioni che su di essa le comunità accademici

che hanno maturato, quando si osservano le diverse offerte formative che negli ultimi anni alcuni Atenei italiani hanno incluso nei loro manifesti degli studi. Secondo le opinioni di molti (forse la maggioranza della comunità scientifica del settore: se ne fanno i più vivaci "messaggeri" alcuni allievi romani del compianto Giuseppe Gigliozzi), occorre favorire la creazione di nuovi insegnamenti universitari specifici di Informatica Umanistica, i cui docenti abbiano competenze specifiche nelle discipline umanistiche e generiche in informatica, in modo tale da procedere all'alfabetizzazione, all'insegnamento della storia della disciplina, dei suoi aspetti teorici e metodologici, delle basi della programmazione. A Pisa e a Firenze si sono, invece, aperti cicli, rispettivamente triennali e biennali (cioè di primo o secondo livello, in osservanza ai nuovi assetti organizzativi degli atenei) di un corso di studi che preveda l'approfondimento di specifiche discipline umanistiche (soprattutto letterarie e linguistiche) accompagnate dalla frequenza di un consistente montatore di informatica. L'esperienza veneziana, infine, destina all'Informatica Umanistica un corso di secondo livello universitario (biennio della laurea specialistica) in base ai seguenti principi:

- 1.** accesso da parte di laureati di primo livello che abbiano acquisito competenze specifiche in una delle diverse discipline umanistiche (storia, letteratura, lingua straniera, conservazione dei beni culturali, filosofia) o, al contrario, in informatica;
- 2.** approfondimento di discipline metodologiche quali la filosofia della scienza, la logica, la linguistica, che consentono il ragionamento critico sui metodi peculiari delle scienze umane e delle scienze esatte;
- 3.** frequenza obbligatoria di corsi di Informatica presso la Facoltà di Scienze, per chi proviene da trienni umanistici, e all'opposto di corsi di materie fondamentali umanistiche presso le Facoltà di Lingue e di Lettere per chi proviene dal triennio di Informatica;
- 4.** tesi di laurea sistematicamente concepite come lavoro di sintesi, di assimilazione di metodi pertinenti alle scienze esatte e alle scienze umane.

4.1. L'esperienza dell'Università Ca' Foscari di Venezia

Si spenderà qualche parola in più sul corso di laurea specialistica aperto a Ca' Foscari <<http://lettere2.unive.it/infouman/>> per sottolineare la novità di approccio pienamente paritetico, sin dai primi passi di ideazione e progettazione, tra diverse matrici culturali. È interessante osservare che questa iniziativa coinvolge docenti di area umanistica e informatica, con una presenza paritaria che trova riscontro sia nella composizione del collegio didattico che nello *status* di corso interfaccoltà a ogni effetto. Il corso tende, per quanto possibile, a integrare le doti di perizia comunicativa e persuasiva, sensibilità linguistica e letteraria, gusto estetico e artistico, insomma i caratteri culturali propri di chi sceglie gli studi umanistici, con le competenze tecniche e il costume scientifico acquisibili nell'ambiente dell'informatica; lo scopo è di creare figure professionali desiderate non solo dal mondo della produzione e del commercio, cioè dal mercato del lavoro a breve e a medio termine, ma anche dalle istituzioni dove si fa ricerca avanzata, in campo nazionale e internazionale. Chi ha pensato e disegnato la struttura del corso si pone l'obiettivo di preparare soggetti capaci di accorpare nella stessa persona competenze ormai dovunque indispensabili (ma oggi ripartite tra almeno due differenti figure professionali), in possesso di sicura autonomia operativa e decisionale, quindi presto riconvertibile in presenza di continue innovazioni delle tecnologie e trasformazioni del mercato. La composizione del piano di studi prevede, fra gli altri: insegnamenti di informatica (programmazione, *web design*, linguaggi per la rete come HTML e XML, gestione di basi di dati); insegnamenti di teoria della scienza (epistemologia, logica, filosofia del linguaggio, storia della scienza); insegnamenti di linguistica (fonologia e fonetica, linguistica computazionale e linguistica informatica); insegnamenti di letteratura (antica e moderna) e filologia (classica, romanza, italiana); insegnamenti metodologici in settori umanistici specifici (ricerca archeologica, teoria della letteratura, metodi quantitativi per le scienze sociali); nozioni di economia e di diritto (geografia economica, diritto commerciale); corsi di mi-

crolingua mirati al lessico informatico e ai prodotti multimediali. I tirocini avvengono, ove possibile, presso aziende pubbliche e private che operano nell'ambito della multimedialità, della creazione di software di supporto alle attività culturali, di traduzione automatica e semiautomatica; poi, nel campo dell'editoria e del giornalismo, e presso le istituzioni culturali quali archivi e biblioteche che facciano ampio uso delle nuove tecnologie. L'elaborato finale, al quale lo studente dedica l'ultimo semestre del biennio, consiste nella stesura di una dissertazione originale, di natura teorica o applicativa.

5. LE DISCIPLINE UMANISTICHE PER L'INFORMATICA?

Si conclude questo intervento con una provocazione, rivolta in particolare a chi fa ricerca in Informatica; l'invito è ad aprire gli orizzonti dei propri interessi culturali a mondi "affini", pensando che la miscela di saperi diversi, di linguaggi e metodologie lontane, non può che arricchire ed essere fonte di nuova creatività. Ecco a puro titolo di esempio alcune aree di ricerca che potrebbero beneficiare di questa "contaminazione umanistica".

5.1. Linguaggi di Programmazione

La torre di Babele dei linguaggi di programmazione si arricchisce di anno in anno di nuove proposte, di nuovi dialetti. Ma qualora si volesse procedere a un confronto sistematico di tali proposte, ovvero a una catalogazione sistematica dei linguaggi in base a criteri quali semplicità, espressività, complessità, lessico, perché non guardare a quanto è stato prodotto dai colleghi linguisti nella catalogazione dei linguaggi naturali, e nello studio della loro evoluzione storica?

5.2. Human-Computer Interaction

La progettazione di interfacce utenti, la valutazione di usabilità dei sistemi, la realizzazione di sistemi di *help*, già guardano con interesse a quanto è stato prodotto in Psicologia Cognitiva. Così come nella progettazione di applicazioni didattiche non si può più ignorare quanto la Psicologia dell'età evolutiva ha elaborato nell'ultimo decennio relativamente alle modalità (e ai limiti) dell'apprendimento.

5.3. Ingegneria del Software

È riconosciuto da tutti che la qualità di un "progetto" informatico non si riduce alle caratteristiche del solo codice ma dipende fortemente da fattori, quali la qualità dell'analisi, la documentazione del codice sorgente, la leggibilità della manualistica: tutti elementi che possono beneficiare degli interessanti studi sull'italiano per la scrittura tecnica sviluppati recentemente in alcuni dipartimenti di italianistica.

5.4. Rappresentazione della conoscenza

Nella formulazione di nuovi modelli di calcolo nella comunità informatica, l'interazione con le Scienze biologiche e naturali si è rivelata quanto mai efficace. Ma il coinvolgimento di studiosi con *background* filosofico potrebbe aiutare ad andare oltre alle difficoltà tecniche insite in questi approcci per ipotizzare scenari più completi e complessi di rappresentazione ed elaborazione della conoscenza.

Un grande maestro, il massimo studioso dei veicoli cui gli uomini affidano da duemilacinquecento anni la trasmissione della loro memoria alle generazioni successive, ha scritto di recente che "nella cultura scritta informatica i modi e i processi della composizione, registrazione, trasmissione e conservazione dei testi sono automaticamente provocati e determinati dalla legge del profitto dell'industria multimediale [...]. I processi di trasmissione dello scritto stanno passando in mano a mediatori naturalmente estranei ai prodotti di cui si occupano, di fronte ai quali essi sono tecnicamente analfabeti. [...]. Sembra proprio che si sia giunti molto vicini alla rottura di una catena di trasmissione testuale durata, sia pure con cadute e faticose riprese, alcuni millenni"¹⁷. Si ritiene, al contrario, che esista un antidoto alle idee pessimistiche che motivano tali profezie, e che questo stia nella nostra abilità di condurre una gestione accorta ma altruistica, lungimirante, generosa delle risorse informatiche e telematiche, così da rendere l'innovazione scientifica e la consapevolezza umanistica "compagne di strada" in questo viaggio, avendo entrambe come fine ultimo l'inten-

resse a realizzare le più felici aspirazioni di ogni uomo e dell'umanità intera.

Bibliografia

- [1] Aloni G.: *Scienze dell'antichità per via informatica. Banche dati, internet e risorse elettroniche nello studio dell'antichità classica*. Bologna, Clueb, 2002.
- [2] Ciotti F., Roncaglia G.: *Il mondo digitale*. Bari, Laterza, 2000.
- [3] Cristofori A., Salvaterra C., Schmitzer U. (cur.): *La rete di Arachne. Nuove tecnologie, didattica e antichità classiche*. Stuttgart, Steiner 2000.
- [4] Fiormonte D.: *Scrittura e filologia nell'era digitale*. Torino, Bollati-Boringhieri, 2003.
- [5] Gigliozzi G.: *Introduzione all'uso del computer negli studi letterari*, a cura di F. Ciotti, Milano, Bruno Mondadori, 2003.
- [6] Griseldaonline: <http://www.griseldaonline.it/informatica/> (a cura di Francesca Tomasi).
- [7] Landow G. P.: *L'ipertesto. Tecnologie digitali e critica letteraria*, a cura di P. Ferri, Milano, Bruno Mondadori, 1998.
- [8] Merzweb: <http://www.merzweb.com/> (a cura di Gino Roncaglia).
- [9] Mordenti R.: *Informatica e critica dei testi*. Roma, Bulzoni, 2001.
- [10] Numerico T., Vespignani A.: *Informatica per le scienze umanistiche*. Bologna, Il Mulino, 2003.
- [11] Retimedievali: <http://www.retimedievali.it/> (a cura di Andrea Zorzi).

AUGUSTO CELENTANO è professore ordinario di Sistemi per l'elaborazione delle informazioni all'Università Ca' Foscari di Venezia. Laureato in Ingegneria Elettronica al Politecnico di Milano nel 1973, ha svolto attività di ricerca nelle aree dei linguaggi di programmazione, dell'ingegneria del software, dei sistemi informativi e dell'e-learning, e si interessa attualmente di sistemi multimediali e di human-computer interaction. Insieme agli altri due autori, è tra i componenti del primo collegio didattico del corso di Laurea specialistica in Informatica per le discipline umanistiche dell'Università Ca' Foscari. auce@dsi.unive.it

AGOSTINO CORTESI è professore straordinario di Informatica all'Università Ca' Foscari di Venezia. Laureato in Matematica all'Università di Padova nel 1986, ha conseguito il dottorato di ricerca in Matematica Computazionale ed Informatica Matematica nel 1991. Svolge attività di ricerca nell'area dei Linguaggi di Programmazione, in particolare su tecniche di interpretazione astratta per l'analisi statica e la verifica di programmi. cortesi@dsi.unive.it

¹⁷ A. Petrucci, *Prima lezione di paleografia*, Bari, Laterza, 2002, p. 125.

PAOLO MASTANDREA è ordinario di Lingua e Letteratura Latina a Venezia; cura l'organizzazione di *corpora* letterari in formato elettronico, interrogabili in rete (www.unive.it/poetiditalia) e su disco (ALB, Poesis2, PoetriaNova); si occupa di storia della tradizione e critica dei testi antichi mediante analisi 'intertestuale'

assistita dal computer (saggio di applicazione: *La continuità del sistema letterario: mezzi di ricerca e fini didattici nello studio dei classici. Un'indagine su Dante Tasso e Lucrezio, condotta grazie a strumenti elettronici*, Genova, Latina Didaxis 17, 2002).
mast@unive.it

Strumenti informatici per le discipline umanistiche

FILOLOGIA

Per la collazione automatica e la redazione di apparati critici, si segnala fra tutti il TUSTEP creato presso l'università di Tübingen <<http://www.uni-tuebingen.de/zdv/zrlinfo/tustep-des.html>> e adottato da prestigiose case editrici per la ricchezza delle sue funzioni.

Il progetto Kleio, diretto da Manfred Thaller del Max Planck Institute for History di Goettingen <<http://www.user.gwdg.de/~mthaller2/>>, gestisce invece un sistema di mappatura fra il testo digitalizzato e le immagini digitali dei manoscritti.

Fin dall'Ottocento, strumenti tradizionali per la ricerca di luoghi paralleli erano *Indices e Concordantiae* a stampa, che permettevano di individuare le occorrenze di una parola, in ordine alfabetico. Il progetto di redarre gli indici dell'*Opera omnia* di Tommaso d'Aquino, iniziato da Roberto Busa nel 1949 e conclusosi negli anni Novanta, segna l'atto di nascita dell'informatica testuale. Nel corso dei decenni, le iniziative di questo tipo si sono moltiplicate, fornendo strumenti capaci di redigere indici e concordanze dinamici, consultabili anche via web, su *corpora* molto vasti di autori.

Alla terza tipologia di strumenti, utili non solo al word-retrieval e ricerca di luoghi paralleli, ma anche finalizzati ad agevolare la consultazione della letteratura secondaria (commentari storici, linguistici, prosopografici ecc.), è dedicato tra gli altri il Perseus Project <<http://www.perseus.tufts.edu/>>, dove si sviluppa l'idea dell'ipertesto come enciclopedia specialistica.

Studi letterari

Fra i più autorevoli archivi elettronici di testi letterari in CD-ROM si possono menzionare: il *Thesaurus linguae Graecae* (TLG), l'archivio del *Packard Humanities Institute* (PHI), il *Cetedoc Library of Christian Latin Texts*, la *Bibliotheca Teubneriana* e i *Monumenta Germaniae Historica* on CD-Rom, il *Patrologia Latina Data Base*, ALB e Poesis di Zanichelli. A questi si affiancano collezioni più o meno ampie disponibili in rete, fra cui ad esempio: la sezione dei classici greci e latini del Perseus Project, l'Oxford Text Archive, The Latin Library, il progetto Gutenberg, il progetto Manuzio. Tenendo conto dell'assenza di apparato critico nella quasi totalità delle edizioni elettroniche, i criteri per valutare un archivio di testi digitalizzati sono principalmente: la completezza del corpus, la scelta delle edizioni a stampa di riferimento, la conformità alle edizioni a stampa scelte. Anche rispetto ai migliori repertori, rimane sempre aperta l'esigenza di aggiungere, aggiornare e correggere i testi.

Lo studio dei testi letterari richiede la possibilità di gestire informazioni riguardanti la disposizione e la visualizzazione del testo (suddivisione in capitoli, numerazione di versi; caratteri greci e latini, corsivi, segni diacritici uniformi ecc.) e di individuare strutture appartenenti a diversi livelli di analisi: metrica, morfologica, sintattica, retorica ecc.. Per introdurre nei documenti elettronici questa mole di informazioni aggiuntive, sono stati elaborati degli standard di marcatura, in particolare dalla *Text Encoding Initiative* (TEI) e dal *World Wide Web Consortium* (W3C). Il Perseus Project si distingue fra le iniziative volte a offrire, oltre a un numero considerevole di testi classici consultabili in rete, anche la possibilità di effettuare l'analisi morfologica di ogni singola parola, di visualizzarne la traduzione in inglese, di individuare il numero di occorrenze della parola nell'intero corpus ecc..

La codifica dei testi secondo uno standard (SGML/XML) o secondo un protocollo proprietario messo a disposizione di terze parti (per esempio, il protocollo di codifica del PHI) assicura l'indipendenza dell'archivio digitale dai programmi di interrogazione. Fra i programmi di *text retrieval general purpose* si può menzionare TreSy (*Text Retrieval System for SGML/XML*), implementato dal CRI-BeCu (Centro Ricerche Informatiche per i Beni Culturali), il quale è in grado di estrarre informazioni, a partire da un'interrogazione strutturata, da qualunque documento che rispetti le specifiche di marcatura SGML/XML.

Per il TLG ed il PHI si possono, invece, menzionare le applicazioni di text retrieval Musaios, Lector, Pandora o Workplace Pack. Si distingue dai precedenti SNS Greek & Latin, implementato dal Laboratorio Informatico per le Lingue Antiche della Scuola Normale Superiore di Pisa, che, grazie alla costituzione di nuovi indici, alle funzionalità aggiuntive e all'ottimizzazione del motore di ricerca, offre prestazioni molto superiori ai precedenti prodotti. I dischi Poesis2 e PoetriaNova permettono la ricerca di parole sulla produzione poetica in latino, dalle origini alla metà del XIII secolo.

Fra i word processor studiati per la redazione di edizioni critiche si segnalano Classical Text Editor, Collate2 e Critical Edition Typesetter, recensiti diffusamente all'indirizzo: <<http://www.economia.unibo.it/dipartim/stoant/rassegna1/software.html>>

Apologia della biblioteca digitale

Per caso ci siamo trovati a vivere in un'epoca di rapidi progressi, di straordinari ricambi nelle forme di trasmissione del nostro patrimonio culturale; le circostanze possono sembrare analoghe a quelle che Santo Mazzarino (*La fine del mondo antico*, 1959) scorgeva nell'età tardo-imperiale romana: come allora, è in atto ora una specie di "democratizzazione della cultura", portata dalle dinamiche sociali dell'ultimo mezzo secolo; tali processi si pagano con inesorabili abbassamenti del livello medio, con una produzione editoriale scolastica che sempre più semplifica e compendia, sforna grammatiche elementari, lessici manuali, breviari storici, compendi scientifici: una realtà che può magari non piacere, ma cui vanno contrapposte mosse prudenti, per uscirne senza danni e con dignità. È ovvio che non sempre, e non da tutti, il trasferimento da carta stampata a supporto elettronico sia visto sotto buona luce: e qualche rischio davvero c'è, ora come in ogni fase di passaggio innovativo, anche se la cosiddetta "morte del libro" come veicolo privilegiato di comunicazione delle conoscenze resta una ipotesi lontana e improbabile. Più serio, ma anche circoscritto, sembra il pericolo che venga a formarsi una sorta di "nuova vulgata" diffusa dalle raccolte di opere letterarie affidate a supporto informatico o telematico; ostacolare la montante tendenza alla rinuncia dell'esercizio critico (non limitata all'ambito filologico) è però un dovere morale e intellettuale che in nulla ostacola i vantaggi enormi offerti dalla disponibilità di archivi di testi elettronici collegati a programmi di ricerca verbale. Vantaggi per chi fa indagine scientifica, e può rimpiazzare quasi completamente la strumentazione lessicologica a stampa con mezzi rapidi, flessibili, sicuri. Vantaggi per chi insegna, se si pensa alla libertà offerta ai docenti di ogni grado scolastico nelle scelte antologiche o nelle letture di brani per esercizi di traduzione. Vantaggi per chi impara, o almeno per i più curiosi tra gli studenti: cui è aperta la strada a un repertorio letterario assai più vasto e diversificato rispetto a quello proposto di solito, ben al di sopra di qualsiasi canone degli *auctores*.

Come ha mostrato una volta per tutte Ernst Robert Curtius (*Europäische Literatur und lateinisches Mittelalter*, 1948), la cultura letteraria comune dell'Occidente presenta una matrice in gran parte greca e latina, ma non ispirata ai soli autori ed opere dell'antichità 'classica'; anche a questo scopo, per aiutarci a considerare ogni oggetto nella giusta dimensione del sistema, che dall'Iliade e dall'Odissea e da Ennio *alter Homerus* ha perdurato fino all'età moderna senza subire grosse interruzioni, vanno sfruttati a fondo gli archivi di testi in veste digitale, cui collegare programmi di ricerca di parole; possono venire risultati inattesi dai nuovi modi di fruizione di tesori immensi, ora aperti a tutti, accessibili per vie che nemmeno avrebbero potuto concepirsi senza la disponibilità e la facilità d'uso dei mezzi elettronici.

George P. Landow e gli ipertesti sulla letteratura inglese e americana

Tra gli argomenti che descrivono i contatti tra l'informatica e le scienze umane non è stato trattato il vasto mondo dell'e-learning, l'applicazione di tecnologie informatiche all'insegnamento, per due semplici ragioni: la prima, di sostanza, è che l'e-learning attraverso potenzialmente tutte le discipline e non solo quelle umanistiche; la seconda, pratica, è che per dire qualche cosa di significativo servirebbe uno spazio pari almeno a quello occupato da questo articolo. Non si può però tralasciare di citare il contributo dato da George P. Landow (Professor of English and Art History alla Brown University di Providence / RI) all'insegnamento della letteratura con strumenti informatici. I suoi materiali didattici centrati su complesse reti di documenti ipertestuali, realizzate con sistemi *ad hoc* alla fine degli anni '80 e con siti Web recentemente, hanno dato un grande contributo allo sviluppo delle tecnologie e metodologie ipertestuali, svelandone le potenzialità come strumento di comunicazione, ma evidenziando anche la necessità di un lungo e profondo lavoro di redazione, di selezione, di trasformazione dei materiali didattici, per raggiungere gli obiettivi di qualità necessari. Il lettore interessato può iniziare la sua navigazione dal sito <http://www.landow.com/>, che funge da indice per i principali siti Web realizzati da Landow. La figura mostra la mappa di accesso al primo livello di argomenti trattati nel Victorian Web, la cui qualità è dimostrata da un numero elevatissimo di premi e menzioni conferiti nel corso degli anni.



La mappa degli argomenti del Victorian Web di George P. Landow

OSSERVATORIO SU COMPETENZE E CERTIFICAZIONI ICT

Il progetto di collaborazione fra AICA, Federcomin e Fondazione del Politecnico di Milano ha l'obiettivo di sistematizzare i numerosi sforzi europei e italiani volti alla descrizione delle competenze che definiscono le figure professionali ICT. L'articolo discute come il progetto intende sviluppare un modello di riferimento da mettere a disposizione del sistema socio-economico e creare uno strumento informatico di classificazione che permetta di associare processi ICT, tecnologie, organizzazione e modelli manageriali.

1. INTRODUZIONE

In questi anni le "Raccomandazioni" emerse a livello europeo hanno posto in rilievo il ruolo essenziale che l'istruzione e la formazione devono svolgere per migliorare il livello delle qualifiche in Europa. Queste sollecitazioni sono emerse non solo per rispondere alle sfide lanciate dal Consiglio europeo di Lisbona nel marzo 2000 - rendere l'Unione europea l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo - ma anche alle esigenze più vaste dei cittadini e della società. L'istruzione e la formazione costituiscono pertanto un settore prioritario fondamentale nella strategia dei paesi europei del dopo Lisbona.

In risposta a questi stimoli l'Europa ha cercato di dare delle risposte sia dal punto di vista di una strutturazione più flessibile del mercato del lavoro sia definendo, in termini di competenze, e classificando l'insieme di figure professionali interessanti per far incontrare domanda e offerta di lavoro e per accrescere la competitività e l'innovazione dei vari Paesi. Osservando lo sviluppo dell'economia negli

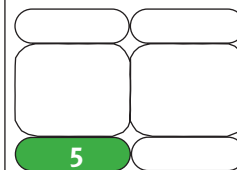
ultimi anni, si può sicuramente affermare che l'innovazione nel campo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione è ormai nella sua fase di piena maturazione. I prossimi anni sembrano destinati per il settore ad orientarsi maggiormente su un'innovazione incrementale che favorisca la diffusione di applicazioni specifiche esistenti piuttosto che sulla creazione di nuovi strumenti tecnologici. Sono ormai largamente definiti in molte applicazioni i prodotti "dominanti" così come si stanno delineando sempre più processi di convergenza tecnici e normativi con la definizione di standard.

I sistemi tecnologici "maturi" hanno come forte caratteristica quello di utilizzare un'elevata intensità di impiego di risorse umane specializzate ed in particolare, nello scenario attuale, rivolte a presidiare e incentivare i processi produttivi più innovativi.

L'innovazione nel comparto ICT va trovata nelle uniche eccezioni rispetto alle considerazioni di cui sopra quali i settori della telefonia digitale, della televisione digitale terrestre e delle tecnologie ICT applicate alla casa.



Graziano Dragoni
Chiara Francalanci
Clementina Marinoni
Paola Tarantini



Alcuni tendono ad affermare che l'ICT stia ormai rappresentando una *commodity* in cui la sensibilità dell'utente è molto più stimolata non tanto da quello che può dare in più, ma da quello che significa se viene meno. Forse queste affermazioni sottovalutano il continuo fermento di nuove tecnologie che comunque continuano ad affacciarsi come: *Web service*, reti *broadband*, VoIP, Wi-Fi, Wi-Max, RFID, Ultra Wide Band, DVB-T ecc..

Oltre alla tecnologia anche aspetti legati all'organizzazione del lavoro e ai vari processi di sviluppo delle attività hanno subito profondi cambiamenti nel corso degli ultimi anni.

In pochi anni, da dichiarazioni pubbliche di *skill shortage* di figure legate all'ICT si è passati a forti mutamenti dei profili afferenti a questo settore che, oltre alle tecnologie, hanno interessato i processi e le funzioni aziendali e i modelli organizzativi.

Il progetto ha perciò l'obiettivo di sistematizzare gli sforzi che sia a livello europeo che italiano sono stati fatti per dominare la descrizione delle competenze relative alle varie figure ICT, svilupparne un *framework* di riferimento da mettere a disposizione del sistema socio-economico, creare un modello informatico che in modo automatico consenta di gestire processi ICT rispetto a questa triangolazione tra tecnologie, processi e modelli manageriali.

2. MAPPATURA DEI PROGETTI ITALIANI

Negli ultimi anni si stanno sviluppando a livello italiano numerosi progetti con l'intenzione di classificare le Professionalità esistenti. Lo scopo è di creare un sistema adeguato e comprensibile, sia dalle imprese che dal singolo cittadino che intenda orientarsi nel mondo del lavoro.

Dagli studi effettuati dall'*Osservatorio delle Competenze e delle Certificazioni ICT* emerge, però, che tali progetti risultano disomogenei tra di loro: target di riferimento e obiettivi tra loro differenti creano sistemi di mappatura dei Profili e delle Professionalità, i quali, inadeguatamente riescono a rispondere alle esigenze di un mercato che a livello nazionale chiede un unico sistema di riconoscimento delle Professionalità.

I modelli presi in esame dal gruppo di ricerca

e risultati essere quelli le cui caratteristiche più si avvicinano alle esigenze legate all'elaborazione di un unico sistema di riferimento sono: OBNF, ISFOL, IFTS.

L'**OBNF** - *Organismo Bilaterale Nazionale per la Formazione* - www.obnf.it - era un organismo costituito da Confindustria e Cgil, Cisl, Uil, allo scopo di fornire ai Soggetti che operano nella scuola, nell'università e nella formazione professionale, informazioni utili e gestibili su cui fondare percorsi formativi adeguati alle esigenze dei fruitori. L'obiettivo principale era di ridurre il divario tra la domanda (esigenze del mercato del lavoro) e l'offerta formativa (ciò che offre la scuola, l'università, la formazione professionale), al fine di sostenere la competitività tra le imprese e di aumentare le possibilità di impiego e di sviluppo professionale delle persone.

La metodologia dell'OBNF si basava soprattutto sul concetto di Professione a cui associare un insieme di unità di competenze (capacità che bisogna dimostrare di possedere e acquisita con un percorso formativo). Per ogni unità di competenze, sono stati elaborati degli *standard minimi*, ovvero le conoscenze indispensabili che sono fondamentali e che possono essere tradotti "essere in grado di + verbo, oggetto, contesto".

Il secondo modello analizzato è quello elaborato dall'**ISFOL** - *Istituto per lo Sviluppo della Formazione dei Lavoratori* - www.isfol.it. Ente pubblico di Ricerca Scientifica, l'ISFOL opera in collaborazione con il Ministero del Lavoro, con le Regioni, le Parti Sociali, e altre Amministrazioni dello Stato, con l'Unione Europea ed altri Organismi Internazionali, per lo sviluppo della Formazione Professionale.

L'architettura del sistema proposto da ISFOL è focalizzato sul concetto di *competenza*, patrimonio complessivo e bagaglio professionale di un individuo ed è sviluppato attraverso Unità Capitalizzabili. L'obiettivo di ISFOL con il progetto "Standard Formativi: Unità Capitalizzabili e Crediti" è di elaborare una proposta capace di realizzare un sistema nazionale di standard formativi¹.

¹ Il Progetto citato viene chiaramente descritto in ISFOL-Strumenti e ricerche, *Competenze trasversali e comportamento organizzativo- Le abilità di base per il lavoro che cambia*, Ed. FrancoAngeli, 1992.

Il terzo approccio esaminato è quello dei percorsi **IFTS** - *Istruzione e Formazione Tecnica Superiore* – www.bdp.it - percorsi formativi post-diploma, finalizzati a favorire l'integrazione tra i sistemi dell'istruzione, scolastica e universitaria, della formazione e il mondo del lavoro. Essi costituiscono il nuovo canale per la formazione tecnica professionale superiore. Si rivolgono a giovani diplomati e adulti, allo scopo di accelerarne l'ingresso nel mondo del lavoro, e soprattutto di riqualificare chi è già in possesso di esperienze lavorative.

Dall'analisi comparativa effettuata emergono sia differenze sia elementi comuni sui quali riflettere nell'ottica di creare un sistema innovativo che, da un lato, superi alcune criticità, dall'altro, valorizzi alcuni aspetti di base.

In particolare, i modelli italiani di OBNF e dei percorsi IFTS analizzano non tanto il processo di mappatura delle competenze quanto il loro processo di costruzione a par-

tire da un insieme di conoscenze date. Infatti, partendo dal Processo di Business che prendono in considerazione, estrapolano le Aree di lavoro, dalle quali emergono i Profili Professionali, le Unità di Competenze, e le Competenze.

Solamente il sistema proposto da ISFOL, che introduce il concetto di UFC (*Unità Formative Capitalizzabili*)² sembrerebbe creare delle ipotesi di composizione delle competenze a partire proprio dalle UFC.

Altro elemento caratterizzante di tali approcci risulta essere il livello di formalizzazione adottato. Tutti questi modelli non possiedono un livello di formalizzazione molto elevato in quanto non arrivano a definire tutti gli elementi che caratterizzano una competenza. Per esempio, non distinguono le *Knowledge* dalle *Skill* (Figura 1).

Piuttosto questi modelli focalizzano la loro attenzione sul concetto di Profilo Professionale, concetto legato per definizione ad uno specifico ambito di lavoro. Il rischio è la per-

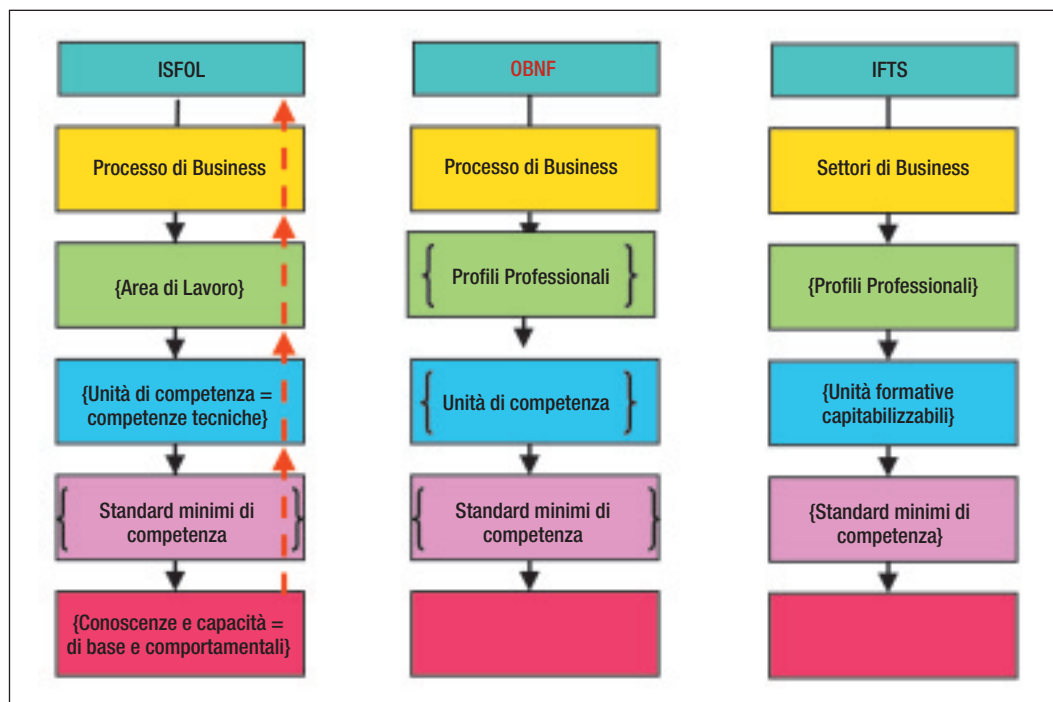


FIGURA 1
Processo di mappatura e di composizione delle competenze

² L'ISFOL definisce le UFC - *Unità Formative Capitalizzabili* – come standard formativi finalizzati al raggiungimento di competenze professionali. Per ogni "unità di competenza" si può definire una corrispondente "unità formativa standard minima" con caratteristiche di scomponibilità, pluridisciplinarietà e relativa autonomia. Il concetto di competenza viene così ad assumere quindi una accezione formativa, come patrimonio complessivo di risorse di un individuo nel momento in cui affronta una prestazione lavorativa o il suo percorso professionale.

TABELLA 1
Tabella riassuntiva
degli approcci
italiani (IFTS, ISFOL,
OBNF).

Approcci Italiani	IFTS	ISFOL	OBNF
Processo di mappatura delle competenze	Top – Down	Top – Down	Top – Down
Livello di formalizzazione delle competenze	Medio	Medio	Medio
Processo di composizione delle competenze	Non possibile	Possibile ma non disponibile	Non possibile
Know-what	Presente	Presente	Presente
Know-how	Presente in parte	Presente in parte	Presente in parte
Disposizioni individuali (attitudini psicologiche)	Non presente	Presente	Non disponibile
Focus del processo di mappatura	Profili professionali ICT	Processo di Business	Processo di Business
Target principali	Giovani e professionisti	Enti di formazione professionale	Enti di formazione professionale e industrie
Punto di vista formativo	Presente	Presente	Presente
Riduzionismo vs Olismo	Riduzionismo	Quasi riduzionismo	Riduzionismo

dita di flessibilità verso i rapidi cambiamenti del mercato del lavoro.

Un ulteriore elemento di analisi (Tabella 1) che risulta essere fondamentale nella ricerca effettuata, sono le cosiddette disposizioni individuali o attitudini psicologiche: nei percorsi formativi IFTS non sono presenti, nel modello proposto dall'OBNF non sono risultati disponibili, mentre nel modello proposto da ISFOL sono presenti le competenze non solo di base e tecniche, ma anche le competenze *trasversali*, quelle che dipendono quindi dall'individuo intrinsecamente, definite "soft".

Altro aspetto fondamentale risulta essere il punto di vista formativo: notevole importanza assume, quindi, il ruolo della formazione professionale, in particolare i percorsi IFTS e l'ISFOL, con il Sistema dei crediti formativi, vista come leva per lo sviluppo delle professionalità future. Ma non solo, anche il punto di vista delle imprese assume un ruolo centrale in questi modelli, che tentano di rappresentare le esigenze del mercato del lavoro, nell'ottica di creare risposte al mercato stesso.

Si può, quindi, affermare che gli approcci esi-

stenti a livello nazionale hanno finora cercato di sviluppare dei sistemi di classificazione delle Professionalità esistenti, tralasciando dimensioni di tipo gestionale e manageriale, e risultando essere molto focalizzati sullo specifico target di riferimento (formazione Professionale e mercato del lavoro).

La sfida, a livello nazionale, è sicuramente ora quella di creare un unico modello di riferimento che sia riconosciuto dalle istituzioni, dalla formazione professionale, dalle imprese e dal singolo cittadino. Un sistema dinamico e flessibile, sia di mappatura che di costruzione delle *competenze*, considerate fondamentali nella costruzione non tanto dei Profili Professionali consolidati ma piuttosto soprattutto di quelli nuovi.

3. MAPPATURA DEI PROGETTI EUROPEI

Il progetto prevedeva anche un'analisi comparativa fra alcuni dei principali modelli europei di gestione delle competenze, i cui risultati dovevano essere confrontati con quelli italiani, allo scopo di identificare analogie e differenze, criticità e punti di for-



za di ciascun approccio. I risultati di questa analisi dovevano aiutare a trarre gli elementi base per la costruzione di un modello capace di integrare i punti di forza dei diversi contributi.

I modelli europei analizzati sono i seguenti. Per il Regno Unito, SFIA (*Skill Framework for the Information Age*) ed e-Skills UK (l'organizzazione guidata dalle imprese responsabile del miglioramento, dello sviluppo e della qualità delle skill professionali nel campo ICT); per la Germania, APO (*Arbeitsprozessorientierte Weiterbildung in der IT-Branche, Fraunhofer Institut*) e Kibnet (*Kompetenzzentrum IT-Bildungsnetzwerke*); e, infine, Career Space (il Consorzio supportato dall'Unione Europea composto dalle 9 maggiori compagnie di ICT).

Coerentemente con l'impostazione complessiva data a questa prima fase di *benchmarking* e confronto, l'analisi comparativa tra i vari approcci europei ha preso in considerazione le medesime dimensioni utilizzate in quella rivolta ai modelli italiani. Essa, perciò, si è focalizzata sui criteri per l'individuazione e la mappatura delle competenze, di tipo *bottom up* e *top down*³:

■ Il livello di formalizzazione delle competenze individuate e catalogate nei diversi studi e le modalità per rappresentarle.

■ Gli elementi che vengono mappati nelle diverse formalizzazioni, oltre a quelli specificatamente di contenuto ICT, ossia gli aspetti gestionali, quelli comportamentali, di contesto ecc..

Dallo studio effettuato, è emerso, innanzitutto, che quasi tutti i modelli analizzati mappano le competenze a partire dai processi di business. **Career Space** è, di fatto,

l'unico approccio che adotta anche uno stile *bottom up* quando intervista alcuni manager per individuare le loro competenze critiche e le loro attitudini. Inoltre, Career Space pone molta più attenzione, di quanto non facciano gli altri approcci, alla dimensione psicologica ed è in grado di riprodurre un'atmosfera emozionale attorno ai vari "*job role*" così come rispetto allo stesso ambiente lavorativo a cui questi sono agganciati. Probabilmente questa modalità nasce dalla decisione di Career Space di indirizzarsi ai giovani. Ma è certo che anche le persone non più giovani, che si sentono forzate a modificare le proprie competenze al fine di mantenere il lavoro, apprezzano strumenti di supporto motivanti e stimolanti. Allo stesso modo, le emozioni costituiscono una condizione base essenziale affinché un processo di apprendimento abbia successo⁴; pertanto è necessario che gli strumenti a supporto della formazione aiutino anche a mobilitare le emozioni positive, facilitanti l'acquisizione e l'elaborazione di nuovi contenuti. Tuttavia, proprio a causa dell'approccio adottato, di tipo "olistico"⁵, il livello di formalizzazione delle competenze riscontrabile in Career Space è piuttosto basso. In tabella 2 si riportano le Aree di lavoro (*Job Area*) proposte da Career Space e le dimensioni descrittive adottate.

Di fatto, il livello di formalizzazione più alto è raggiunto dai due approcci del Regno Unito, ossia **SFIA** ed **e-Skills UK**. In particolare, il modello e-Skills UK scompone le aree di competenza in piccoli moduli fatti di "knowledge" (conoscenza), "understanding" (comprensione) e skill (abilità), tutti codificati,

³ Si seguono le due principali definizioni date in letteratura sugli approcci di mappatura delle competenze che adottano, l'uno una prospettiva individuale, basata sulle *best performances* (bottom up), David McClelland, 1976, l'altro una prospettiva strategica *business oriented* (Top down), Gary Hamel e C.K.Prahalad, 1995.

⁴ M.Bruscaglioni, La gestione dei processi nella formazione degli adulti, ed. Franco Angeli, 1992, C. Piccardo, Empowerment, ed. Cortina, 1995, Peter M. Senge, La quinta disciplina, ed. Sperling & Kupfer, 1992.

⁵ Negli approcci olistici alla spiegazione di un qualsiasi fenomeno, il "tutto", ossia l'oggetto in esame, preso nel suo insieme, è qualcosa di più della somma delle singole parti. È l'insieme che dà significato e spiega le parti, non il viceversa. Ovviamente formalizzare un fenomeno cercando di mantenere la sua complessità è molto più difficile che formalizzarlo solo per alcuni aspetti considerati "essenziali". La posizione che ritiene possibile scomporre un fenomeno trovando gli elementi essenziali che lo determinano senza "perdere" informazioni fondamentali, si chiama "riduzionismo".

Aree di lavoro Career Space

1. Communication Network Design
2. Data Communication Engineering
3. Digital Design
4. DSP-Application Design
5. ICT Management
6. ICT Marketing Management
7. ICT Project Management
8. ICT Sales Management
9. Integration & Test Engineering
10. I.T. Business Consultancy
11. Multimedia Design
12. Product Design
13. Radio Frequency Engineering
14. Research & Technology Development
15. System Specialist
16. Software Architecture & Design
17. Software & Application Development
18. Technical Support

Dimensioni descrittive Career Space

- a. Aree di lavoro (n. 18)
- b. Profili professionali
- c. Job Description (la vision)
- d. Task (ruolo, stile di vita)
- e. Aree tecnologiche
- f. Tipi e livelli di skill (skill comportamentali e tecniche)
- g. Opportunità future/Aziende
- h. Tipi di persone/Aziende

TABELLA 2

Aree di lavoro e dimensioni descrittive di Career Space

Aree di lavoro	Livelli di responsabilità
1. Strategy & planning	a. Follow
2. Management & administration	b. Assist
3. Sales & marketing	c. Apply
4. Development & implementation	d. Enable
5. Service delivery	e. Ensure, advise
	f. Initiate, influence
	g. Set strategy, inspire, mobilie

TABELLA 3

SFIA - Macroaree ICT e livelli di competenza

distribuiti su 9 livelli di competenza – apprendimento previsti dal sistema di educazione britannico⁶, così che possano essere immagazzinati in una banca dati e adattarsi a molte aree di competenza differenti nonché costituire i contenuti di unità di apprendimento, anch'esse codificate. Questo approccio diventa perciò utile allo scopo di elaborare un sistema di qualificazione fortemente strutturato, facilmente aggiornabile e modificabile, coerentemente ai processi di innovazione. Tuttavia, di contro, questo approccio perde la complessità e la visione d'insieme⁷. Infatti, esso trasferisce le informazioni in modo impersonale, considera solo ciò che è facilmente separabile e, di conseguenza, è facile che possa escludere aspetti cruciali per l'apprendimento. È anche vero, comunque, che se e-Skills UK prende in considerazione esclusivamente aree di competenza di tipo tecnico – tecnologico, SFIA, che adotta il modello base di e-Skills UK adattandolo, considera, invece, anche le skill di tipo gestionale e manageriale, distribuendole su 7 livelli di competenza – apprendimento. Tali skill e tali livelli vengono agganciati alle job area⁸ e ai job role, e tutto è mappato da e, quindi, collegato a, le fasi di business di un intero processo di business ICT⁹.

In tabella 3 si riportano le macroaree ICT individuate da SFIA e i 7 livelli di competenza.

KIBNET, il centro tedesco per le competenze IT e network per la formazione professionale, si trova a metà strada tra Career Spa-

⁶ Ogni livello rappresenta una crescita in conoscenza, comprensione, abilità (skill) e autonomia intesa come capacità di pensare in modo analitico e creativo. A partire dal primo settembre 2004 i livelli di qualificazione da 6 sono diventati 9 (compreso il livello 0, entry level) per uniformare il sistema di qualificazione professionale e "undegraduate" con quello universitario.

⁷ In questo senso, l'approccio e-Skill UK è diametralmente opposto a quello di Career Space.

⁸ Essi non equivalgono ai "nostri" profili professionali, bensì a specificazioni delle job areas, le quali possono contenere diversi profili. In ogni caso SFIA non parla mai di profili o figure professionali bensì solo di aree o sottoaree di lavoro e skill.

⁹ SFIA adatta il modello del British Computer Society.

ce e SFIA. Il suo modello delle competenze è abbastanza formalizzato; esso mappa profili, che raggruppa in famiglie professionali (gruppi di specialisti)¹⁰, non aree di competenza e aree di lavoro. Tuttavia, poiché questi gruppi professionali sono associati, ciascuno, a specifiche fasi del processo di sviluppo di un progetto IT, in questo senso, KIBNET individua precise aree di lavoro a cui fanno riferimento insiemi di profili professionali. Il limite dell'approccio consiste, però, nel fatto che il processo di sviluppo di un progetto IT, per come è stato descritto, in fasi e sottofasi, è, di fatto, una schematizzazione così astratta e "ideale" dei processi *reali*, che non trova un facile ri-

scontro nei contesti concreti. In qualche modo, comunque, tale modello tiene conto anche delle capacità comportamentali e, da questo punto di vista, sembra essere vicino almeno quanto SFIA alle situazioni operative di lavoro.

In tabella 4 vengono riportati il processo IT proposto da KIBNET, i gruppi di specialisti e un esempio di come i profili vengono incrociati lungo il processo IT.

In tabella 5, invece, si riporta schematicamente il posizionamento dei diversi approcci europei analizzati.

Tutti questi approcci ai modelli delle competenze ICT cercano di descrivere le competenze e garantire unità di apprendimento, in

Fasi del Processo IT KIBNET	Gruppi di specialisti
1. Analizzare le idee/bisogni 2. Formulare la richiesta 3. Comparare proposte di soluzioni 4. Valutare le proposte 5. Implementare i sistemi 6. Testare i moduli 7. Integrare i moduli 8. Fornire i prodotti 9. Accettare i prodotti 10. Adattare i sistemi 11. Migrare i sistemi 12. Formare gli utilizzatori 13. Far funzionare il sistema 14. Monitorare il sistema 15. Ottimizzare il sistema	1. Sviluppatore Software 2. Coordinatore 3. Solution developer 4. Tecnico 5. Amministratore 6. Advisor
Gruppo di specialisti	Profili Professionali
Sviluppatore software  	Analista di sistemi Sviluppatore di sistemi Sviluppatore Software Sviluppatore di Database Sviluppatore di interfacce utente Sviluppatore multimediale
Fasi di processo ICT	
• Formulare la richiesta • Comparare proposte di soluzioni • Valutare le proposte • Implementare i sistemi • Testare i moduli	

TABELLA 4
Processo IT e
gruppi di specialisti

¹⁰ "Spezialisten Gruppe" e "Spezialisten Profile". A ciascun gruppo appartengono profili diversi. Le competenze, all'interno di un Gruppo e fra Gruppi, possono sovrapporsi in parte, lungo un processo IT.

	e-Skills UK, SFIA	Career Space	APO Kib-Net
Approccio alla mappatura delle competenze	Top – Down	Top – Down Bottom – Up	Top – Down
Livello di formalizzazione della struttura di competenze	Alto	Basso	Medio
Processo di ricomposizione delle competenze	Presente	Non disponibile	Non disponibile
Know-what	Presente in e-Skills UK	Presente	Parzialmente presente
Know-how	Presente	Parzialmente presente	Parzialmente presente
Attitudini individuali	Parzialmente presente solo in SFIA	Presente	Parzialmente presente
Focus della mappatura delle competenze	L'intero processo di business ICT	L'intero processo di business ICT	Il processo di sviluppo di un progetto IT
Target principali	Industrie, utilizzatori finali, istituti per la formazione professionale, Governo	Giovani	Industrie ICT, individui
Punto di vista formativo	Presente	Presente	Presente
Punto di vista del mercato del lavoro	Presente	Presente	Presente
Riduzionismo <i>versus</i> Olismo	Riduzionismo	Presente	Vicino al riduzionismo

TABELLA 5
*Posizionamento
approcci europei*

qualche modo ponendosi a supporto e al servizio della definizione dei processi di qualificazione formali. Altra cosa è descrivere *come* di fatto si possono acquisire o sviluppare competenze e generare performance corrette, efficaci ed efficienti. Infatti, le competenze così come anche le performance sono, dopotutto, *know-how e know-what in azione*¹¹.

Il modello tedesco **APO** sposa questa convinzione. Coerentemente all'idea che le competenze sono conoscenze in azione, il loro approccio riesce, almeno parzialmen-

te, a superare i problemi legati alla formalizzazione delle competenze, alla loro certificazione e ai processi di apprendimento; ci riesce attraverso interventi formativi in cui sono *incorporati* i flussi di lavoro reali¹². APO, cioè, prevede percorsi di apprendimento durante il lavoro, nei contesti di lavoro reali, finalizzati allo sviluppo e alla certificazione delle competenze acquisite attraverso l'esperienza¹³.

In questo quadro, dunque, una buona formalizzazione delle competenze ICT deve poter essere tradotta in percorsi formativi

¹¹ Silvia Cortellazzi, Ivana Pais, *Il posto della competenza*, ed. Franco Angeli, 2001.

¹² “[.....]What we find: Curricula based on formal categorization of technical subjects [...] What we need: Curricula that are workflow- embedded trainings which refer to *real business processes* and focuses on *competences being put into practice*”, Fraunhofer Institut.

¹³ In Francia da ormai più di 10 anni è stata introdotta la Certificazione dell'esperienza professionale, *Validation d'Acquis de l'Expérience* (VAE); in Gran Bretagna sta suscitando un notevole interesse, tanto che anche qui è stata formalizzata come “APEL” (*Accreditation of Prior Experiential Learning*) e il sistema di crediti da poco introdotto ha proprio lo scopo di facilitare, in futuro, il riconoscimento dell'esperienza nel processo di qualificazione. Anche in Spagna con “Il Sistema Nazionale delle Qualificazioni e della Formazione Professionale” si intende valutare, riconoscere e accreditare le competenze professionali acquisite attraverso l'esperienza di lavoro anche senza momenti di apprendimento formali. In Germania si sta formalizzando questo approccio nella convinzione che, di fatto, le competenze si acquisiscano e si apprendano *davvero* sul lavoro.



“during the job”. Essi, infatti, mantengono *naturalmente* la complessità del contesto, in quanto coincidono con le attività di lavoro *reali*, e, proprio per questo, *naturalmente* determinano anche lo sviluppo di quella energia e di quella tensione assolutamente indispensabili per ottenere apprendimento *vero*.

Questa nostra attività di analisi e comparazione, quindi, ha consentito di riflettere sia sul significato concreto di competenza sia sul valore concreto del possedere modelli altamente formalizzati, portando anche a valutare le possibili direzioni che si possono prendere in un processo di modellizzazione. E in questo senso, se la ricchezza di complessità generata dai contesti reali non deve essere persa, tuttavia è estremamente difficile poterla formalizzare in modo efficace. Ma probabilmente, questo dilemma può essere superato proprio recuperando il valore dei sistemi di apprendimento e certificazione sul campo.

4. UN APPROCCIO ALL'INTEGRAZIONE

Il modello che si intende elaborare ha come scopo quello di costruire uno strumento concreto utile:

- a.** alle aziende che devono definire il loro fabbisogno di competenze;
- b.** alle agenzie di intermediazione, che mettono in contatto domanda e offerta di lavoro;
- c.** agli enti formativi per caratterizzare i percorsi di accreditamento.

Per assolvere a queste funzioni, il modello dovrà, pertanto, possedere precise caratteristiche di base, in grado di superare alcune criticità rilevate negli altri approcci italiani ed europei ma, contemporaneamente, anche in grado di integrare ciascun loro punto di forza. Sono sintetizzate qui di seguito le criticità evidenziate tra i vari modelli:

■ la difficoltà, spesso, a mappare le conoscenze e competenze di tipo gestionale e manageriale; ma del resto, ancora oggi, non sempre è facile far riconoscere il valore di queste dimensioni comportamentali in contesti così fortemente tecnici come quelli dell'ICT;

■ la delicatezza nello scegliere quali possano

essere i processi ICT e aziendali di riferimento, che facciano da guida nell'individuazione delle conoscenze e competenze; queste scelte, infatti, determinano il tipo di prodotto che verrà realizzato;

■ la delicatezza nell'utilizzare qualsiasi tipo di tassonomia, a maggior ragione nel campo dell'ICT, sempre per il medesimo motivo descritto sopra;

■ un livello di formalizzazione a volte eccessivo, come già, peraltro, espresso più volte, orientato ad una estrema parcellizzazione delle conoscenze e competenze e che rischia, perciò, di allontanare dalla realtà e di far perdere il senso del contesto unitario e complessivo.

Comunque, se da questo studio comparato emergono evidenti, precise criticità, alcune presenti solo in qualche approccio, altre, invece, ricorrenti in diversi, è vero anche che proprio queste criticità segnalano quali siano i punti nodali relativamente ai quali prendere una decisione sul modello delle competenze. Allo stesso modo, quelli che risultano essere punti critici per alcuni approcci sono, di fatto, punti di forza per altri, suggerendo, così, la strada da intraprendere.

Conseguentemente, le opportunità che si delineano dai risultati dello studio sono speculari alle criticità sottolineate. Esse possono essere sintetizzate nel modo seguente:

■ raggiungere un livello di formalizzazione sufficiente a flessibilizzare le possibili combinazioni tra conoscenze e competenze, così da facilitare la costruzione di nuovi profili e la generazione di percorsi di apprendimento¹⁴ mirati;

■ garantire una rappresentazione delle conoscenze e competenze tecnologiche integrata

¹⁴ Si preferisce utilizzare la parola “apprendimento” piuttosto che “formazione”, in quanto la seconda è tradizionalmente associata agli interventi d'aula, ai corsi strutturati e formalizzati. Coerentemente a quanto sottolineato finora, invece, si ritiene che il momento più *adatto* all'acquisizione delle competenze sia durante l'attività lavorativa, dimensione naturale in cui un individuo *apprende* ad essere “performante”. Il modello, quindi, dovrà poter suggerire percorsi di *apprendimento* in linea con le competenze identificate.

	Osservatorio delle competenze e delle certificazioni informatiche (OCCI)
Approccio alla mappatura delle competenze	Top – Down
Livello di formalizzazione della struttura di competenze	Alto
Processo di ricomposizione delle competenze	Presente
Know-what	Presente
Know-how	Presente
Attitudini individuali	Presente
Focus della mappatura delle competenze	L'intero processo di business ICT
Target principali	Industrie, utilizzatori finali, istituti per la formazione professionale, Governo e Organismi istituzionali, individui
Punto di vista formativo	Presente
Punto di vista del mercato del lavoro	Presente
Riduzionismo <i>versus</i> Olismo	Vicino al Riduzionismo

TABELLA 6

I requisiti del modello OCCI

con quelle gestionali, manageriali, affinché le prime acquisiscano una valenza davvero concreta, coerente con le effettive esigenze di un contesto lavorativo specifico;

■ sviluppare un forte legame con i processi aziendali reali relativi tanto allo sviluppo dei progetti ICT quanto alla gestione operativa delle attività, ciò allo scopo di contestualizzare e, quindi, di nuovo, rendere concrete le conoscenze e competenze individuate.

In tabella 6 vengono indicati, molto schematicamente, quali siano i requisiti specifici del modello delle competenze che si intendano costruire, considerando le medesime dimensioni utilizzate nell'analisi comparativa.

Infine, è opportuno soffermarsi brevemente sul concetto di “profilo professionale” in quanto, tanto a livello europeo quanto anche a livello italiano, sono state trovate de-

finizioni e posizioni differenti. In diversi casi non si parla nemmeno di profilo professionale ma al più di area di lavoro o ruolo in un'accezione più generale. Nel modello che si intende elaborare, innanzitutto, i profili professionali costituiscono un punto di arrivo; i punti di partenza per individuare conoscenze e competenze core sono, infatti, come già accennato, il processo di sviluppo di un progetto ICT, le tecnologie, i processi aziendali. Questo approccio è del tutto in linea con quello britannico di e-Skills UK e SFIA¹⁵.

Inoltre, se, da un lato, attraverso il modello sarà possibile individuare un insieme di profili riconosciuti come tali dal contesto aziendale italiano e internazionale, certificabili, dall'altro lato ogni azienda dovrà poter sempre essere libera di generare profili, partendo dalle conoscenze e competenze di cui ha bisogno. Ciò significa che i profili non verranno

¹⁵ Ricordiamo che né SFIA né e-Skill UK parlano comunque di profili professionali (job profiles) bensì soltanto di “job areas” e “job roles”



definiti e fissati una volta per tutte. A seconda di come saranno aggregate insieme aree di competenza, potranno emergere profili diversi e anche nuovi.

A tale scopo diventa opportuno dare una definizione di profilo che possa distinguerlo da “area di competenza” o “insieme di aree di competenze”, indicando quando un “insieme di aree di competenze” integrate fra loro diventa profilo. Un’ipotesi da esplorare è quella che associa ai profili *performance* e *output* distintivi. In questo senso, i profili, ancor più che le competenze e le aree di competenza, sono collegati ai processi aziendali concreti. Essi potrebbero equivalere ad insiemi di aree di competenza che si integrano fra loro in funzione delle esigenze di precisi contesti aziendali di riferimento, per generare performance caratteristiche che producono risultati distintivi diversi.

5. IL PROCESSO D'ESTRAZIONE DI COMPETENZE E CAPACITÀ

I progetti di mappatura delle competenze informatiche che ci hanno preceduto sono accomunati da alcune fondamentali scelte di classificazione. In essi, è per lo più assente o trascurata la classificazione delle competenze manageriali e “soft” che caratterizzano i profili professionali. I profili sono, invece, descritti privilegiando le competenze strettamente tecniche che li caratterizzano. Come già osservato, ciò rende piuttosto difficile la descrizione dell’evoluzione temporale dei profili e della corrispondente crescita professionale degli individui che, lavorando in un contesto aziendale, acquisiscono e fanno proprie competenze non tecniche. Tale crescita professionale è spesso accompagnata da un aumento di responsabilità che comporta inevitabilmente l’acquisizione di competenze di natura manageriale, indispensabili per la gestione dei progetti, dei gruppi o, naturalmente, delle imprese. Trascurare o non evidenziare la classificazione di tali competenze può limitare il modello di mappatura, specialmente in relazione alla descrizione di requisiti professionali che implicino esperienza lavorativa.

Una seconda scelta di classificazione dei precedenti progetti è la descrizione astratta delle tecnologie, intese come applicazioni complesse dell’ICT che prescindono dalle specifiche soluzioni tecniche che le realizzano. Ciò ha il vantaggio di legare i profili professionali ad applicazioni dell’ICT e non a singole soluzioni tecniche, ma limita il dettaglio con cui è possibile descriverli. Essi restano spesso insiemi di competenze nella cui descrizione è difficile identificare le conoscenze di dettaglio. Tali conoscenze sono, specialmente dal punto di vista tecnico, legate a *come* una certa applicazione della tecnologia viene realizzata e, di conseguenza, a quali scelte di progetto vengono operate e a quali conoscenze esse richiedono. Per esempio, mentre è possibile associare il profilo professionale di *amministratore di rete* a una qualunque rete, le conoscenze pratiche necessarie a tale profilo variano notevolmente a seconda delle specifiche tecnologie di rete che vengono scelte (per esempio, Internet o ATM). Va da sé che l’azienda che cercasse sul mercato del lavoro un amministratore di rete vorrebbe senz’altro poter verificare le conoscenze dei candidati rispetto alle proprie soluzioni tecniche di dettaglio. Queste limitazioni sono di nuovo riconducibili alla generale mancanza di un linguaggio comune fra le diverse parti coinvolte nel difficile processo di classificazione delle competenze, ovvero aziende fornitrici di ICT, mercato del lavoro e utilizzatori.

Da ultimo, i precedenti sforzi di classificazione non fanno in generale riferimento alle funzioni e ai processi delle aziende utenti dell’ICT. Le applicazioni dell’ICT individuate sono in massima parte indipendenti dal contesto aziendale nel quale vengono applicate. Sono per esempio indipendenti dal settore industriale dell’azienda utente, dalle sue caratteristiche dimensionali o geografiche, dal suo mercato di riferimento, dal profilo della sua clientela, eccetera. Questa indipendenza dal contesto rende la classificazione sufficientemente generale da poter essere applicata ad aziende utenti con caratteristiche anche profondamente diverse. Tuttavia, l’ICT è ampiamente riconosciuta come un insieme di tecnologie flessibili, i cui benefici sono legati ad un lungo

e difficile processo di adattamento ai requisiti aziendali che le rende molto dissimili in aziende e, ancor più, in settori industriali diversi. Adattare profili professionali generici, classificati e descritti in maniera indipendente dal contesto, può comportare un lavoro di ridefinizione delle caratteristiche del profilo stesso non indifferente. D'altra parte, far colloquiare fornitori e utenti non può prescindere da tale ridefinizione, poiché richiede la comprensione dei requisiti delle imprese, dei loro obiettivi e dei benefici che esse possono trarre da una tecnologia la cui caratteristica distintiva è, appunto, la flessibilità.

Le competenze e le relative conoscenze e capacità rappresentano proprio il livello di dettaglio necessario per ottenere una classificazione utilizzabile da tutti, fornitori, esperti e utenti. Come già osservato, l'esigenza di aumentare il livello di dettaglio delle classificazioni esistenti per farle colloquiare è fortemente sentita da più parti. Ma fino a che punto deve spingersi tale dettaglio? A quale livello di astrazione è possibile fermare il processo di classificazione garantendo la comunicazione fra le parti coinvolte e, dunque, l'utilizzabilità della mappatura?

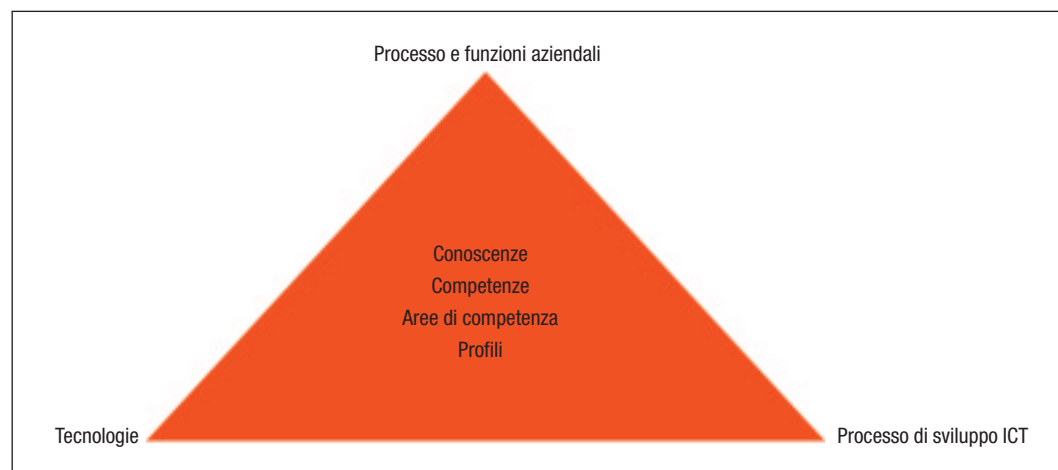
Se l'obiettivo è descrivere i profili professionali in modo utile per fornitori, esperti e utenti, il livello di dettaglio corretto è quello che supporta tale utilizzabilità. Deve essere possibile riconoscere nei profili classificati, esperti realmente esistenti, che devono trovare la descrizione del proprio profilo rispondente alle proprie competenze e relative conoscenze, in maniera simile a come essi le descriverebbero nel proprio curriculum vitae.

I fornitori di tecnologia devono poter riconoscere profili rispondenti ai propri esperti interni e vederli descritti in termini di competenze e conoscenze, in maniera simile alle competenze e conoscenze necessarie all'erogazione dei propri servizi. Le aziende utenti devono poter esprimere i propri requisiti nei termini delle conoscenze e competenze dei profili classificati. È perciò indispensabile che il processo di estrazione si accompagni a una continua verifica empirica che garantisca la rispondenza dello sforzo di classificazione alle esigenze di fornitori, esperti e utenti, ovvero alle loro descrizioni interne delle competenze ICT, quotidianamente utilizzate.

Questo non significa che la classificazione coincida con una rilevazione delle competenze. Si tratta piuttosto di un processo iterativo di verifica empirica che parte necessariamente da una classificazione operata a priori. Nella pratica, gran parte delle descrizioni in uso di profili e competenze non è codificata e tanto meno univoca. Anzi, è proprio questa arbitrarietà che rende necessario il lavoro di classificazione. Esiste tuttavia un limite di accettabilità per un qualunque sforzo di classificazione, dettato appunto dalla sua rispondenza alle norme pratiche non codificate.

Occorre perciò individuare dapprima le dimensioni fondamentali di classificazione e, successivamente, operare una prima definizione di competenze e conoscenze lungo tali dimensioni, da verificare poi empiricamente. Una fondamentale dimensione di classificazione comune a tutti i precedenti progetti in quest'ambito è il processo di progettazione dell'ICT (Figura 2). Tale processo, che

FIGURA 2
Dimensioni di classificazione delle competenze: modello di riferimento



va dallo studio di fattibilità, all'implementazione e alla manutenzione, richiede nelle sue diverse fasi insiemi diversi di competenze informatiche. Uno stesso profilo professionale può poi essere caratterizzato da diversi insiemi di competenze e conoscenze in fasi diverse di progetto o da diversi livelli di una stessa competenza. Dettagliare tale dimensione di classificazione in fasi e sotto-fasi fornisce un aiuto notevole all'estrazione a priori delle competenze.

Due dimensioni di classificazione non sistematicamente presenti nei progetti precedenti sono i processi e le funzioni delle aziende, sia utenti, sia fornitori di tecnologia e le tecnologie stesse, intese non solo come applicazioni complesse dell'ICT, ma come soluzioni tecniche specifiche (Figura 3). Si è già discusso dell'opportunità di includere tali dimensioni e del loro impatto sulla generalità della classificazione risultante rispetto alle parti interessate, fornitori, esperti e utenti. Si vuole osservare che, anche in questo caso, occorre dettagliare tali dimensioni per supportare la definizione preliminare delle diverse competenze necessarie in diverse funzioni e processi aziendali e per la progettazione e gestione di diverse tecnologie.

Il processo d'estrazione lungo le fondamentali dimensioni di classificazione fornisce un insieme di competenze necessarie per la progettazione e la gestione di una specifica tecnologia, all'interno di un parti-

colare contesto e in una certa fase del processo di progettazione. Questo aumentato livello di dettaglio rende assai probabile l'individuazione di competenze e conoscenze comuni a più profili professionali. È piuttosto intuitivo che le conoscenze dei profili professionali dell'ICT non siano mutuamente esclusive, ma si ricoprano in qualche misura. È per esempio plausibile che profili professionali distinti abbiano in comune la necessità di conoscere o saper progettare o saper gestire una stessa tecnologia di dettaglio, in particolare se essi sono necessari in una stessa fase del processo di progettazione o in uno stesso processo aziendale. Gli esempi che si potrebbero fare anche a prescindere da una rigorosa classificazione sono numerosissimi. Si pensi, come esempio eclatante, alle conoscenze ECDL ormai comuni a tutti, utenti e progettisti.

La considerazione che ne deriva è che al termine del processo di estrazione, idealmente per tutte le fasi del processo di progettazione, per tutti i processi e le funzioni aziendali e per tutte le tecnologie, sia disponibile un insieme di competenze e di conoscenze che permettono una definizione molto flessibile dei profili professionali, componendo, appunto, le competenze e le conoscenze a seconda delle necessità. È perciò facile pensare ad un profilo come all'insieme delle competenze e delle conoscenze che non è possibile non possedere. I profili possono

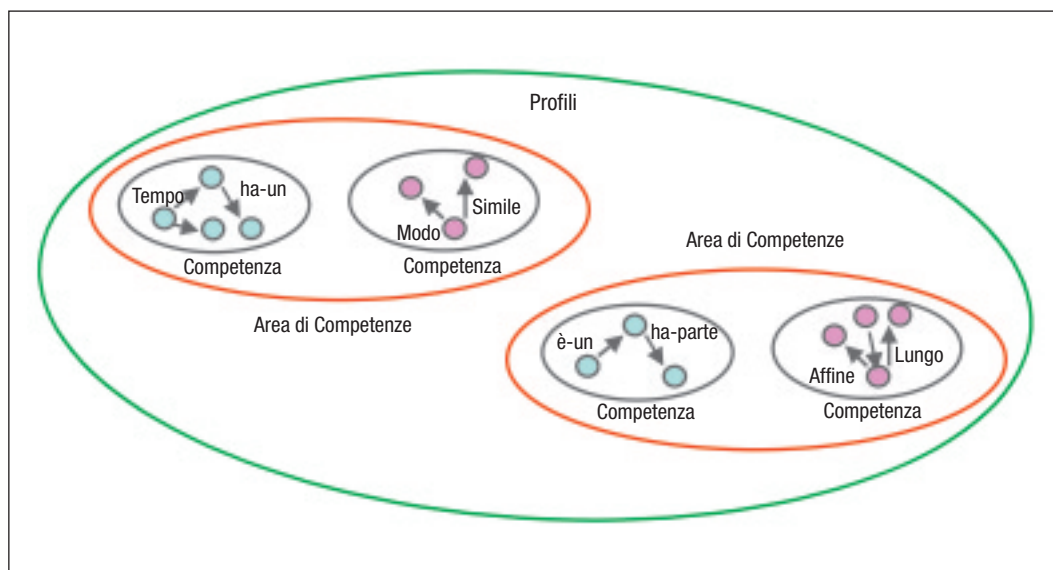


FIGURA 3

Rappresentazione grafica delle relazioni semantiche fra aree di competenze, competenze, conoscenze e profili professionali

poi essere arricchiti in base alle nuove competenze e conoscenze acquisite con l'esperienza e perciò adattarsi bene alle esigenze degli esperti nella definizione standard del proprio curriculum. Oppure, possono essere ampliati a seconda delle specifiche esigenze aziendali. Sarà possibile definire profili essenzialmente tecnici e arricchirli con competenze manageriali in maniera simile ai livelli di competenza del modello inglese, ma senza le difficoltà che tale modello incontra nella distinzione a priori di un rigido schema di livelli invece di una più semplice e flessibile composizione di competenze e conoscenze.

Sarà inoltre possibile cogliere le caratteristiche peculiari di quei profili professionali che, pur essendo strettamente tecnici, non sono associabili a nessuna tecnologia in particolare. Per esempio, l'esperto di sicurezza che deve avere competenze su tutti i componenti di un sistema informativo e perciò su una molteplicità di tecnologie. Oppure l'esperto di prestazioni o di middleware, caratterizzati da un'analoga trasversalità rispetto alle singole soluzioni tecniche, ma allo stesso tempo fortemente e imprescindibilmente tecnici. In sintesi, sarà possibile un processo di ricostruzione dei profili professionali a partire dai mattoni fondamentali che li costituiscono, ovvero competenze e relative conoscenze.

Caratterizzando le mutue relazioni fra competenze e conoscenze all'interno dei profili, tale processo di ricostruzione si configura in maniera naturale come una rete semantica (Figura 3). Senza scendere nei dettagli, le reti semantiche, ovvero reti di relazioni fra entità variamente descritte, rappresentano un utile strumento per studiare come entità di base si compongono a formare entità più aggregate o ad un livello di astrazione superiore. Rappresentando un certo insieme di profili come una rete semantica, è possibile capire qual è il grado di copertura medio degli insiemi di conoscenze che li caratterizzano, qual è l'insieme delle conoscenze necessarie, ovvero sempre presente in un certo insieme di profili, e quali le probabilità con le quali conoscenze e competenze diverse appartengono ad uno stesso profilo. Le reti semantiche forniscono tecni-

che per tradurre tutti questi indicatori in regole per la composizione dei concetti più elementari e la creazione automatica di concetti ad un livello di astrazione più elevato. Nel nostro caso, tale composizione permetterebbe di creare nuovi profili a partire dall'insieme delle competenze e conoscenze, profili che potrebbero essere oggetto di verifica empirica nel processo iterativo di costruzione e verifica del modello di classificazione.

6. CONCLUSIONI

L'obiettivo così come sopra descritto è sicuramente ambizioso e complesso e ha degli aspetti di forte incertezza tipici di tutte le attività di ricerca per la difficoltà di modellizzare un ambito con molteplici gradi di aleatorietà.

L'attività svolta ha definito un modello comparativo che ha messo in evidenza, tra i modelli di mappatura europei e italiani già sviluppati, differenze di approccio, di livello di formalizzazione, di valorizzazione degli aspetti gestionali legati all'attività, di prospettiva dei referenti a cui è orientata la descrizione. Si è cercato di integrarne le peculiarità sviluppando un nostro modello nella prospettiva di informatizzarne lo sviluppo creando conseguentemente uno strumento da mettere a disposizione del sistema.

I primi risultati conseguiti sono sicuramente incoraggianti così come i commenti riscontrati dai primi incontri pubblici avvenuti sia in ambito italiano che europeo.

L'orientamento che ne è derivato è stato quello di orientare il framework di mappatura della conoscenza e degli skill in modo funzionale allo sviluppo di un modello di riferimento per le agenzie regionali e nazionali di intermediazione tra offerta e domanda di lavoro per meglio aiutare a definire i fabbisogni delle aziende.

Un altro ambito di sviluppo interessante potrà essere la correlazione di questo modello visto nell'ottica aziendale con l'offerta formativa universitaria legata alle lauree di I e II livello in modo da aprire ambiti di confronto che possano contribuire a creare valore per il sistema.

Bibliografia

- [1] Bruscalgioni M.: *La gestione dei processi nella formazione degli adulti*. Ed. Franco Angeli, 1992.
- [2] Cappucci U.: A cura di, *Business strategia e competenze*. Ed. Guerini e Associati, 1999.
- [3] Cortellazzi S., Pais I.: *Il posto della competenza*. Ed. Franco Angeli, 2001.
- [4] Hamel G., Prahalad C.K.: *Harvard Business Review*, Maggio-Giugno 1990.
- [5] Piccardo C.: *Empowerment*. Ed. Cortina, 1995.
- [6] Senge Peter M.: *La quinta disciplina*. Ed. Sperling & Kupfer, 1992.
- [7] Spencer Lyle M., Spencer Signe M.: *Competenza nel lavoro*. Ed. Franco Angeli, 2002.
- [8] www.apo-it.de/apo-it/index.php
- [9] www.bmbf.de
- [10] www.bmwa.bund.de
- [11] www.career-space.com
- [12] www.dfes.gov.uk
- [13] www.education.gouv.fr
- [14] www.e-Skills.com
- [15] www.kib-net.de
- [16] <http://wwwn.mec.es/index.html>
- [17] www.sfia.org.uk
- [18] www.travail.gouv.fr

CHIARA FRANCALANCI è professore associato di Sistemi Informativi al Politecnico di Milano. Ha scritto numerosi articoli sulla progettazione e sul valore economico delle tecnologie informatiche, svolto attività di ricerca e consulenza nel settore finanziario e manifatturiero sia in Italia sia presso la Harvard Business School ed è editor del Journal of Information Technology.
e-mail: francala@elet.polimi.it

CLEMENTINA MARINONI si è laureata in epistemologia all'Università degli Studi di Milano, dal 1991 lavora presso la Fondazione del Politecnico di Milano dove gestisce l'Area Studi e Valorizzazione Risorse Umane. Ha esperienza di ricerca e gestione progetti nelle aree: sviluppo competenze, sviluppo organizzativo, modelli di apprendimento e e-learning. I contesti di applicazione sono quelli industriali con esperienze anche nei servizi e in alcuni ambiti della Pubblica Amministrazione. È autrice di articoli su riviste specializzate.
e-mail: marinoni@fondazionepolitecnico.it

PAOLA TARANTINI si occupa di Ricerca e di sviluppo delle Risorse Umane presso la Fondazione del Politecnico di Milano. Laureata in Scienze dell'Educazione con indirizzo esperto dei processi formativi presso l'Università Cattolica di Milano, ha svolto attività di progettazione e di coordinamento di corsi di Alta Formazione.
e-mail: tarantini@fondazionepolitecnico.it

GRAZIANO DRAGONI da circa 20 anni si occupa di Open Systems nel settore dell'ICT. Dal 1999 è responsabile della gestione del CEFRIEL, Centro di Formazione e Ricerca del Politecnico di Milano e dal luglio 2003 è Direttore Generale della Fondazione del Politecnico di Milano. È docente presso l'Università di Lugano. Ha gestito progetti di ricerca e consulenza per grandi aziende ed enti pubblici, e progetti europei. È stato membro di commissioni ministeriali e regionali afferenti a contesti formativi e di innovazione tecnologica.
e-mail: dragoni@fondazionepolitecnico.it

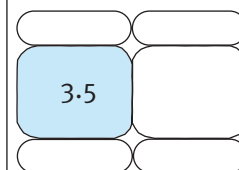
INTERAZIONE UOMO-COMPUTER

UN'INTRODUZIONE



Fabio Paternò

L'introduzione di tecnologie informatiche in ogni area delle attività umane sta rendendo l'informatica sempre più una disciplina orientata a supportare la comunicazione con gli utenti. Negli ultimi venti anni si è assistito a una crescente necessità di capire come progettare l'interazione di sistemi informatici con gli utenti in modo da ottenere sistemi facili da usare. Questo articolo fornisce un'introduzione ai concetti che caratterizzano gli obiettivi, i metodi e gli strumenti della disciplina che affronta queste problematiche.



1. INTRODUZIONE

L'interazione uomo-computer (*Human-Computer Interaction*) è la disciplina che studia metodi e tecniche per la progettazione e lo sviluppo di sistemi interattivi che siano usabili, affidabili e che supportino e facilitino le attività umane. Essa si è sviluppata velocemente negli ultimi anni con la penetrazione crescente dei dispositivi informatici in ogni attività umana. Infatti, il sempre maggior uso di applicazioni informatiche richiede una progettazione che sappia tenere conto dei vari possibili contesti di uso, degli obiettivi degli utenti e delle nuove tecnologie di interazione. L'informatica diventa sempre più una disciplina interattiva e orientata alla comunicazione con utenti. Per esempio, il successo del Web è dovuto alla facilità con cui permette di comunicare informazioni al mondo intero. A questo scopo sono stati sviluppati metodi, modelli, tecniche, in grado di misurarsi con queste nuove problematiche. Dovendo trattare dell'interazione tra due sistemi molto diversi, quello umano e quello informatico, con quello umano particolarmente complesso, l'interazione

uomo-computer è intrinsecamente interdisciplinare per poter cogliere i vari aspetti che possono essere rilevanti. Lo scopo di questo articolo è di consentire un'agevole comprensione di quali sono i concetti di base, le caratteristiche e gli aspetti più significativi di questa area e gli approcci più promettenti. A questo scopo, si forniscono brevi cenni riguardanti le prime esperienze storiche più significative e una descrizione dell'area disciplinare in modo da capire meglio cosa sia e quali siano le questioni più importanti affrontate. Tra queste vi è certamente l'usabilità, un concetto complesso a molte dimensioni, dove il peso di ciascuna dimensione dipende anche dal tipo di dominio applicativo che si sta considerando.

2. CENNI STORICI

I primi calcolatori avevano poco di interattivo con gli utenti. La figura 1 mostra un esempio che risale alla fine degli anni '60 - inizi anni '70, con un operatore avente a disposizione un pannello di controllo alquanto essenziale che aveva, principalmente, funzioni di de-



FIGURA 1
Esempio di interazione con i primi calcolatori elettronici.

bugging anche se poteva essere usato per inserire direttamente dei comandi nel sistema. In sostanza, la nascita dell'interazione con i computer coincide con la nascita degli schermi grafici e con la possibilità di interagire con essi. La tesi di dottorato nel 1963 al MIT di Ivan Sutherland fornisce probabilmente la prima interfaccia utente grafica interattiva con SketchPad [9]. Questo sistema consentiva la manipolazione di oggetti grafici tramite una penna ottica: si potevano creare elementi grafici, spostarli, ricevere un *feedback* grafico, e cambiare gli attributi. Molte delle tecniche di interazione grafica vengono introdotte negli anni '70 nel laboratorio di ricerca della Xerox Parc. Nel 1981 appare sul mercato il primo sistema commerciale con il supporto della manipolazione diretta: *Xerox Star*. Verrà seguito da *Apple Lisa* nel 1982 e dal *Macintosh* nel 1984. Nel 1983, Ben Shneiderman, all'Università del Maryland definisce i principi che caratterizzano la manipolazione diretta [8]. Gli schermi grafici portarono anche all'introduzione di dispositivi che facilitavano l'interazione con essi. Il più conosciuto è il *mouse*. Esso fu inventato nei primi anni '60 da Douglas Engelbart. Altri dispositivi furono introdotti presto come la penna ottica, la tavola digitalizzatrice. Insieme a schermi e mouse fu ben presto chiara la necessità di avere a di-

sposizione tecniche che consentissero di rendere più efficiente il lavoro degli utenti e, quindi, furono introdotti i sistemi a finestre che consentivano di interagire con varie applicazioni associate a diverse finestre contemporaneamente. I primi sistemi a finestre furono sviluppati alla Xerox PARC e furono lo *Smalltalk* e *InterLisp* a metà degli anni '70 e furono adottati dallo Xerox STAR e Apple Lisa. L'Apple Macintosh rese poi queste tecniche disponibili al grande pubblico nel 1984 con uno schermo a 9 pollici, bianco e nero, 512 per 342 pixel. In quel periodo, al MIT nasce X Window System [7] che consente tramite la sua architettura *client/server* di avere un sistema a finestre, interattivo con una notevole flessibilità e portabilità in ambienti distribuiti. A consacrare il successo delle interfacce grafiche si ha, nel 1985, la prima versione di MS-Windows. Si affermano così le interfacce WIMP (*Window Icon Menu Pointer*) che diventano gli ambienti con cui, ancora oggi, si interagisce principalmente con i computer. Nel frattempo, alcuni ricercatori cercavano di identificare i concetti e i metodi più rilevanti per questa disciplina emergente: ad esempio, nel 1983, Card, Moran e Newell [1] introducono il modello di processore umano che fornisce una rappresentazione semplificata di come l'essere umano percepisce ed elabora gli stimoli esterni e il metodo GOMS (*Goals, Operators, Methods, Selection rules*) per predire la *performance* umana durante l'interazione con un computer. L'evoluzione tecnologica ha caratterizzato anche quest'area. Per esempio, gli schermi grafici: attualmente vi è una varietà impressionante che va da piccoli schermi che possono stare in telefoni o orologi a grandi schermi che coprono porzioni significative di pareti. Un numero crescente di oggetti, anche di uso quotidiano, vengono arricchiti di funzionalità interattive (come automobili, frigoriferi, orologi). Parallelamente, gli utenti si sono evoluti con la tecnologia. Quando, nel 1979-1980, chi scrive, si iscrisse al corso di laurea di Scienze dell'Informazione, non aveva mai visto prima un computer. Inoltre, i suoi primi programmi erano registrati su schede perforate che bisognava portare al centro di calcolo per l'esecuzione. Oggi, suo figlio (nato nel 1997) ha imparato prima a interagire con un personal computer che a leggere, sfruttando



la memoria visiva per ricordare i bottoni da selezionare, per esempio per poterlo spegnere.

3. L'USABILITÀ

Il principale obiettivo di questa disciplina è l'usabilità. Questo è un concetto complesso, a molte dimensioni (come, per esempio, rilevanza, efficienza, facilità di apprendimento, sicurezza, flessibilità ecc.), dove il peso di ciascuna dimensione dipende anche dal dominio applicativo che si considera. Infatti, se si prova a considerare applicazioni appartenenti a domini diversi si vede subito come cambia l'importanza di alcune sue componenti. Si consideri, ad esempio, un'applicazione per impiegati di banca, un video gioco e un sistema di controllo di traffico aereo. Nell'applicazione bancaria l'obiettivo è svolgere le varie pratiche in modo efficiente e rapido, quindi l'interfaccia deve essere immediata per un utente che accede in modo continuo. In un video gioco è importante il coinvolgimento emotivo, il divertimento, ed è, quindi, importante creare effetti che possono coinvolgere l'utente. Nel sistema di controllo di traffico aereo, non interessa il coinvolgimento emotivo ma lo svolgimento delle attività in modo da evitare errori perché un errore può mettere a repentaglio la vita di molte persone. Comunque, definizioni generali di usabilità esistono. Quella più riconosciuta è dello standard ISO 9241 (Requisiti ergonomici per lavoro di ufficio con terminali), in cui viene definita come la misura in cui un *prodotto* può essere usato da specifici *utenti* per raggiungere specifici *obiettivi* con efficacia, efficienza e soddisfazione in un specifico *contesto di uso*. Dove per *efficacia* si intende l'accuratezza e completezza con cui gli utenti possono raggiungere i loro obiettivi; l'*efficienza*, invece, è l'insieme di risorse spese in relazione all'accuratezza e completezza degli obiettivi raggiunti (per esempio, il tempo richiesto); la *soddisfazione* è, infine, il comfort e l'accettabilità del sistema per gli utenti e le altre persone influenzate dal suo uso. Sono tanti i motivi per cui l'usabilità è importante:

■ aumenta l'efficienza degli utenti, questo significa per le aziende e le organizzazioni un aumento di produttività;

■ si riducono gli errori, quindi, aumenta la sicurezza nell'interazione con applicazioni o servizi informatici;

■ si riduce il bisogno di addestramento (che è anche esso un costo per le aziende e gli enti);

■ si riduce il bisogno di supporto degli utenti, che quindi accettano più volentieri l'uso di applicazioni informatiche;

■ infine aumenta le vendite, infatti è evidente che quando due sistemi hanno funzionalità simili gli utenti scelgono quello che consente un più facile accesso.

È possibile identificare delle misure quantitative di usabilità [4]. Per esempio il tempo che l'utente ha impiegato per completare un compito, il numero di compiti che l'utente ha completato in un intervallo di tempo, il rapporto tra interazioni corrette ed errori (in questi casi si considera errore un'azione che non serve per raggiungere l'obiettivo corrente), il numero di errori, il numero di compiti che sono stati svolti dall'utente, il numero di compiti che non sono stati svolti dall'utente (anche se erano supportati dal sistema), il numero di volte che l'utente non è riuscito a risolvere un problema, il rapporto tra gli utenti che hanno scelto la migliore strategia e quelli che non la hanno scelta, la quantità di tempi morti, il numero di volte che l'utente si è distratto. Questo tipo di indicatori è particolarmente significativo nel caso di applicazioni dove è ben chiaro quali sono gli obiettivi dell'utente.

Un concetto distinto è quello di *accessibilità*. Un sistema informatico è *accessibile* se può essere usato da tutti, comprese le persone disabili. Esempi di problemi di accessibilità nascono quando si comunica informazione solo tramite attributi grafici che non possono essere percepiti da utenti ciechi. Ne è un esempio indicare con il colore rosso i campi obbligatori in un modulo interattivo o fornire informazioni tramite un grafico senza alcun testo alternativo. L'accessibilità solleva importanti questioni che coinvolgono molte persone con inabilità permanenti o legate a particolari situazioni. L'uso di Internet e di tutte le informazioni correntemente disponibili in formato digitale, specialmente quando recuperabili *on-line*, rappresentano una opportunità importante per la società. Accedere all'informazione tutta-

via non basta. Infatti, anche se un sistema è accessibile per utenti disabili, esso può ancora non essere sufficientemente usabile per tali utenti. L'obiettivo dell'usabilità è di rendere l'esperienza degli utenti più efficiente e soddisfacente. Ovviamente, in questa prospettiva, un sistema non può essere usato se non è accessibile. Per questo l'accessibilità è una pre-condizione per l'usabilità. Tuttavia, queste questioni sono spesso affrontate da due comunità diverse che si concentrano essenzialmente solo su uno dei due aspetti (per esempio il W3C, il consorzio che definisce gli standard per il Web, ha definito delle linee guida per l'accessibilità ma non per l'usabilità). C'è, quindi, la necessità di integrare questi due aspetti per ottenere sistemi informatici per tutti.

4. L'INTERAZIONE

Per capire che cos'è lo *human-computer interaction* e l'usabilità è opportuno far riferimento al modello di Norman [5] il cui scopo è identificare le fasi principali nell'interazione utente, fornendo così una indicazione utile e strutturata degli aspetti principali da considerare quando si progettano interfacce. Questo modello fornisce una valida struttura logica, anche se semplificata, per la progettazione e valutazione. Vengono identificate sette possibili fasi per descrivere l'interazione uomo-calcolatore:

- Formulare l'obiettivo
- Formulare l'intenzione
- Identificare l'azione
- Eseguire l'azione
- Percepire lo stato del sistema
- Interpretare lo stato del sistema
- Valutare il risultato rispetto all'obiettivo.

FIGURA 2
Il ciclo di interazione di Norman



Per esempio, un obiettivo può essere una certa modifica di una lettera. Tale obiettivo generale può essere decomposto in intenzioni più specifiche, come modificare le conclusioni. Questo richiede alcune azioni specifiche, come modificare alcune parole che possono essere eseguite tramite selezione delle parole interessate e immissione delle nuove parole. Una volta che le azioni sono eseguite, il sistema mostra il risultato, l'utente lo può guardare e magari accorgersi che sono state modificate anche alcune parole che, invece, andavano bene: capisce, quindi, che il suo obiettivo non è ancora stato completamente raggiunto e deve essere eseguita una nuova interazione. Norman colloca le sette fasi nel contesto del ciclo di un'interazione, al cui interno identifica il "golfo dell'esecuzione" (la differenza tra le intenzioni dell'utente in termini delle azioni da svolgere e le azioni effettivamente consentite dal sistema) e il "golfo della valutazione" (la differenza tra le rappresentazioni fornite dal sistema e quelle che si aspetta l'utente). Nelle interfacce a bassa usabilità, dove i compiti da svolgere sono malamente supportati, i due golfi possono essere utili per identificare le discrepanze tra quello che l'utente vorrebbe fare e quello che può fare (golfo dell'esecuzione) e tra quello che il sistema presenta e quello che l'utente si aspetta (golfo di valutazione) come è possibile vedere dalla figura 2. In entrambi i casi, è possibile identificare una distanza cognitiva indicata dalla quantità e qualità di informazione da elaborare da parte dell'utente allo scopo di colmare il divario nel golfo considerato.

Per capire meglio questi concetti vari esempi possono essere fatti. Un esempio abbastanza intuitivo è il gioco che consiste nell'avere i numeri da 1 a 9 inizialmente disponibili a ciascuno dei due giocatori. I giocatori giocano uno alla volta. A ogni turno i giocatori scelgono uno dei rimanenti numeri (rendendolo indisponibile). Se un giocatore possiede tre numeri la cui somma è 15 ha vinto. Innanzitutto bisogna capire il problema. Entrambi i giocatori condividono un obiettivo comune: "vincere il gioco". Vi è però anche un altro obiettivo: "se a un certo punto io non posso vincere allora non devo

consentire all'altro giocatore di vincere". Una possibile strategia è scegliere un numero tra i numeri rimanenti cercando di vincere ma anche verificare se l'altro giocatore sta per vincere. Quindi l'attività "in background" è ricordare i numeri che il giocatore ha già preso, ricordare i restanti numeri (e quelli presi dall'avversario) e ricordare a chi tocca giocare. Si può notare che il gioco diventa non banale. Si supponga allora di dover progettare un'interfaccia utente che renda più agevole fare questo gioco. Una prima soluzione è rappresentata da un'interfaccia del tipo riportato in figura 3.

Come si può notare è chiaramente evidenziato a chi tocca giocare e quali sono i numeri già selezionati (in rosso) e quelli disponibili (in verde) e chi li ha selezionati. Tuttavia, i giocatori devono ancora fare conti di una certa complessità per capire che numero scegliere evitando che l'avversario alla mossa successiva possa fare una scelta per cui vinca il gioco. Vi è una distanza cognitiva notevole tra scegliere le azioni idonee e l'obiettivo dell'utente. Una interfaccia che limita questo carico cognitivo, e quindi è più usabile, è quella rappresentata in figura 4. L'idea è che i giocatori ricevono un'interfaccia sostanzialmente diversa: una matrice 3×3 dove posizionare, un giocatore, delle X, e l'altro, delle O. Assumendo che alla matrice corrisponda una numerazione come quella indicata dalla matrice piccola a sinistra, il gioco diventa come il Tic Tac Toe (meglio conosciuto in Italia come "Tris") per cui lo scopo dei giocatori è di posizionare tre elementi allineati in fila o in diagonale. Si vede subito che capire se l'avversario sta per vincere diventa una cosa molto intuitiva, rilevabile a colpo d'occhio e tale da non richiedere elaborazioni particolarmente complicate.

Si nota, quindi, come un principio fondamentale è capire gli utenti e i compiti che intendono svolgere. Tali compiti sono attività necessarie per raggiungere un obiettivo, dove l'obiettivo può essere o la modifica dello stato di un'applicazione (per esempio, aggiungendo nuovi dati) o un accesso a delle informazioni contenute nelle applicazioni [6]. L'interfaccia utente deve consentire lo svolgimento di tali attività nel modo più im-

mediato ed intuitivo possibile. A questo scopo, una fase importante nella progettazione è l'analisi dei compiti, che mira a identificare quali sono i compiti più rilevanti e le loro caratteristiche. Per capire questo, è importante coinvolgere nella progettazione l'utente finale e tenere presente come svolge correntemente le attività. A tal proposito, possono essere utili varie tecniche: interviste, *workshop*, questionari, osservare gli utenti nel contesto usuale, considerare la documentazione esistente e i metodi di apprendimento utilizzati. L'analisi dei compiti può essere fatta a diversi livelli di granularità, anche a seconda degli obiettivi. Essa si può focalizzare su una persona che interagisce con una applicazione tramite calcolatore o si può allargare a tutto il processo all'interno del quale questa attività si svolge e che può coinvolgere diverse persone. Il risultato è l'identificazione dei compiti più importanti per l'applicazione considerata, i relativi problemi, attributi e preferenze dell'utente. Questo è un punto centrale nella progettazione. Si veda un esempio che con-



FIGURA 3

Interfaccia per il gioco che consiste nella scelta tra numeri a somma 15



FIGURA 4

Interfaccia più intuitiva per il gioco

sidera l'accesso a un orario ferroviario tramite due sistemi diversi.

Nel primo caso (Figura 5), l'accesso all'orario non è evidenziato così bene come nel secondo (Figura 6). Ma grosse differenze si notano, poi, quando si devono specificare i parametri per identificare gli orari di interesse. Nel primo caso, c'è una semplice richiesta di stazione di partenza, di arrivo, giorno e data. Tuttavia, la seconda soluzione fa emergere tutta una serie di casistiche che nella prima non vengono affrontate in modo chiaro. Per esempio, si vuole riferire l'orario alla partenza o all'arrivo. Inoltre, se uno vuole andare in un posto, molto proba-

bilmente vorrà anche tornare e, quindi, sarebbe più efficace ed efficiente richiedere le informazioni relative a entrambe le tratte con un'unica interrogazione. È evidente, quindi, come la seconda soluzione sia più efficace ed efficiente in quanto è stata fatta un'analisi dei compiti più accurata che ha fatto emergere l'importanza del compito di ricevere informazioni relative agli orari nell'applicazione considerata e ha fatto emergere tutta una serie di compiti secondari, che danno la possibilità agli utenti di raggiungere i loro obiettivi (in questo caso, soddisfare dei bisogni informativi) in modo più completo e articolato.

The screenshot shows a web interface for 'Ticketless', the electronic ticket system. It features a search form with fields for 'Da dove vuoi partire?' (Where do you want to start?), 'Dove vuoi arrivare?' (Where do you want to arrive?), 'Quando vuoi partire?' (When do you want to start?), and 'A che ora?' (At what time?). There is an 'INVIA' button. Below the form, it says 'Ticketless il tuo biglietto elettronico'. To the right, there are several promotional banners: 'I treni della tua regione', 'Treni storici', 'Trasporto merci per le imprese', 'Novità', 'In Austria e Germania a partire da 29 Euro', and 'SPECIAL con biglietteria INTERNAZIONALE'. At the bottom, there are links for 'Accedi ai servizi on-line', 'Registrati ora', and 'Acquistare in sicurezza'.

FIGURA 5
Esempio di accesso agli orari dei treni

The screenshot shows a more complex web interface for searching train timetables. It has a language selector at the top: 'Ricerca Deutsch | English | Français | Italiano'. The main form is divided into sections: 'Partenza e Arrivo' (Departure and Arrival) with fields for 'Da: Stazione/Fermata' and 'A: Stazione/Fermata'; 'Data del viaggio & Ora' (Travel date and time) with fields for 'Andata: Data: 01.05.08.04' and 'Ora: 16.00', and 'Ritorno: Data: ' and 'Ora: '; 'Dati per il calcolo del prezzo' (Data for price calculation) with a dropdown for 'Viaggiatori: 1 Adulto' and a dropdown for 'Senza riduzione'; 'Collegamento' (Connection) with a dropdown for 'Mezzo di trasporto: Tutti i prodotti' and a checkbox for 'Preferire collegamenti veloci'. There are also buttons for 'Invia richiesta' and 'Nuova richiesta'.

FIGURA 6
Esempio di accesso più efficace agli orari dei treni

5. LA PROGETTAZIONE

La progettazione di interfacce è orientata alla comunicazione con gli utenti finali. Essa ha alcune problematiche in comune con la progettazione di oggetti, manifesti o *clip* televisivi, edifici. In tutti questi casi, si tratta di progettare forme e spazi nel contesto di uno specifico compito o problema [3]. A questo scopo, bisogna evitare di considerare solo aspetti funzionali interni, trovare soluzioni che abbiano un fondamento generale, evitando quindi di basarsi solo sull'intuizione del progettista e trovando un giusto equilibrio tra metodo e intuizione. Lo scopo è di selezionare gli elementi attentamente, definire soluzioni chiare, economiche, convincenti che si possano operare immediatamente, che possano essere più facilmente assimilate, comprese e ricordate, attirano immediatamente l'utente sugli aspetti importanti e consentono di raggiungere gli obiettivi rapidamente e senza errori. Tante volte le soluzioni semplici sono le più usabili. Si pensi, ad esempio, a quei siti i quali, quando vi si accede, fanno partire delle animazioni che non forniscono particolari informazioni aggiuntive ma sono semplicemente un orpello che lo sviluppatore ha inserito quasi più a dimostrare le sue capacità implementative che a fornire qualcosa di utile. Si pensi allo stato d'animo di un utente che magari accede tramite connessione *modem* lenta e si trova a dover subire l'animazione, magari senza la possibilità di saltarla, per lunghi minuti per i quali dovrà pagare una bolletta salata, e magari per sbaglio, una volta entrato nel sito, seleziona la pagina *home* e si ritrova nuovamente l'animazione che diventa sempre più odiata. Questo non vuol dire che le animazioni non debbano mai essere inserite, ma, quando si inseriscono, devono in qualche modo fornire qualcosa di aggiuntivo e non essere un elemento fine a se stesso. Per esempio, possono essere utili per capire fenomeni dinamici che evolvono nel tempo. Quindi, una progettazione efficace è in grado di ridurre gli elementi alla loro essenza, regolarizzarli in modo da favorire la loro interpretazione e combinarli in modo da sfruttarli al massimo. Un esempio di massimo sfruttamento è la barra orizzontale in alto delle finestre che contengono le applicazioni in am-

bienti PC Windows (ma anche in altri): quanti compiti può supportare! Difficilmente si possono indovinare tutti. Sono tanti: indicare il nome del file associato all'applicazione, il tipo di applicazione, se la finestra è quella correntemente selezionata, la possibilità di minimizzare o massimizzare le dimensioni della finestra, la possibilità di chiuderla e la possibilità di spostarla sullo schermo. Il tutto grazie a una piccola striscia rettangolare, estremamente poco intrusiva!

Un altro aspetto importante nella progettazione di interfacce utenti è come strutturare e organizzare la loro presentazione. A questo scopo, vi sono una serie di tecniche comunicative che mirano ad aiutare l'utente a scorrere l'interfaccia, interpretare gli elementi e trovare quello che cerca. Quello che il progettista deve cercare di fare è di raggruppare elementi, creare gerarchie, rappresentare relazioni, indicare ordinamenti tra elementi e, alla fine, trovare un equilibrio complessivo. Raggruppare elementi è utile per indicare quelli che sono semanticamente più collegati tra di loro, creare gerarchie serve per evidenziare gli elementi più importanti (per esempio, quelli che vengono acceduti più frequentemente), le relazioni servono per far capire come uno o più elementi possono influenzare altri elementi e, infine, vi possono essere vari tipi di ordinamenti logici o temporali tra gruppi di elementi. Far cogliere nel modo più immediato queste relazioni semantiche tra elementi dell'interfaccia è compito del progettista. Si veda ad esempio una pagina Web di un quotidiano ad alta diffusione (Figura 7) per capire come queste tecniche possono venire usate. Come si vede c'è una chiara gerarchia tra gli elementi. L'informazione che al momento è ritenuta più importante è evidenziata al centro con una immagine grande di accompagnamento e un titolo con *font* grandi. La seconda informazione più importante del momento viene sotto e ha a disposizione meno spazio, usa un'immagine più piccola e *font* più piccoli. Ai lati vi sono raggruppamenti di informazioni che hanno tipologie simili come i servizi di Repubblica.it e 24 ore (che contiene le ultime news). In alto, vi è un esempio di elemento (Ricerca nel sito) che è in relazione con gli altri, in quanto, se viene selezionato, fa cambiare la pagina per con-

FIGURA 7
Esempio di tecniche comunicative applicate ad un'interfaccia Web



sentire una ricerca su informazioni correlate presenti nel sito. Sempre nella zona in alto, vi è la possibilità di selezionare un insieme di elementi associati a varie sezioni che sono ordinate logicamente tra di loro (politica, cronaca, economia ecc.). Si vede, quindi, come tutte le varie relazioni semantiche vengono evidenziate con tecniche di progettazione di interfacce utenti per consentire agli utenti di percepirlle nel modo più immediato.

In generale, vi sono vari modi di considerare un sistema interattivo. Un possibile modo è quello di considerare i compiti da eseguire per raggiungere gli obiettivi dell'utente e gli oggetti logici che vanno manipolati per il loro svolgimento. Questa è una visione logica del sistema che può essere discussa tra le varie persone coinvolte nella progettazione (utente finale, committente, progettista di interfacce, sviluppatori software). Si può avere un'altra vista, che è sempre logica ma è più focalizzata sull'interfaccia, ovvero considerare le presentazioni e le interazioni che ne fanno parte e come muoversi da una presentazione all'altra. Le interazioni sono identificate in base alla loro semantica (i risultati che consentono di ottenere). Per esempio, si può dire che in un certo punto si ha bisogno di una selezione, ma senza specificare il tipo di modalità richiesta per realizzarla (che possono essere ad esempio selezione grafica, vocale, o tramite un gesto). Vi è, poi, una possibile descrizione più concreta dove si specificano le

modalità e le tecniche di interazione che si vogliono usare. Per esempio, si può dire che in un sistema desktop grafico la selezione avviene tramite una lista con una barra di scorrimento. Infine, si ha l'implementazione, che può essere in HTML, Java ecc.. Quando si progetta, il livello di astrazione del punto di partenza può cambiare a seconda dei casi. Certe volte si identificano i compiti da supportare e quelli sono il punto di partenza per ottenere, tramite raffinamenti successivi, l'implementazione. In altri casi, si parte da una certa implementazione che esiste e si cerca di capire se effettivamente quella è la migliore per supportare le attività dell'utente.

6. INTERFACCE ED ADATTAMENTO

La ricchezza delle tecnologie informatiche moderne consente molti usi dei sistemi interattivi. Diventa spesso necessario che le interfacce utenti si sappiano adattare al contesto di uso, che si può considerare da tre punti di vista: quelli relativi all'utente, al dispositivo e all'ambiente circostante. Per quanto riguarda l'utente, aspetti importanti sono gli obiettivi e i relativi compiti, le preferenze e il livello di conoscenza del dominio applicativo e delle modalità di interazione. Nel dispositivo usato per l'interazione, è importante considerare le modalità supportate, l'ampiezza e la risoluzione dello schermo, le capacità e ve-



FIGURA 8

Esempio di interfacce adattabili

locità di connessione con altri dispositivi. Infine, l'ambiente ha vari aspetti che possono influenzare le modalità di interazione come il livello di rumore e di luce corrente, gli oggetti che sono disponibili. Le interfacce utenti si trovano, quindi, a doversi adattare a questi aspetti per avere una maggiore usabilità. Vi sono due tipologie di adattamento: l'*adattabilità*, ovvero la capacità di modificare aspetti su richiesta esplicita dell'utente in accordo a opzioni predefinite, l'*adattività*, ovvero la capacità del sistema di modificare aspetti dinamicamente senza richiesta esplicita dell'utente. Mentre l'*adattabilità* consente essenzialmente di scegliere le modalità di interazione con un'applicazione tra un insieme predefinito, l'*adattività* implica sistemi che le cambiano dinamicamente rispetto al contesto d'uso. Questo da una parte implica una maggiore flessibilità, ma dall'altra implica che nuove problematiche di usabilità si possono generare se questi cambiamenti avvengono in modo non facilmente comprensibili per l'utente. A questo punto, ci si potrebbe domandare che cosa si può adattare in un'interfaccia utente. Vi sono tre tipologie di aspetti che si possono adattare: le presentazioni (nella scelta del layout, degli attributi grafici ecc.), il comportamento dinamico (nella scelta delle modalità di navigazione, dell'abilitazione e disabilitazione delle tecniche di interazione ecc.), il contenuto dell'informazione fornita. Nella figura 8 è possibile vedere un esempio di interfaccia adattabile. A seconda della tipologia di utente che si è selezionato, si attivano diverse modalità di accesso all'applicazione. Nel caso di un turista, si atti-

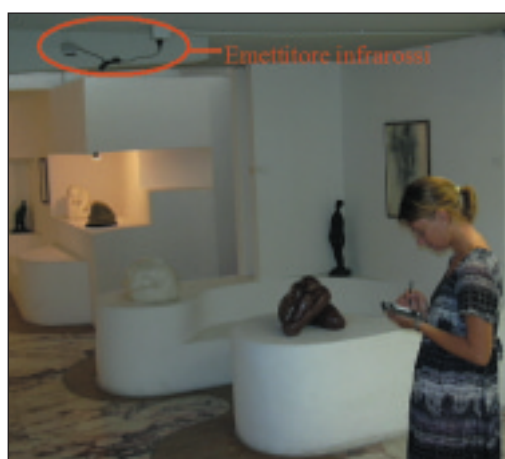


FIGURA 9

Palmare usato come supporto per la visita a musei. La posizione del visitatore è rilevata con dispositivi ad infrarosso

vano le possibilità di accedere a informazioni generiche e alla mappa della città e del museo dalle quali gli utenti selezioneranno gli elementi di interesse per cui riceveranno informazioni. Nel caso di uno studente che ha qualche conoscenza di base, allora si possono attivare liste di elementi sugli aspetti di maggior interesse di cui l'applicazione è in grado di fornire informazioni. Alla fine si vede l'interfaccia di un esperto che ha la possibilità di comporre richieste dettagliate, conoscendo già le informazioni di base. Sempre restando nello stesso ambito si può vedere un esempio di interazione che si adatta al dispositivo ed all'ambiente. In questo caso si considera l'utente che è dentro un museo e usa una guida palmare come supporto per la sua visita (Figura 9). La guida cerca di essere il meno intrusiva possibile, fornendo molta informazione in modo vocale, in modo da consentire all'utente di poter apprezzare gli oggetti che sono nel museo,

mentre essa fornisce informazione aggiuntiva. Il canale visivo è usato dalla guida palmare per fornire informazione utile a capire dove ci si trova, quali altri elementi di interesse sono nelle vicinanze, a controllare parametri della guida, ad accedere a video che forniscono informazioni su argomenti correlati che non sono nel museo, a mostrare come raggiungere un elemento di interesse.

La soluzione che è stata adottata per il Museo del Marmo di Carrara [2] fornisce un supporto che dipende anche dalla posizione dell'utente e tale posizione è rilevata automaticamente. Questo è ottenuto tramite dispositivi ad infrarossi che sono collocati sul soffitto all'entrata di ogni stanza e che emettono verso il basso un segnale che contiene un identificatore della stanza (Figura 9). In realtà, ogni dispositivo è composto di emettitori multipli di segnali ad infrarossi per aumentare la facilità di rilevazione del segnale. Quando il dispositivo rileva il segnale, identifica la stanza in cui si entra e automaticamente emette un feedback sonoro, e mostra sullo schermo dove l'utente si trova, dopodiché alla prima selezione mostra la mappa della nuova stanza con icone per ogni opera d'arte (Figura 10). Vi sono icone per ogni tipologia e l'utente selezionando un'icona riceve informazione aggiuntiva in modo vocale e la possibilità di accedere a video su argomenti correlati (se esi-

stono). Questa soluzione è resa possibile dalla disponibilità di memorie da 1 Gbyte per palmari che consentono di registrare informazioni multimediali anche molto ricche. Questo permette di limitare l'interazione con l'esterno al rilevamento di segnali che consentono di individuare in che ambiente si trova l'utente. Un'altra possibile soluzione sarebbe stata di rilevare l'opera d'arte più vicina e attivare automaticamente il commento vocale corrispondente. Il limite di questa soluzione è che rischia, in alcuni casi, di essere troppo invadente e fornire commenti non desiderati, ad esempio quando ci si trova vicino a un'opera ma si osserva un'altra che si trova più distante.

7. LE INTERFACCHE MULTI-DISPOSITIVO

Attualmente, una delle principali problematiche che ha un impatto sulle interfacce utenti è la continua immissione sul mercato di nuove tipologie di dispositivi interattivi: si va da telefoni digitali interattivi a schermi a muro molto ampi, passando da palmari, telefoni UMTS, tablet PCs, per citarne alcuni. Interagire con servizi interattivi diventa sempre di più un'esperienza multi-dispositivo. Diventa, quindi, importante capire quali nuove problematiche vengono introdotte in questo contesto. Una prima cosa da capire è che non è possibile fare tutto tramite tutti i dispositivi. Vi sono delle caratteristiche dei dispositivi che li possono rendere adatti a supportare dei compiti ma sono inadeguati per altri. Per esempio, chi scrive non userebbe mai (e tanto meno pagherebbe) un servizio che gli consenta di usare un telefono (anche con uno schermo un po' più grande di quelli tradizionali) per vedere un film o una intera partita di calcio in quanto l'esperienza che avrebbe sarebbe alquanto angusta e non gli consentirebbe di apprezzare una serie di dettagli che sono fondamentali in questo tipo di attività. Viceversa se resta bloccato nel traffico automobilistico e vuole trovare un itinerario alternativo, allora la speranza di aiuto gli può essere data da un dispositivo mobile. In altri casi, le attività supportate possono essere le stesse attraverso dispositivi diversi, ma le modalità cambiano. Per esempio, una preno-



FIGURA 10

Rilevazione dell'utente ed indicazione di informazione dipendente dalla nuova posizione



tazione alberghiera fatta tramite cellulari con accesso Web o WAP mira a essere essenziale, si comunicano date di arrivo e partenza e si lascia un recapito, viste le limitate possibilità, mentre attraverso un sistema desktop si può comodamente fornire una serie di informazioni aggiuntive, ad esempio, per esprimere le proprie preferenze in termini di stanze, pasti ecc.. Oppure il sistema desktop può presentare moduli di prenotazione ampi dove i vari campi possono essere riempiti in diversi ordini mentre il cellulare può imporre una certa sequenza nel fornire i parametri della richiesta a causa dello schermo limitato. Vi sono poi attività attraverso un tipo di dispositivo che possono abilitare o disabilitare attività attraverso un altro. Per esempio, si può fare una prenotazione aerea tramite un sistema *desktop* e questo abilita la possibilità di accedere tramite il cellulare ad informazioni *real-time* relative al volo prenotato. Vi sono, poi, anche attività che restano le stesse indipendentemente dal dispositivo, per esempio fare un *login* resta più o meno lo stesso attraverso diversi tipi di dispositivi. Nell'adattarsi al tipo di dispositivo bisogna anche considerare le modalità supportate perché queste influenzano le possibilità di interazione. Lo svolgimento dei compiti può essere influenzato dalla modalità di interazione disponibile: un insieme di *input* può richiedere interazioni separate attraverso un dispositivo grafico, mentre tali informazioni possono essere fornite tramite una interazione singola usando un'interfaccia vocale. Vi sono delle differenze intrinseche tra le varie modalità. Per esempio, il canale vocale è più adatto per messaggi brevi, per segnalare eventi, azioni immediate, per evitare sovraccarico visivo e quando gli utenti sono in movimento. Invece, il canale visivo è più utile per messaggi complessi o lunghi, per identificare relazioni spaziali, quando devono essere eseguite azioni multiple, in ambienti rumorosi o con utenti stazionari. Quando un sistema supporta modalità multiple (per esempio, l'interazione grafica e vocale) lo spazio delle possibili tecniche implementative è ampio e deve considerare diversi modi per combinare le modalità: complementare (entrambe le modalità sono usate in modo sinergico per completare l'interazione), assegnamento (una specifica

modalità deve essere usata per realizzare un certo scopo), ridondanza (più modalità sono usate per ottenere lo stesso effetto), equivalenza (è possibile scegliere tra più modalità per ottenere lo stesso effetto).

8. CONCLUSIONI E TENDENZE EVOLUTIVE

Questo articolo ha fornito un'introduzione all'affascinante mondo dello *human-computer interaction* spiegandone gli obiettivi e i concetti fondamentali, e mostrando esempi di applicazione. Un'area di ricerca che è caratterizzata da un'elevata interdisciplinarietà e che negli ultimi anni ha assistito a una vera esplosione di interesse e che si è evoluta sostanzialmente. Tuttavia, questa evoluzione sembra dover continuare nei prossimi anni sulla spinta della evoluzione delle tecnologie di interazione e dei requisiti degli utenti in costante cambiamento. La continua introduzione di nuovi dispositivi interattivi informatici nelle nostre case, uffici, auto, luoghi di commercio e di turismo implica la necessità di progettare una usabilità pervasiva che sappia garantire modalità di fruizione soddisfacenti nei diversi possibili contesti di uso. Questo apre la possibilità di creare in futuro servizi migratori; ovvero servizi interattivi che seguono l'utente nei suoi spostamenti e che si adattano ai nuovi dispositivi disponibili nei nuovi ambienti in cui l'utente si viene a trovare, in modo da garantire livelli di usabilità elevati, consentendo di continuare l'interazione al punto dove si era lasciata con il dispositivo nell'ambiente precedente. Un esempio è una persona che si sta iscrivendo a un congresso tramite un sistema desktop, si accorge che è tardi e allora prende il suo PDA e continua l'iscrizione mentre esce dall'ufficio, fino a che entra nell'auto da dove può completarla usando un sistema di interazione vocale, il tutto senza mai dover rifare le operazioni che erano state effettuate tramite i dispositivi usati precedentemente e con interfacce che si adattano al nuovo dispositivo usato. Il livello di multimodalità supportata dai nostri sistemi aumenterà in modo significativo per molte ragioni. Alcune tecnologie stanno sostanzialmente migliorando, come quelle relative all'interazione vocale che mostrano una crescente capacità di interpreta-

zione dell'input umano e che cominciano a essere supportate, in modo stabile, anche per interazione via Web. Anche le tecnologie per rilevare la presenza dell'utente si stanno diversificando e migliorando. Il miglioramento delle tecniche di riconoscimento di forme ed elementi nelle immagini sta aumentando le possibilità dell'interazione tramite gesti, dove

a seconda del gesto riconosciuto sono attivate funzionalità diverse. Queste e altre possibilità hanno l'obiettivo di rendere l'interazione con i computer simile a quella tra esseri umani e quindi condurre all'affermazione del paradigma dell'interazione naturale, che garantisce l'usabilità in quanto estremamente immediato e spontaneo.

La valutazione dell'usabilità

La valutazione di usabilità può essere svolta con diversi scopi. Vi possono essere obiettivi precisi come volere che un utente sia in grado di svolgere un compito con un certo numero di interazioni o in un certo periodo di tempo oppure che in una sessione media il numero di errori sia minore di un certo valore.

Vi sono vari metodi che vengono considerati per la valutazione di usabilità:

■ **Valutazione basata su ispezione:** in questi casi un esperto valuta il prototipo o l'implementazione finale dell'interfaccia utente secondo dei criteri pre-definiti che possono essere una serie di proprietà che debbono essere soddisfatte (come fornire feedback continuo dello stato dell'interazione) o indicazioni di aspetti da considerare simulando l'interazione dell'utente (come avviene con il *cognitive walkthrough*).

■ **Valutazione basata su test degli utenti in laboratorio:** in questo caso, si utilizzano laboratori attrezzati con videocamere che memorizzano le sessioni degli utenti, in un ambiente che cerca di essere il meno intrusivo possibile.

■ **Valutazione basata su feedback degli utenti:** in questo caso si raccoglie il feedback in modo informale tramite questionari, workshop, focus group, interviste.

■ **Valutazione remota:** l'utente e il valutatore sono separati nel tempo e/o nello spazio, per esempio vengono creati automaticamente *file di log* delle interazioni con gli utenti che vengono poi analizzati tramite strumenti specifici.

■ **Valutazione basata su modelli (simulazione):** si crea un modello per predire e analizzare le modalità di svolgimento dei compiti in una certa interfaccia.

■ **Valutazione basata su osservazione degli utenti sul campo:** si osservano per lunghi periodi gli utenti mentre interagiscono con il sistema nel loro ambiente quotidiano.

Scegliere il metodo per la valutazione dell'usabilità può dipendere da vari fattori come il numero e il tipo di utenti a disposizione. Può essere utile combinare più metodi. Per esempio, partendo con un'analisi degli utenti e dei compiti, creando poi dei prototipi che possono essere soggetti a valutazione euristica e poi a test empirici fino a che non raggiungono risultati soddisfacenti.

Integrare Usabilità e Accessibilità

Se manca un'integrazione tra accessibilità ed usabilità si rischia di avere sistemi che consentono l'accesso anche ad utenti disabili ma con difficoltà. Per meglio comprendere queste problematiche possiamo prendere l'esempio dell'interazione di utenti ciechi attraverso *screen reader*, dispositivi che convertono in formato vocale tutta l'informazione che è sullo schermo. Per facilitare l'interazione hanno dei comandi che permettono, ad esempio, di accedere alla lista di link o frame che sono in una pagina Web. È emerso che quando vengono applicate solo le guideline dell'accessibilità (per esempio, quelle del W3C) diversi problemi di navigazione possono ancora emergere per utenti che interagiscono tramite *screen reader*:

■ **Manca di contesto nella presentazione:** leggendo tramite lo *screen reader* l'utente può perdere il contesto complessivo della pagina e leggere solo piccole porzioni di testo. Per esempio, quando si muove da un link ad un altro con il tasto di tabulazione, l'utente cieco legge il testo del link tramite il dispositivo Braille o lo ascolta tramite il sintetizzatore vocale (per esempio, ".pdf", "more detail" ecc.) ma non conosce il testo che c'è prima e dopo.

■ **Sovraccarico di informazione:** la porzione statica della pagina (link, frame ecc.) può sovraccaricare la lettura attraverso lo *screen reader* perché l'utente deve leggere, anche accedendo a pagine diverse, nuovamente questa parte rallentando in questo modo la navigazione.

■ **Eccessiva sequenzializzazione nella lettura della informazione:** i comandi per navigare e leggere possono vincolare l'utente ad acquisire il contenuto della pagina sequenzialmente. Quindi, è importante introdurre meccanismi per facilitare l'identificazione di parti precise nella pagina. Ne è un esempio la pagina dei risultati generati da un motore di ricerca. Solitamente, nella parte alta di tali pagine vi sono parecchi link, pubblicità, il bottone di ricerca, altri bottoni e così via e i risultati della ricerca appaiono di seguito.

Per superare questi problemi vi è la necessità di identificare criteri di progettazione che, oltre che a garantire l'accessibilità, permettano anche una elevata facilità di uso quando ai sistemi accedono utenti disabili.

Scenari e analisi dei compiti

Due tecniche importanti per l'analisi dei bisogni dell'utente e la progettazione di sistemi usabili sono gli scenari e l'analisi dei compiti. Gli scenari servono a capire il comportamento degli utenti nella vita reale. Descrivono specifici utenti in specifiche circostanze. Solitamente tre-quattro scenari descrivono gli utenti standard. È una tecnica economica in quanto scrivere scenari non richiede sforzi eccessivi, può essere limitata quando ci sono tanti tipi di utenti o tante possibili interazioni. Si tratta di una descrizione compatta e informale di uno o più specifici utenti, che interagiscono con una specifica interfaccia, per raggiungere uno specifico risultato, in specifiche circostanze. È utile per catturare il contesto in cui un'applicazione viene usata, sollecitare una discussione utile per identificare requisiti, catturare episodi importanti da studi sul comportamento degli utenti, fornire un contesto per eseguire la valutazione. Possono essere annotati con un'indicazione delle conseguenze positive e negative derivanti dalla loro occorrenza. Nell'analisi dei compiti si identificano le attività che devono essere supportate, gli oggetti che servono per eseguire le attività, le conoscenze richieste per svolgere i compiti, la possibile allocazione dei compiti tra sistema e utente. Possono essere usate varie tecniche per supportare l'analisi dei task: interviste o workshop; questionari, osservazione degli utenti, analisi di come le attività sono eseguite, analisi della documentazione esistente e delle modalità di formazione. Da un'analisi dei compiti si possono derivare dei veri e propri modelli che definiscono le relazioni semantiche e temporali tra i vari compiti. Tali descrizioni possono essere usate in modo complementare con gli scenari, perché gli scenari sono descrizioni informali ma dettagliate di uno specifico uso in uno specifico contesto, i modelli di task descrivono in modo concettuale le possibili attività e le loro relazioni. Gli scenari possono supportare lo sviluppo di modelli di task indicando parte delle attività da considerare e, viceversa, vi possono essere scenari derivati da specifiche sequenze di compiti da svolgere. In generale, i modelli di task possono essere utili per comprendere un dominio applicativo, memorizzare il risultato di una discussione interdisciplinare, progettare una nuova applicazione consistente con il modello concettuale dell'utente, analizzare e valutare l'usabilità di un'applicazione esistente, aiutare l'utente durante una sessione con il sistema di *help* in linea, documentare un'applicazione interattiva.

Bibliografia

- [1] Card S., Moran T., Newell A.: *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- [2] Ciavarella C., Paternò F.: The design of a handheld, location-aware guide for indoor environments. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 8, n. 2, p. 82-81, Springer Verlag, May 2004.
- [3] Mullet K., Sano D.: *Designing Visual Interfaces*. Prentice Hall, 1995.
- [4] Nielsen J.: *Usability Engineering*. Academic Press.
- [5] Norman D.: *The Design of Everyday Things*. Basic Books, 1998.
- [6] Paternò F.: *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*. Springer Verlag, 1999.
- [7] Scheifler R., Gettys J.: The X Window System. *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 5, n. 2, April 1986.
- [8] Shneiderman B.: Direct Manipulation, a Step Beyond Programming Languages. *IEEE Computer*, Vol. 16, n. 8, August 1983, p. 57-69.
- [9] Sutherland I.E.: *Sketchpad--A Man-Machine Graphical Communication System*. Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, Detroit, Michigan, May 1963, and MIT Lincoln Laboratory Technical Report #296, January 1963.

FABIO PATERNÒ è Primo Ricercatore e Responsabile del Laboratorio di Ricerca su Interfacce Utenti nei Sistemi Informativi dell'Istituto di Scienze e Tecnologie dell'Informazione del CNR di Pisa. È stato coordinatore scientifico di vari progetti europei nell'ambito della progettazione di sistemi interattivi e relativi strumenti software di supporto. I suoi principali interessi correnti di ricerca sono metodi e strumenti per la progettazione, sviluppo e valutazione di sistemi interattivi usabili dipendenti dal contesto.
fabio.paterno@isti.cnr.it

ICT E DIRITTO

Rubrica a cura di

Antonio Piva e David D'Agostini

Scopo di questa rubrica è di illustrare al lettore, in brevi articoli, le tematiche giuridiche più significative del settore ICT: dalla tutela del *domain name* al *copyright* nella rete, dalle licenze software alla *privacy* nell'era digitale. Ogni numero tratterà un argomento, inquadrandolo nel contesto normativo e focalizzandone gli aspetti di informatica giuridica.



Le comunicazioni elettroniche non sollecitate

INTRODUZIONE

Chiunque possiede una casella di posta elettronica e quotidianamente riceve un discreto numero di messaggi dal contenuto pubblicitario conosce bene in prima persona il fenomeno dello *spam* (noto anche come *junk-mail*).

Questo vocabolo dalla chiara accezione spregiativa (acronimo di *Send Phenomenal Amounts of Mail*, nonché marca americana di carne in scatola) viene utilizzato per indicare l'invio massivo e spesso indiscriminato di comunicazioni elettroniche non desiderate; come noto si tratta di una pratica commerciale sviluppatasi negli anni '80, che ora ha raggiunto livelli preoccupanti se si pensa che nel 2003 oltre la metà del traffico e-mail era composto da *spam* e la percentuale risulta in crescita.

È solo il caso di accennare alle potenzialità lesive di tale fenomeno a danno degli utenti di Internet, non solo in riferimento alla riservatezza (configurandosi come un'intrusione nella vita privata di un individuo), ma anche sotto il profilo economico: appare evidente, infatti, che il destinatario deve sopportare, suo malgrado, le spese di connessione per la durata necessaria a scaricare le *e-mail* indesiderate, oltre al tempo perso per visionare ed eliminare tali messaggi.

Da ultimi, ma non per importanza, si pongono i problemi di natura tecnica e, naturalmente, i costi connessi alla loro risoluzione (che ancora una volta sono a carico dei navigatori): infatti per far transitare queste enormi quantità di dati elettronici è necessario aumentare da un lato la larghezza di banda, dall'altro la capacità di archiviazione dei server di posta elettronica (in particolare dei POP3 che ricevono i messaggi).

Il problema non è di poco conto: su scala mondiale i costi diretti e indiretti ammontano ad oltre 10 miliardi di euro all'anno con ingenti danni per gli utenti (la cui spesa pro capite è stimata in 30 €) e conseguente perdita di produttività per le imprese, derivanti dal calo di fiducia del popolo della rete, condizione indispensabile per il buon successo del commercio elettronico. Inoltre, come se non bastasse, ultimamente si registra lo sviluppo di una variante di *spam* ancora più invasiva, lo SPIM (*Spam over Instant Messaging*), ossia la pubblicità tramite messaggi telefonici del tipo MMS (*Multimedia Messaging Service*) o SMS (*Short Message Service*).

Per le ragioni illustrate, l'invio di comunicazioni commerciali indesiderate è stato oggetto di provvedimenti, non solo normativi, tra i quali si ricorda la direttiva comunitaria 2002/58/CE (recepita dall'Italia in alcune norme del Codice in materia di protezione dei dati personali) e la recente Comunicazione COM(2004)28, in cui si individuano una serie di azioni di contrasto a carattere prevalentemente giuridico e tecnico.

ASPETTI TECNICI

La lotta allo *spam* è stata combattuta in primo luogo con l'ausilio di diversi mezzi tecnici, suggeriti dalla stessa comunità Internet¹; quest'ultima, dal canto suo, ha sempre considerato l'invio di messaggi di posta elettronica

¹ Il gruppo di lavoro anti-spam del RIPE (reti IP europee) è attivo sin dal 1998 (cfr. il documento "Good Practice for combating Unsolicited Bulk Email" pubblicato sul sito RIPE (<http://www.ripe.net>)).

non sollecitati come una violazione delle norme di *Netiquette*, nonché dei principi di uso corretto delle risorse di rete enunciati nei documenti RFC1855 e RFC2635.

Un ruolo fondamentale viene naturalmente riconosciuto ai fornitori d'accesso (*Internet Service Provider*); la loro organizzazione in una rete denominata "*The Mail Abuse Prevention System*" ha portato alla formazione delle liste nere *Real-time Blackhole Lists* (RBL) che, controllando migliaia di router e di server di posta elettronica, permettono loro d'informarsi reciprocamente sulle operazioni di *spamming* di cui sono oggetto e di mettere all'indice gli indirizzi IP e nomi di dominio conosciuti per essere all'origine di pubblicità indesiderata, bloccando automaticamente l'invio di messaggi provenienti da uno *spammer* identificato e dal *provider* che lo ospita.

Gli stessi prestatori di servizi di comunicazione elettronica, ed anche gli utenti finali, cercano inoltre di tutelarsi installando appositi *software* di filtraggio. Tuttavia questi dispositivi di filtraggio possono, per errore, lasciare passare alcuni messaggi di *spam* (falsi negativi), ma soprattutto rischiano di bloccare indebitamente i messaggi leciti (falsi positivi), caso ben più grave che configura una responsabilità a carico degli ISP (*Internet Service Provider*). Il mittente o il destinatario potrebbero intraprendere un'azione giudiziaria nei loro confronti.

Per tale ragione alcuni *provider* propongono il servizio di filtraggio come opzione commerciale e chiedono all'utente l'autorizzazione espressa ad attivarlo.

Particolare attenzione meritano anche i cosiddetti "*relay aperti*", ossia i server SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) (attraverso i quali si inviano i messaggi) che sono configurati in modo da essere utilizzati da chiunque, anche da chi non è riconosciuto come utente di tale *provider*. Una volta quasi tutti i relay venivano lasciati aperti per favorire le trasmissioni, e ciò creava una condizione ottimale per l'invio di comunicazioni indesiderate; semplici misure preventive da parte degli amministratori di sistema potrebbero consentire una sostanziale riduzione delle pratiche abusive in questo settore (nelle ultime distribuzioni di Linux gli SMTP che possono essere installati di default hanno i relay chiusi). I gestori di server di posta elettronica, pertanto, devono provvedere a un'adeguata protezione dei loro server impedendo il funzio-

namento in modalità "*relay aperto*", salvo sia assolutamente necessario.

IL QUADRO NORMATIVO

In Italia la norma sulle comunicazioni indesiderate dettata dalla Direttiva 58/2002/CE è stata recepita nell'art.130 del Codice della privacy, il quale prevede che l'uso della posta elettronica per l'invio di materiale pubblicitario (o di vendita diretta ovvero per il compimento di ricerche di mercato o di comunicazione commerciale) sia consentito solo con il previo consenso dell'interessato, secondo un principio che prende il nome di "*opt-in*". Questa regola vale anche per i sistemi automatizzati di chiamata senza l'intervento di un operatore, i telefax e i messaggi *Mms*, *Sms* o di altro tipo. La regola dell'*opt-in* conosce un'importante eccezione: viene ammesso, infatti, che il titolare del trattamento utilizzi l'indirizzo di posta elettronica conferito dall'interessato nel contesto di una precedente vendita, per l'invio di comunicazioni inerenti a prodotti o servizi analoghi a quelli già acquistati; comunque il destinatario della comunicazione dev'essere informato della possibilità di opporsi a ulteriori messaggi in qualsiasi momento e in modo semplice e gratuito (procedura di "*unsubscribe*"). In quest'ultima ipotesi vige la regola opposta di "*opt-out*", vale a dire del rifiuto a posteriori.

In ogni caso, nel rispetto del principio di trasparenza, al mittente è sempre vietato camuffare o celare la propria identità; inoltre il titolare è tenuto a fornire indicazioni sul recapito presso cui il destinatario potrà esercitare i propri diritti di opposizione a ulteriori invii, oltre che di accesso (per esempio chi riceve un'e-mail pubblicitaria può chiedere da dove è stato preso il suo indirizzo).

In caso di reiterata violazione delle regole in tema di comunicazioni elettroniche appena illustrate, il Garante può prescrivere ai fornitori di servizi di comunicazione (gli *Internet Service Providers*) di adottare le opportune procedure di filtraggio.

Secondo un'interpretazione rigorosa dell'art.130 in esame, appare illecita anche un'unica e-mail non sollecitata avente scopo promozionale o pubblicitario, mentre non ha alcun pregio giuridico il *disclaimer* col quale il mittente si impegna a non spedire ulteriori comunicazioni e a cancellare gli indirizzi dei destinatari! Risulta altresì irrilevante, la giustificazione che tali indirizzi non siano stati archiviati in un data

base (perché magari il titolare ha utilizzato un software che li genera con modalità *random*, cioè in maniera casuale).

Si ricorda, infine, che anche il decreto legislativo 9 aprile 2003 n.70 in materia di e-commerce si occupa di comunicazioni commerciali, ricomprendendo in questa definizione tutte quelle destinate, in modo diretto o indiretto, a promuovere beni, servizi oppure l'immagine di un'impresa, di un'organizzazione o di un soggetto che esercita un'attività agricola, commerciale, industriale, artigianale o una libera professione. In particolare, secondo tale decreto, le comunicazioni commerciali non sollecitate trasmesse via e-mail devono essere identificate come tali "in modo chiaro e inequivocabile" e fin dal momento della ricezione; anche in questo caso il destinatario dev'essere avvisato della facoltà di opporsi al ricevimento di successive comunicazioni.

È, inoltre, prevista un'importante presunzione a vantaggio del destinatario, in quanto la norma addossa al mittente l'onere di dimostrare che la comunicazione commerciale era stata sollecitata. Pertanto a carico di chi esercita un'attività di e-commerce sussistono i seguenti oneri (alcuni dettati anche dal Codice della privacy):

- a.** ottenere il consenso da parte del consumatore all'invio di e-mail;
 - b.** rendere edotto il destinatario della possibile opposizione a futuri invii;
 - c.** non camuffare la propria identità nel messaggio;
 - d.** fornire un valido recapito al destinatario;
 - e.** avvisare, nell'oggetto dell'e-mail, che la medesima contiene una comunicazione commerciale.
- Quest'ultima previsione si rivela molto utile per migliorare le procedure di filtraggio di cui si è accennato, soprattutto, quando viene utilizzata una sigla standard per indicare i messaggi pubblicitari (per esempio ADV) o gli annunci riservati agli adulti (ADLT), in maniera simile a quanto avviene nei gruppi di discussione per le e-mail off topic (contraddistinte dalle iniziali OT), [riquadro 1].

LA TUTELA PENALE E CIVILE

Il destinatario di messaggi indesiderati che subisca un danno per effetto dello *spam* può ottenerne il risarcimento, sia della componente patrimoniale che non patrimoniale (per esempio il danno morale), eventualmente liquidabile in via equitativa qualora non ne risulti comprovato l'esatto ammontare.

Infatti, come ha riconosciuto il Giudice di Pace di Napoli, l'utilizzo della posta elettronica per l'invio di messaggi indesiderati comporta una lesione ingiustificata dei diritti dei destinatari, sotto due profili: da un lato per la scorrettezza e l'illiceità del trattamento dei dati personali dell'interessato e dall'altro lato per l'illegittima intrusione e invasione nella sua sfera di riservatezza. Nel caso in questione, una società è stata condannata al risarcimento nella misura di euro 1000 determinata equitativamente, sia per il danno materiale che per quello morale, tenuto conto delle spese generali e degli inconvenienti e perdite di tempo subite, derivante dall'illecito invio di corrispondenza elettronica a scopo pubblicitario non effettuato sulla base del consenso preventivo e informato, oltre alla rifusione delle spese processuali.

L'applicazione della normativa sulla protezione dei dati personali al fenomeno dello spamming comporta che l'utilizzo dell'indirizzo di posta elettronica (qualificabile a tutti gli effetti come trattamento di un dato personale) senza il rilascio dell'informativa possa essere punito con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da 3.000 a 18.000 €.

Inoltre la violazione delle regole stabilite dal D.lgs. 70/03 sopra richiamato, viene punita con il pagamento di una sanzione amministrativa pecuniaria da 103 a 10.000 €.

L'invio di *spam* può perfino configurare il reato di trattamento illecito di dati, fattispecie sanzionata con la reclusione da sei a diciotto mesi, purché si avverino entrambe le seguenti condizioni:

- 1.** il fatto venga commesso al fine di trarne profitto (circostanza scontata nel caso di comunicazioni pubblicitarie, o comunque di natura commerciale, finalizzate per loro stessa logica e natura a un vantaggio economico e/o commerciale diretto o indiretto del soggetto che utilizza tale strumento di marketing);

Riquadro 1

Le tre regole base del sistema italiano

- 1.** Le attività di marketing diretto per posta elettronica sono soggette al consenso preliminare degli abbonati (eccettuati i messaggi inviati da un'impresa ai propri clienti per proporre servizi o prodotti analoghi).
- 2.** È illecito camuffare o mascherare l'identità del mittente a nome del quale viene effettuata la comunicazione.
- 3.** Tutti i messaggi di posta elettronica devono contenere un indirizzo di risposta valido al quale l'abbonato può chiedere che non gli vengano più inviati messaggi.

Riquadro 2

Responsabilità e sanzioni

Civili: risarcimento del danno provocato al destinatario (sia materiale che morale).

Amministrative: sanzione pecuniaria da 3.000 a 18.000 € per l'omessa informativa; sanzione pecuniaria da 103 € a 10.000 € per la violazione del D.lgs. 70/03.

Penali: reclusione da 6 a 18 mesi per il trattamento illecito di dati personali (se dal fatto deriva documento).

2. ne sia derivato documento (secondo alcuni il danno nello *spam* è implicito, mentre altri richiedono un danno patrimoniale apprezzabile). Solo il tempo e l'applicazione concreta di queste norme ne chiarirà l'effettiva portata, anche se ottime indicazioni possono essere ricavate dai provvedimenti emessi dal Garante negli ultimi anni, [riquadro 2].

LE DECISIONI DEL GARANTE

L'Autorità garante per la protezione dei dati personali ha già avuto modo di intervenire in materia di comunicazioni indesiderate, anche prima dell'entrata in vigore del Codice della privacy, Dlgs 196/03, nonostante la legge 675/96 non contemplasse specificamente tale fattispecie.

Il provvedimento più significativo è senza dubbio il parere del 29 maggio 2003 che, sulla scorta dell'esperienza maturata nell'affrontare i ricorsi degli interessati, detta le regole fondamentali alle quali deve attenersi il titolare per un corretto invio delle *e-mail* pubblicitarie.

In primo luogo, secondo il Garante, la circostanza che gli indirizzi di posta elettronica possano essere reperiti con una certa facilità in Internet *"non legittima il titolare del trattamento ad inviare messaggi promozionali in assenza del preventivo consenso dell'interessato"*.

Il consenso è necessario anche quando gli indirizzi vengono formati e utilizzati automatica-

mente, ovvero *"generati secondo procedure random, da uno speciale software sviluppato per questo preciso scopo"*, anche in mancanza di una previa verifica della loro attuale attivazione o dell'identità del destinatario del messaggio, e pure quando gli indirizzi non siano registrati dopo l'invio dei messaggi.

In particolare, i dati dei singoli utenti che prendono parte a *newsgroup* oppure a forum in Internet, sono resi conoscibili in rete per le sole finalità di partecipazione ad una determinata discussione e non possono essere utilizzati per scopi diversi qualora manchi un consenso specifico.

Ad analoga conclusione deve pervenirsi per gli indirizzi di posta elettronica compresi nella lista analitica degli abbonati a un *Internet provider* (qualora manchi, anche in questo caso, un consenso libero e specifico), oppure pubblicati su siti web di soggetti pubblici per fini istituzionali laddove è comunque necessario *"avere riguardo alle specifiche finalità cui è preordinata la pubblicità dell'indirizzo elettronico"* (nel caso di specie si trattava dell'e-mail di un docente universitario).

Tali considerazioni valgono anche con riferimento ai messaggi pubblicitari inviati a gestori di siti web - anche di soggetti privati - utilizzando gli indirizzi pubblicati sugli stessi siti, o che sono reperibili consultando gli elenchi dei soggetti che hanno registrato i nomi a dominio.

Per completezza si ricorda che i casi trattati dall'Autorità Garante non hanno riguardato e sanzionato solo imprese o società private che commercializzavano i propri prodotti o servizi, ma anche partiti politici e associazioni, accusate d'utilizzare la posta elettronica per propaganda elettorale.

I principi espressi nei provvedimenti menzionati conservano il loro valore anche con la vigenza del codice in materia di privacy, che oltre a riprendere i contenuti fondamentali della legge 675/1996, fornisce l'efficace strumento dell'art.130, sul quale potranno fare leva le nuove decisioni in tema di *spam* da parte del Garante e dei tribunali.

ANTONIO PIVA laureato in Scienze dell'Informazione, Presidente, per il Friuli - Venezia Giulia, dell'ALSI (*Associazione Nazionale Laureati in Scienze dell'Informazione ed Informatica*) e direttore responsabile della Rivista di Informatica Giuridica.

Docente a contratto di Informatica giuridica all'Università di Udine.

Consulente sistemi informatici, valutatore di sistemi di qualità ISO9000 e ispettore AICA per ECDL base e advanced.

antonio_piva@libero.it

DAVID D'AGOSTINI avvocato, ha conseguito il master in informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie, fornisce consulenza e assistenza giudiziale e stragiudiziale in materia di *software*, *privacy* e sicurezza, contratti informatici, *e-commerce*, nomi a dominio, computer crime, firma digitale. Ha rapporti di partnership con società del settore ITC nel Triveneto.

Collabora all'attività di ricerca scientifica dell'Università di Udine e di associazioni culturali.

david.dagostini@adriacom.it

DENTRO LA SCATOLA

Rubrica a cura di

Fabio A. Schreiber

Il Consiglio Scientifico della rivista ha pensato di attuare un'iniziativa culturalmente utile presentando in ogni numero di Mondo Digitale un argomento fondante per l'Informatica e le sue applicazioni; in tal modo, anche il lettore curioso, ma frettoloso, potrà rendersi conto di che cosa sta "dentro la scatola". È infatti diffusa la sensazione che lo sviluppo formidabile assunto dal settore e di conseguenza il grande numero di persone di diverse estrazioni culturali che - a vario titolo - si occupano dei calcolatori elettronici e del loro mondo, abbiano nascosto dietro una cortina di nebbia i concetti basilari che lo hanno reso possibile. La realizzazione degli articoli è affidata ad autori che uniscono una grande autorevolezza scientifica e professionale a una notevole capacità divulgativa.



Le "macchine" aritmetiche

Bruno Fadini Roberto Canonico

1. INTRODUZIONE

Così come le macchine meccaniche trasformano energia, le "macchine informatiche" trasformano informazioni: esse forniscono uno (o più) dati in output che sono la trasformazione, secondo regole assegnate, dei dati in input. Una macchina aritmetica è, coerentemente, una le cui regole sono quelle dell'aritmetica: addizionatori, sottrattori, moltiplicatori ecc. sono le "macchine aritmetiche".

Di una macchina aritmetica si può definire "cosa fa" (per esempio, un addizionatore calcola $z = x + y$) oppure "come lo fa" (ovvero, calcola la somma bit per bit) oppure ancora "come è fatta" (per esempio, mediante blocchi logici o elementi circuitali): si tratta di diversi "livelli di astrazione" della macchina, il primo ne definisce gli aspetti concettuali, l'ultimo quelli costruttivi, spesso legati a problemi logico-elettronici e di ottimizzazione dell'efficienza della macchina. Non sempre (e tantomeno in questa sede) è utile addentrarsi nei livelli di maggior dettaglio.

Si riterranno noti in questo articolo i concetti e gli algoritmi già pubblicati da Mondo Digitale sull'aritmetica ([1, 2, 3] e bibliografia ivi) e si metteranno in evidenza alcuni concetti. Il primo è che un calcolatore definisce per le sue operazioni una aritmetica (o più aritmetiche), intesa come la classe dei numeri che esso tratta (inte-

ri, reali,...), il numero di bit assegnati alla rappresentazione di un dato e la tecnica di rappresentazione (binaria o decimale, con segno o senza segno ecc.); in ogni caso, con n bit è possibile rappresentare solo un numero finito di numeri e si pongono almeno due problemi: l'intervallo cui appartiene la classe e, per i numeri reali, l'approssimazione (Von Neumann chiamò pseudoreali tali numeri).

Una macchina aritmetica deve trattare, oltre la tecnica o l'algoritmo per calcolare il risultato, anche le *eccezioni* che eventualmente si verificano nell'esecuzione dell'operazione; fra queste le principali sono:

■ l'*overflow*, cioè il tentativo di rappresentare un numero esterno all'intervallo;

■ l'*underflow*, cioè un numero che, per l'approssimazione, diventa 0 pur non essendolo.

Gli algoritmi per l'esecuzione manuale delle operazioni fondamentali sono tutti sviluppati sui numeri naturali (interi non negativi) rappresentati in aritmetica decimale pesata e, quindi, da questi estesi a insiemi numerici più ampi.

Per esempio, il classico algoritmo per l'addizione manuale di numeri (addizione per cifre, valutazione del riporto ecc.) nasce per i numeri naturali, si estende poi ai numeri positivi "con la virgola" allineando le cifre di egual peso e trattando il numero come un intero formato dalla parte intera e da quella decimale e

si estende ancora ai numeri relativi introducendo le regole per il trattamento del segno e del modulo: in ogni caso l'operazione avviene su numeri naturali che "rappresentano" i numeri della classe da trattare.

Il procedimento che si adotta per realizzare le macchine aritmetiche è simile: si realizza l'aritmetica dei numeri naturali, che opera su interi X , con $0 \leq X < M$. Si trattano poi classi di numeri x diverse (per esempio, i numeri relativi) e ciascun elemento x si riconduce con apposita corrispondenza $X = r(x)$ in un numero naturale X (o due nel caso della virgola mobile) che lo rappresenti; le operazioni aritmetiche, allora, si effettuano ancora sui numeri naturali X , ma in quanto rappresentativi dell'insieme dei numeri x (numeri relativi, numeri reali ecc.).

2. UNA MACCHINA FONDAMENTALE: L'ADDIZIONATORE MODULO- M

L'aritmetica dei numeri naturali assume quindi grande importanza perché tutte le altre aritmetiche si rifanno ad essa. L'addizione, (o la somma algebrica), poi, è componente fondamentale di tutte le operazioni aritmetiche e quindi l'addizionatore dei numeri naturali è componente fondamentale di tutta l'aritmetica.

I numeri naturali sono detti "unsigned" in molti calcolatori e sono i numeri interi x con $0 \leq x < M$. Per l'aritmetica binaria e per numeri rappresen-

tati su n bit si ha $M = 2^n$. Sul piano astratto (ma, come si vedrà, anche molto concreto), si introduce una macchina detta *addizionatore modulo- M* (*add-mod- M*)¹.

Al di là del formalismo, la macchina "add-mod-10" è quella che la nostra mente ha usato fin dalle elementari per effettuare le addizioni: essa rappresenta, infatti, il meccanismo mentale con il quale, per esempio, si fa «8 + 7 (addendi) + "1 che riportavo" (riporto entrante, *carry-in*)» è 16; scrivo 6 (somma modulo 10) e riporto 1 (*carry out*)». La macchina definita non è altro che la generalizzazione a un qualsiasi modulo M dell'operazione: essa ha in input i due addendi X , Y e il carry-in r , fornisce in uscita la somma in modulo S e il carry-out R .

L'add-modulo-2ⁿ è l'addizionatore per numeri naturali rappresentati su n bit; per esso è $r = 0$ (ma volendo usare la macchina anche in applicazioni speciali è bene lasciare r qualsiasi) ed R coincide con l'indicatore di overflow. Si dirà in sintesi: "l'addizionatore di numeri naturali è l'add-mod- M , con l'overflow coincidente con il carry-out".

Per passare dal *cosa* l'addizionatore fa al *come* esso è fatto, si può dire che, così come la tradizionale addizione su n cifre decimali si effettua attraverso n "addizioni modulo-10", un addizionatore mod 2^n si può realizzare attraverso n add-mod-2 (detti anche *full adder*, *FA*). Ne deriva lo schema di figura 1, realizzato con n stadi di *FA*, ciascuno dei quali, dedicato a una coppia di cifre

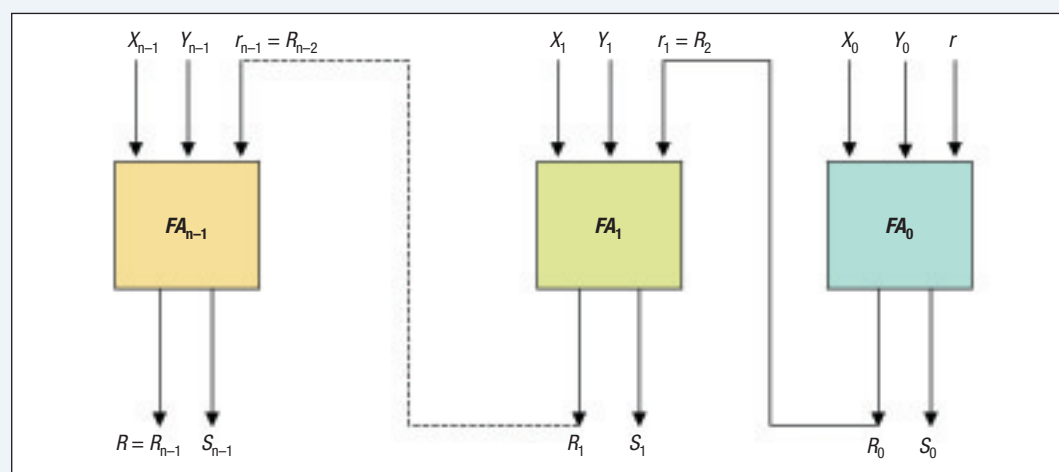
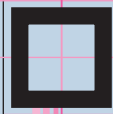


FIGURA 1
Architettura
di un addizionatore
parallelo

¹ Le macchine informatiche si prestano a definizioni formali nei cosiddetti *Hardware Description Languages*, che non lasciano equivoci sul tipo di dati trattati e sugli algoritmi usati e che sono alla base della realizzazione fisica dei circuiti. Qui si è preferito una presentazione più "leggera"; per ritrovare la definizione formale delle macchine trattate si veda [5].



(bit) X_i, Y_i , riceve come carry-in il carry-out dello stadio di peso immediatamente meno significativo. L'unica differenza fra questa rete e il processo manuale è, oltre alla base di numerazione, che quello manuale opera disponendo di un unico addizionatore di cifra (la mente) e usandolo in tempi successivi per le diverse addizioni di cifra, mentre le macchine moderne usano in parallelo n full adder collegati come in figura (è anche possibile una soluzione seriale, ma sarebbe lenta!). Ma come è fatto l'addizionatore-modulo-2? Per comprenderlo occorre conoscere un po' di algebra di Boole e di elementi di reti logiche. Chi non avesse tali nozioni può anche saltare la coda di questo paragrafo: non toglie molto alla comprensione del tutto. Le tabelline che in [2] illustrano le regole dell'addizione binaria si possono trasformare in tabelle di verità e da queste si può trarre che le funzioni booleane S (somma) e R (carry out) si realizzano con la rete logica descritta dalle seguenti equazioni booleane²:

$$S = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot r + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{r} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{r} + x \cdot y \cdot r$$

$$R = x \cdot y + x \cdot r + y \cdot r$$

3. UNA MACCHINA PER ACCELERARE LA PROPAGAZIONE DEI RIPORTI

Anche se nella struttura parallela dell'addizionatore tutti i full adder iniziano simultaneamente a operare, il tempo per la conclusione

dell'operazione è condizionato dal fenomeno della propagazione dei riporti: l'uscita di uno stadio è corretta solo quando lo è il suo riporto entrante; detto ε il tempo di propagazione del riporto attraverso uno stadio, il tempo di ritardo complessivo potrebbe raggiungere il valore di $n\varepsilon$ se il riporto dovesse propagarsi fra tutti gli n stadi [5]. Per calcolare i riporti si può allora usare una tecnica alternativa (anche se più costosa) a quella della propagazione attraverso gli stadi: calcolarli direttamente in funzione dei bit da sommare in un'apposita macchina detta *anticipatore di riporti* (carry look ahead). A tale scopo, si consideri che il carry-out è 1 in due distinte circostanze:

- i) viene generato nello stadio perché è $x = y = 1$ (indipendentemente dal carry-in) oppure
- ii) essendo x e y l'uno 0 e l'altro 1, il carry-in viene "propagato" nel carry-out.

Posto allora per ciascuno stadio (siamo ancora alle espressioni booleane!): $G = x \cdot y$ (condizione di generazione del riporto: x ed y entrambi 1) e $P = x \oplus y$ (condizione di propagazione del riporto: uno dei due 0, l'altro 1), si ha $R = G + P \cdot r$ e l'anticipatore, sviluppando iterativamente tale formula, potrebbe calcolare i carry-out in funzione dei soli G e P dei singoli stadi³.

Purtroppo, la complessità circuitale cresce significativamente al crescere del numero di bit e si adotta allora una soluzione di compromesso: si suddivide l'addizionatore in gruppi di bit e si realizza un anticipatore per ciascun

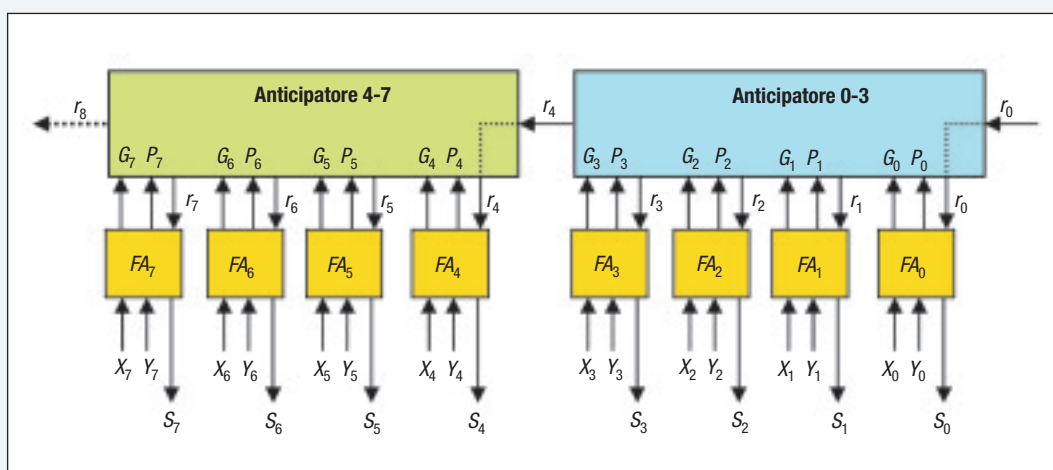


FIGURA 2
Adder con
anticipatore
di riporti

² Qui e nel seguito, nelle espressioni logiche useremo i simboli "." per la funzione booleana AND, "+" per la OR, " $\oplus$ " per la XOR e il segno su una variabile per la NOT.

³ Si avrebbe per esempio $r_4 = R_3 = G_3 + G_2 P_3 + G_1 P_3 P_2 + G_0 P_3 P_2 P_1 + r_0 P_3 P_2 P_1 P_0$.

gruppo, come esemplificato in figura 2, ove sono posti in evidenza i primi due anticipatori, ciascuno di 4 bit, di una catena che, per esempio, si sviluppa fino a $n = 64$.

Si noti che i riporti entranti in ciascun adder sono definiti quasi simultaneamente dagli anticipatori, mentre la propagazione dei riporti avviene ora tra questi ultimi. Per migliorare l'accelerazione, si potrebbe sostituire la propagazione tra gli anticipatori con un ulteriore livello di anticipatori.

4. ADDIZIONATORE IN COMPLEMENTI A 2

Si ricorda che, nel caso dei complementi a 2, la relazione tra numero da rappresentare x e numero rappresentato X è:

$$x = -X_{n-1} 2^{n-1} + \sum_{i=0}^{n-2} X_i 2^i$$

([2], ma ivi i simboli sono invertiti), il bit X_{n-1} è il bit-segno e gli altri sono i bit-cifra. Si può in effetti anche dimostrare che, leggendo X come un numero naturale (tutti bit-cifra), X è il resto-modulo- 2^n di x (cioè il resto della divisione intera per difetto di x per 2^n , come in [3]):

$$X = |x|_M$$

Si assumerà questa come regola di trasformazione di un intero relativo x nel numero naturale X , con $-M/2 \leq x < M/2$ e $0 \leq X < M$. Il vantaggio di questa rappresentazione è contenuto nella proprietà dei resti in modulo:

$$|x \pm y|_M = | |x|_M \pm |y|_M |_M$$

che, letta alla luce della rappresentazione per complementi, afferma "La rappresentazione della somma (algebrica) di x e y si ottiene come somma (modulo- M) delle rappresentazioni di x e y ".

In altri termini, si afferma che il medesimo addizionatore-modulo- M che realizza la somma *senza segno* $X + Y$ realizza anche la somma *con segno* $x + y$ corrispondente: la macchina "non sa" se sta operando sugli uni o sugli altri, ma solo l'uomo che ne interpreta i risultati.

Purtroppo, ciò è vero per il calcolo della som-

ma, ma non per l'individuazione di un eventuale overflow, che nel caso di addendi *con segno* non è più dato, come per quelli senza segno, dal riporto uscente. Per calcolare l'overflow invece occorre far riferimento alle regole della rappresentazione del numero ed alla considerazione che la somma è inclusa nell'intervallo $[-M, M]$; un overflow positivo (derivante dai due addendi entrambi positivi) è incluso allora nell'intervallo $[M/2, M]$, la cui rappresentazione in resti-modulo- M è quella di un numero negativo (per una dimostrazione grafica si veda [4]); analogamente, un overflow negativo genera una somma modulo- M che è la rappresentazione di un numero positivo. Si ha dunque in generale:

$$\text{overflow} = x > 0 \text{ and } y > 0 \text{ and } s < 0 \text{ or } x < 0 \text{ and } y < 0 \text{ and } s > 0$$

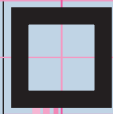
o, con riferimento al bit-segno e usando l'algebra di Boole:

$$\text{overflow} = \overline{X_{n-1}} \overline{Y_{n-1}} S_{n-1} + X_{n-1} Y_{n-1} \overline{S_{n-1}}$$

Questa considerazione è assunta in concreto da molti calcolatori reali che posseggono un unico addizionatore per l'aritmetica con segno e senza segno, ma che costruiscono due distinti segnali di overflow: R_{n-1} per numeri senza segno e Overflow per numeri con segno: è cura del programmatore (in linguaggio *assembler*) o del compilatore (in linguaggio ad alto livello) interrogare l'uno o l'altro segnale a seconda dell'aritmetica con la quale sta operando.

5. LA MACCHINA "SOTTRATTORE-MODULO-M"

Un addizionatore modulo- M può anche effettuare semplicemente la sottrazione $X - Y$: basta che calcoli l'opposto di Y e lo addiziona a X ; ma, usando i complementi, l'opposto di Y è $2^n - Y$ e questa sottrazione si può eseguire molto banalmente. Per fissare le idee, si faccia un'analogia con l'aritmetica decimale: il complemento a 10.000 di 1834 è 8166, che si ottiene facilmente effettuando il complemento a 9 "cifra a cifra" (8165) e aggiungendovi quindi 1. In binario si può, dunque, fare il



complemento a 1 “bit a bit” e, quindi, aggiungere 1 al risultato.

Un sottrattore binario si realizza, quindi, sommando a X il complemento bit a bit di Y e ponendo $r = 1$ (è stato detto precedentemente che conveniva lasciare comunque qualsiasi il riporto entrante dell’addizionatore).

6. IL MOLTIPLICATORE

Se si opera in un’aritmetica in modulo $M = b^n$, in analogia all’addizionatore, si può definire un *moltiplicatore modulo- M* il quale, dati i due fattori X, Y (entrambi minori di M) calcola due numeri ancora minori di M : $P = |X \cdot Y|_M$ (resto in modulo del prodotto) e $Q = [(X \cdot Y)/M]$ (parte intera del rapporto fra il prodotto ed M). Si noti che tutti i dati trattati dalla macchina hanno n cifre (bit per $b = 2$), mentre il prodotto è $Z = Q \cdot M + P$ e si ottiene dal numero formato dalle cifre (bit per $b = 2$) di Q seguite da quelle di P . Per fissare le idee, si ha per esempio, per $b = 10$ e $n = 4$:

X	Y	Q	P	Z
0025	0152	0000	3800	0000 3800
2222	4444	0987	4568	0987 4568

Così come l’add-mod per l’addizione, il molt-mod è l’apparecchiatura fondamentale per le moltiplicazioni. In particolare, per un’aritmetica di numeri naturali in $[0, M)$, P è il prodotto e Q è un indicatore di overflow se diverso da 0: “*il moltiplicatore di numeri naturali è molt-mod- M , con risultato P ed overflow coincidente con la condizione $Q \neq 0$* ”. Per fissare le idee, si ha per esempio:

X	Y	Q	P	Prodotto	Ovflo
0025	0152	0000	3800	3800	NO ($Q = 0$)
2222	4444	0987	4568	4568	SI ($Q \neq 0$)

Per la rappresentazione delle mantisse dei numeri in virgola mobile, i calcolatori usano anche una “aritmetica dei frazionari”: per $b = 2$, la stringa di n bit che rappresentava un in-

tero viene interpretata come divisa per 2^n , sicché i numeri senza segno cadono nell’intervallo $0 \leq X < 1$ e quelli con segno in $-1/2 \leq x < 1/2$. Mentre per l’addizione l’aritmetica dei frazionari coincide con quella degli interi, per la moltiplicazione, invece, detti $x' = X/M$, $y' = Y/M$ i fattori frazionari si ha $z' = x' \cdot y' = XY/M^2 = Q/M + P/M^2$ e, dunque, non si ha mai overflow, le cifre più significative del prodotto sono quelle di Q e, quindi, il prodotto rappresentato su n cifre è Q (e non P come nel caso degli interi) e P/M^2 è l’approssimazione del prodotto.

Il moltiplicatore, allora, deve fornire prodotto e approssimazione e si ha: “*il moltiplicatore di numeri frazionari è molt-mod- M , con risultato Q e approssimazione P (fatti salvi i fattori di scala)*”. Per fissare le idee, si ha per esempio:

X	Y	Q	P	Prodotto	EPS
0025 (,0025)	0152 (,0152)	0000	3800	0000 (,0000)	3800 (,00003800)
2222 (,2222)	4444 (,4444)	0987	4568	0987 (,0987)	4568 (,00004568)

Limiti di spazio non consentono di presentare il molt-mod- M che opera in complementi (vedi comunque [2]) né la “macchina moltiplicatore” che, sulla base di quanto detto, realizza l’algoritmo per la moltiplicazione considerando bit per bit il moltiplicatore (analogamente alla moltiplicazione in decimale cifra per cifra).

7. MACCHINE IN VIRGOLA MOBILE

In virgola mobile (*floating point*) un numero reale x è rappresentato mediante una coppia di numeri (M, E) , con:

$$x = M \cdot b^E \pm \varepsilon$$

dove M è la *mantissa*, E l’*esponente*, b ($= 2, 8, 10$ o 16) è la base di numerazione, ε l’approssimazione della rappresentazione [4]. La coppia non è unica; per esempio, per $b = 10$ e supponendo la mantissa espressa su 5 cifre, il numero π ($= 3,14159265\dots$) potrebbe essere

espresso, con approssimazioni diverse, come $0,00314 \times 10^3$, $0,03142 \times 10^2$, $0,31416 \times 10^1$; di queste, l'ultima è ovviamente la più precisa e viene detta normalizzata: la rappresentazione normalizzata di un numero è quella che inizia con una cifra non nulla e, sempre che sia possibile, un numero va memorizzato nella forma normalizzata.

Le operazioni in virgola mobile trattano separatamente mantissa ed esponente; vengono qui presentate alcune regole esemplificando in aritmetica decimale.

■ Per l'addizione è necessario dapprima rendere eguali i due esponenti e poi effettuare l'addizione:

$$0,5211 \times 10^3 + 0,1000 \times 10^2 = 0,5211 \times 10^3 + 0,0100 \times 10^3 = 0,5311 \times 10^3.$$

■ Un overflow di mantissa è "recuperato" se si scala a destra la mantissa e si aumenta di 1 l'esponente:

$$0,5000 \times 10^{-4} + 0,5000 \times 10^{-4} = 1,0000 \times 10^{-4} \text{ (overflow di mantissa)} = 0,1000 \times 10^{-3} \text{ (overflow recuperato)}.$$

■ Il vero overflow è un "overflow di esponente"; se, per esempio, il valore massimo dell'esponente è 9 si ha:

$$0,5000 \times 10^9 + 0,5000 \times 10^9 = 1,00000 \times 10^9 \text{ (overflow di mantissa)} = 0,10000 \times 10^{10} \text{ (overflow di esponente)}.$$

■ Una mantissa risultante da un'operazione può essere normalizzata se la si scala a sinistra diminuendo di 1 l'esponente:

$$0,5432 \times 10^{-2} + 0,1000 \times 10^{-2} = 0,6432 \times 10^{-2} = 0,5432 \times 10^{-5}.$$

■ Una moltiplicazione si effettua calcolando il prodotto delle mantisse e la somma degli esponenti:

$$0,5000 \times 10^1 \times 0,5000 \times 10^1 = 0,2500 \times 10^2.$$

■ Oltre all'overflow, l'aritmetica in virgola mobile deve trattare l'*underflow*, che si ha quando, a causa dei limiti della rappresentazione, il risultato di un'operazione deve essere approssimato allo zero: se -9 è il valore minimo dell'esponente:

$$0,1000 \times 10^{-9} \times 0,1000 \times 10^{-9} = 0,0100 \times 10^{-18} = \text{underflow}.$$

Quanto esemplificato per $b = 10$ vale anche per $b = 2$; lo standard oggi in voga, lo IEEE 754 [6], suggerisce che il numero x sia rappresentato dalla tripla (s, f, e) con $s \in \{0, 1\}$ segno, $0 \leq f < 1$ numero frazionario, e intero relativo, con

$$x = (-1)^s (1 + f) \cdot 2^e \pm \varepsilon$$

e fissa i limiti minimo e massimo per l'esponente nonché il numero di bit per la mantissa. La rappresentazione della mantissa è in segno e modulo e, in particolare, per parole di 32 bit ne occupa 24 (compreso il segno), mentre l'esponente ne occupa 8. La particolare notazione dello standard ($1 + f$ invece di f) fa risparmiare un bit nella memorizzazione di un dato.

Gli algoritmi e quindi, le macchine in virgola mobile si traggono semplicemente dalle regole generali prima elencate; si mettono soltanto qui in evidenza alcune macchine che, oltre a quelle per le operazioni in virgola fissa su mantisse ed esponenti, ne costituiscono le macchine elementari componenti:

■ *float-shift-left* (X): scala a sinistra la mantissa e decrementa di 1 l'esponente;

■ *float-shift-right* (X , eccezione): scala a destra la mantissa ed incrementa di 1 l'esponente; se questo è già pari al massimo consentito, pone eccezione = true;

■ *normalizza* (X , eccezione): normalizza X (mediante float-shift-left) e, in caso di underflow, pone eccezione = true.

8. CONCLUSIONI

Limiti di spazio impediscono di approfondire ulteriormente il tema delle macchine aritmetiche, che qui si è trattato soprattutto presentando un metodo basato su regole aritmetiche. Da queste si evincono due conclusioni fondamentali. La prima è che la struttura delle macchine deriva dall'adozione di sistemi di rappresentazione "posizionali a cifre pesate"; l'impiego del sistema binario, pur rilevante ai fini della realizzazione dei circuiti, non condiziona gli algoritmi, che sono di carattere del tutto generale rispetto alla base di numerazione.

La seconda conclusione è che, da un punto di vista di principio, nulla cambia (a parte l'efficienza, e non è poco!) se le macchine sono realizzate in *software* o in *hardware*, tanto è che una buona progettazione dell'hardware parte dalla descrizione in software dell'algoritmo mediante gli *Hardware Description Languages* (HDL).

Bibliografia

- [1] Dadda L.: Fondamenti dell'aritmetica digitale: i codici numerici. *Mondo Digitale*, Anno III, n. 9, marzo 2004, p. 61-65.
- [2] Ciminiera L.: Le operazioni aritmetiche. *Mondo Digitale*, Anno III, n. 10, giugno 2004, p. 77-81.
- [3] Stefanelli R.: L'aritmetica dei residui ed il suo uso per la realizzazione di unità aritmetiche specializzate particolarmente veloci. *Mondo Digitale*, Anno III, n. 11 settembre 2004, p. 74-77.
- [4] Fadini B., Savy C.: *Fondamenti di Informatica*. I (2ª edizione), Liguori, 1997.
- [5] Fadini B., De Carlini U.: *Macchine per l'elaborazione dell'informazione*. (2ª edizione), Liguori, 1995.
- [6] IEEE Computer Society: *IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic*. IEEE Std 754, 1985. Si veda anche la bibliografia in [1, 2 e 3].

BRUNO FADINI è professore ordinario di Calcolatori elettronici presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II. È membro dell'Accademia Pontaniana, ed attualmente è Direttore del CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica), membro della Commissione Informatica e Telematica dell'Ateneo Federico II, Presidente del Comitato Tecnico-scientifico del CRIAI (Consorzio di ricerca campano), membro del Comitato di esperti del MIUR per le Università telematiche.

ROBERTO CANONICO è ricercatore presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II, dove è attualmente docente per supplenza di Calcolatori Elettronici e Reti Logiche. Laureato in Ingegneria Elettronica nel 1995, ha conseguito il titolo di dottore di ricerca in Ingegneria Elettronica ed Informatica nel 2000. Nel 2001 è stato *Visiting Research Associate* presso la Lancaster University (Gran Bretagna). È membro dell'IEEE Computer Society e dell'Association for Computing Machinery (ACM).