

ICT E PICCOLE IMPRESE

IL PROGETTO DINAMEETING

Il progetto DINAMEETING nasce nel 2008 da un'idea della Direzione Generale Artigianato e Servizi della Regione Lombardia. DINAMEETING si è proposto di trasferire alle imprese lombarde le esperienze di altri imprenditori, operanti nella Regione, che avessero concluso con successo un percorso di trasformazione basato sull'ICT. L'articolo presenta i casi di successo più significativi nell'ambito del progetto.

1. INTRODUZIONE

Il progetto DINAMEETING (*Divulgare l'Innovazione Aziendale nel Mercato delle Tecnologie dell'Informazione Globale*) nasce nel 2008 da un'idea della Direzione Generale Artigianato e Servizi di Regione Lombardia [1]. DINAMEETING si è proposto di trasferire alle imprese lombarde le esperienze di altri imprenditori, operanti nella Regione, che avessero concluso con successo un percorso di trasformazione e di ammodernamento dei processi di sviluppo prodotto, di produzione, di distribuzione e di gestione, ottenendo un significativo aumento di fatturato e redditività. L'obiettivo era ambizioso: 100 micro e piccole imprese avrebbero dovuto progettare e sperimentare un analogo percorso di innovazione e di crescita, con il sostegno finanziario della Regione Lombardia.

Nella visione di DINAMEETING, l'ICT avrebbe dovuto essere la leva fondamentale dell'innovazione. Le ICT, infatti, costituiscono una grande opportunità per lo sviluppo dell'impresa, mediante:

□ la riduzione e il controllo dei costi di tutte le attività cui sono applicate;

□ lo sviluppo di nuove applicazioni consentite dalle tecnologie stesse;

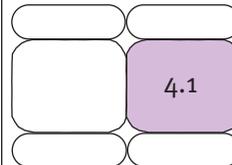
□ l'aumento della produttività delle attività esistenti.

Questo risultato però non è automatico, ma necessita di un preciso adattamento della tecnologia ai processi produttivi, ed eventualmente di una loro revisione. Serve cioè un'attenta analisi del modello di funzionamento dell'organizzazione per evitare che l'imposizione di ICT, oltre che poco efficace, risulti addirittura dannosa, peggiorando proprio quegli aspetti che si vorrebbero migliorare.

Nella realtà, per varie ragioni, la diffusione dell'ICT è stata più rapida nelle grandi imprese e solo successivamente si è estesa anche in aziende di dimensioni minori, le quali potrebbero trarne notevoli benefici. Investimenti elevati, una scarsa conoscenza delle potenzialità dei nuovi strumenti, la necessità di una profonda revisione dell'organizzazione con la concessione di deleghe anche importanti, unita ad una minaccia di scarso controllo del processo di cambiamento, hanno limitato il lancio di progetti ICT veramente integrati e di-



Chiara Francalanci
Giancarlo Raffaldi
Paolo Vercesi



rompenti. Le applicazioni ICT sono spesso isolate (esempio, CAD in ufficio tecnico senza programmazione della produzione, gestionale limitato alla sola contabilità generale, siti web che sono delle vetrine tra l'altro poco attraenti ecc.), non comunicano tra loro e il sistema – ma sarebbe più corretto parlare di elementi sparsi - nel suo complesso, ottiene risultati parziali.

Fortunatamente, in tempi anche recenti alcuni imprenditori, hanno fatto scelte importanti, raggiungendo grazie all'ICT, risultati molto buoni nello sviluppo dell'impresa. In DINAMEETING, questi imprenditori, consapevoli che l'ICT è solo un mezzo per gestire e accelerare la crescita, hanno deciso di condividere l'esperienza maturata, raccontando ad altri colleghi il percorso intrapreso. Nell'ambito di DINAMEETING, sono stati selezionati 10 casi aziendali di successo e di innovazione basata sull'ICT. Le 10 aziende campione sono state scelte non solo per la tecnologia impiegata, ma soprattutto perché già realizzati in un contesto settoriale e funzionale molto simile a quello in cui migliaia di imprese lombarde si trovano ad operare. Esse rappresentano casi emblematici di settori e applicazioni caratteristici dell'economia regionale, dove molte imprese alla ricerca di una soluzione potevano identificarsi. Gli imprenditori hanno intuito la necessità di comunicare con clienti e fornitori che non sempre sono situati in Italia, di gestire queste catene, operando contemporaneamente in diverse filiere con una continua ri-

chiesta di personalizzazione derivante dal processo di *mass-customization* in atto.

Sulla scorta dei casi di successo, le 100 imprese hanno avuto la possibilità di identificare quello più vicino alla propria realtà e definire un piano di intervento che tenesse conto della tecnologia necessaria, dell'impatto su tutti gli aspetti gestionali e organizzativi dell'impresa, dei costi e degli investimenti. Il risultato è stato un piano di attività, comprensivo di obiettivi, tempi, costi e indicatori di risultato parziali e attesi a fine progetto, e nel medio termine. L'imprenditore in tutto il percorso è stato affiancato da un consulente in grado di realizzare l'analisi dei fabbisogni ICT e redigere il piano di intervento, concordando con la direzione le fasi di realizzazione e gli indicatori di risultato previsti.

Questo piano non è consistito in una semplice valutazione dell'offerta di tecnologia, ma ha rappresentato per tutta l'impresa la scelta di una chiara direzione di marcia, coerente con gli obiettivi di crescita a supporto del *business* aziendale. Da questo punto di vista, DINAMEETING è stato un aiuto concreto, coadiuvato da consulenti di alto profilo, che, oltre a fornire supporto operativo alle imprese, hanno potuto avvalersi dell'effetto motivante di basare la propria consulenza su casi lombardi e perciò vicini alle aziende, raggiungibili e imitabili non solo nell'idea, ma anche nelle modalità di realizzazione operativa del cambiamento nel conteso e con le risorse del territorio.

La prossima sezione presenta brevemente le aziende *champion*. La successiva descrive i casi di successo più significativi ottenuti nell'ambito di DINAMEETING. L'articolo si chiude con alcune valutazioni di sintesi sul progetto, sul suo impatto e sui suoi risultati concreti in azienda.

2. LE AZIENDE CHAMPION

La figura 1 sintetizza i criteri di selezione delle 10 imprese *champion*. Sono stati considerati i principali settori del tessuto produttivo lombardo, con l'obiettivo di ottenere una buona copertura del mercato locale. I settori considerati sono stati: meccanico, elettronico-ICT, chimico-plastico, tessile, legno-arredo, alimentare e servizi. Si è poi cercato di ottenere una buona copertura delle diverse tipologie di ap-

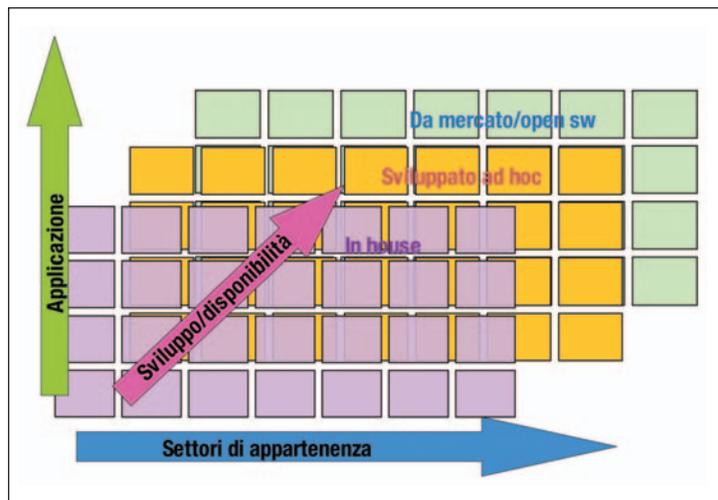


FIGURA 1

I criteri di selezione delle *champion*

plicazioni ICT e conseguente innovazione. È stata fatta una distinzione fra innovazione di prodotto, di processo, di modalità di gestione e mista. Nelle imprese selezionate, il caso più frequente è stato l'innovazione di tipo misto, che coniuga prodotti o processi innovativi, con corrispondenti nuove modalità di gestione. È inoltre stata considerata la modalità di approvvigionamento dell'ICT utilizzata nel percorso di innovazione, facendo una distinzione fra sviluppo in *house* di soluzioni proprietarie, sviluppo ad hoc da parte di un fornitore e utilizzo di soluzioni *open source*. Ovviamente, l'utilizzo di soluzioni *open source* è stato considerato come un elemento positivo di valutazione, permettendo un più facile e più economico trasferimento tecnologico alle 100 imprese.

Le 10 *champion* rappresentano un insieme vario e rappresentativo dei diversi criteri di selezione. Nel seguito, i 10 casi di successo vengono brevemente descritti, per fornire un'idea della varietà, innovatività e generale interesse di quanto individuato come esempio da seguire e se possibile replicare.

2.1. Gestione collaborativa delle commesse – Il caso COMARP

Le esigenze di ottimizzare il flusso informativo tra i clienti esterni e i consorziati, aumentare il volume di affari e massimizzare la capacità produttiva e le risorse di tutti i consorziati, hanno portato COMARP alla creazione di un sistema informatico, denominato E-HUB, che permette di scambiare e condividere dati tra le aziende del consorzio e verso i fornitori esterni. Il nuovo sistema ha permesso di velocizzare la comunicazione e di gestire in modo collaborativo la commessa.

Il consorzio è costituito da 11 imprese artigiane specializzate nelle lavorazioni conto terzi della subfornitura meccanica. COMARP aveva la necessità di ottimizzare il flusso informativo tra i clienti esterni e i consorziati e aumentare il volume di affari mantenendo nel contempo una struttura snella e caratterizzata da un eccellente livello di servizio ed estrema tempestività nell'evasione degli ordini, massimizzando nel contempo la capacità produttiva e le risorse di tutti i consorziati. L'inserimento della soluzione innovativa nei processi operativi e collaborativi del consorzio si è dimostrato un caso di successo grazie alle competenze

di analisi dei processi e di adeguamento della soluzione alle esigenze specifiche di collaborazione della struttura e dei suoi consorziati. Il risultato finale è stato un sistema informatico, denominato E-HUB, per la gestione del processo di generazione di una commessa, dall'emissione dell'offerta fino all'assegnazione della commessa o di sue singole parti a una delle imprese consorziate.

2.2. Gestione efficiente delle telecomunicazioni aziendali – Il caso DME

Gli obiettivi di gestire in modo completo e uniforme tutte le comunicazioni aziendali e di ottimizzarne i costi, hanno portato l'azienda DME ad implementare una piattaforma integrata VPN capace di gestire le comunicazioni telefoniche e i flussi dati aziendali. La piattaforma permette la completa integrazione delle comunicazioni fisse e mobili, compresi l'accesso a Internet e la messaggistica e-mail e fax. I risultati hanno evidenziato un'effettiva riduzione dei costi di comunicazione e un miglioramento qualitativo nella gestione della comunicazione aziendale.

Il gruppo DME, specializzato nella distribuzione di materiale elettrico all'ingrosso e al dettaglio, conta sei filiali - a Milano, nell'*hinterland* milanese e nella provincia di Pavia. In generale, le PMI distribuite sul territorio usano intensamente la rete aziendale per ottimizzare i rapporti con le filiali, i dipendenti in movimento o fuori sede, i fornitori e i clienti strategici. La migrazione completa da reti dati e telefoniche separate a un'unica rete aziendale integrata - che a tutt'oggi è stata raggiungibile dalle grandi imprese - sta ora iniziando a penetrare nel mondo delle PMI grazie a piattaforme appositamente studiate per questa fascia di aziende. Queste nuove piattaforme integrate rendono possibile a una PMI la gestione delle proprie comunicazioni integrate con un grado di flessibilità e ottimizzazione dei costi a pari livello di grande azienda. La piattaforma selezionata è stata configurata in modo tale da realizzare una rete VPN capace di integrare le comunicazioni telefoniche e i dati aziendali, ottenendo un'unica infrastruttura omogenea per la gestione di tutte le comunicazioni aziendali. L'esperienza di DME è preziosa in quanto rappresenta un caso di successo sia dal punto di vista tecnico, sia dal punto di vista economico.

2.3. Il Web 2.0 come strumento di marketing – Il caso Fratelli Berto

La duplice necessità di raggiungere nuova clientela e di contribuire a creare un marchio aziendale riconosciuto da sfruttare su tutti i canali di vendita, ha portato l'azienda Fratelli Berto Salotti a sviluppare, con successo, azioni di marketing via internet [2]. Grazie ai costi ridotti rispetto ai canali tradizionali, Internet si è dimostrata accessibile anche ad un'azienda di piccole dimensioni come Berto Salotti. I risultati ottenuti sono evidenti: le vendite sono triplicate negli ultimi 4 anni e il personale è raddoppiato.

Berto Salotti, da quarant'anni, opera nel settore dell'arredamento. Benché giunta alla seconda generazione manageriale, Berto Salotti continua ad essere un'azienda di manifattura artigiana, che si occupa tradizionalmente della produzione su misura di divani e poltrone. Il progetto nasce dalla necessità di sperimentare nuovi canali di marketing a seguito del crollo dei tradizionali sistemi di marketing basati sulle fiere. Il progetto ha avuto il duplice obiettivo di raggiungere nuova clientela tramite il canale Web e contribuire a creare un marchio aziendale riconosciuto da sfruttare su tutti i canali di vendita, tradizionali e basati sul Web.

Il progetto ha permesso la crescita dei punti di distribuzione diretta dei prodotti presso tre punti vendita diretti o specializzati. Grazie al progetto, inoltre, l'azienda ha sviluppato competenze di Internet marketing e distribuzione commerciale, con un impatto notevole sulle funzioni di amministrazione, logistica, commerciale/vendite e acquisti.

Il progetto ha certamente permesso all'azienda di migliorare la propria visibilità di marca, di aumentare la qualità percepita e, complessivamente, di aumentare la soddisfazione dei clienti. Il buon posizionamento sui motori di ricerca presenta Berto Salotti come un'azienda attenta al consumatore e affidabile. I clienti scambiano informazioni sui forum di settore, rendendo trasparente l'attività di Berto Salotti che, da parte sua, monitora gli scambi di opinioni in tutti i punti di incontro Web. Per risultati di questa entità, il canale Web si è dimostrato non solo efficace, ma anche sorprendentemente economico.

2.4. Espandere i propri mercati grazie all'e-commerce – Il caso Gamma&Bross

L'effettiva difficoltà distributiva nel mercato statunitense ha portato l'azienda Gamma&Bross a completare, a partire dal 2001, un progetto di commercio elettronico. Il progetto ha permesso all'azienda di espandere in maniera sostanziale il proprio mercato negli Stati Uniti. Inoltre, il progetto ha migliorato la conoscenza aziendale non solo tecnologica, ma anche di marketing e ha garantito maggiore visibilità e un migliore livello di servizio ai clienti soprattutto in termini di tempi di risposta.

Gamma&Bross ha oltre trent'anni di esperienza nel mondo dell'arredamento per saloni di acconciatura. L'azienda ha completato a partire dal 2001 un progetto di commercio elettronico per il mercato statunitense. Il progetto è partito da un'oggettiva difficoltà distributiva negli Stati Uniti dove l'azienda non poteva avvalersi di distributori esclusivi poiché la prassi era quella di collaborare con operatori multi-marca. Gamma&Bross riceveva molte richieste di catalogo dagli Stati Uniti che girava ai suoi distributori, i quali, essendo multimarca, raccoglievano l'esigenza del cliente e la soddisfacevano con l'intera gamma dei prodotti da loro venduti, inclusi quelli della concorrenza di Gamma&Bross. L'e-commerce ha permesso a Gamma&Bross di non raccogliere richieste di catalogo, bensì ordini che, passati ai distributori, garantiscono l'esclusione della concorrenza.

Il sito di e-commerce, partito come iniziativa per gli Stati Uniti, è stato poi esteso anche in Australia e in Arabia Saudita. Dato il successo dell'iniziativa, Gamma&Bross ha avuto la necessità di garantire anche una presenza locale e ha aperto uno *show room* a New York.

Il costo iniziale di progettazione del sito è stato di circa 30.000 €, ma il sito è stato oggetto di continue estensioni, senza contare l'investimento nel magazzino locale e nello *show room*. Nel 2001, il sito di e-commerce di Gamma&Bross è stato il primo nel suo settore negli Stati Uniti. Ora hanno diversi concorrenti, anche *online*. Questo comporta ulteriori costi di marketing per la visibilità su web. A fronte di questi costi, il sito garantisce all'azienda oltre il 10% del suo fatturato complessivo e l'80% del fatturato negli USA. Grazie al progetto, il fatturato negli USA è cresciuto con un tasso

medio annuo del 20%. Questi vantaggi economici compensano largamente sia l'investimento iniziale, sia le successive estensioni.

2.5. Automazione e tracciabilità al servizio della qualità – Il caso ICAM

Per rispondere alla filosofia aziendale di creare cioccolato di alta qualità attraverso il controllo dell'intera filiera produttiva, l'azienda ha messo a punto un sistema di tracciabilità di prodotto e di processo che è stato applicato nella produzione di cioccolato biologico, sostenendo così l'innovazione di processo in un settore tradizionale, migliorando l'immagine del prodotto e tutelandone la qualità.

Fondata nella metà degli anni quaranta, l'impresa si trasferisce a Lecco, dove il nucleo dei fondatori avvia una piccola fabbrica per la produzione di cioccolato. L'idea è quella di portare in tutte le famiglie un bene allora considerato di lusso, producendo cioccolato di qualità ad un prezzo ragionevole. Per raggiungere questo risultato l'impresa intraprende la difficile strada dell'autonomia produttiva, acquistando alla fonte la materia prima, collaborando con i costruttori di macchinari per mettere a punto gli impianti di fabbricazione e organizzando la rete distributiva in modo innovativo, per fornire i propri prodotti direttamente ai dettaglianti.

Il progetto di innovazione ha riguardato la messa a punto di un sistema di tracciabilità di prodotto e di processo che è stato applicato nella produzione di cioccolato biologico per la cui produzione è richiesto un disciplinare produttivo molto preciso che coinvolge tutta la filiera e integra le funzioni di certificazione e controllo di qualità del processo produttivo. Gli obiettivi del progetto prevedevano di mettere a punto uno strumento completamente integrato nel processo produttivo che consentisse di costruire la catena di tracciabilità rilevando direttamente le informazioni nei centri di lavoro dove sono realizzate le produzioni. I dati vengono rilevati da codici barre (a breve è previsto il passaggio a sistemi di identificazione RFID), sono messi in linea e resi disponibili a tutti gli interessati, interni all'azienda e alla filiera su rete VPN. Grazie al progetto, l'impresa ha ottenuto il controllo su tutta la filiera produttiva, con riferimento particolare al controllo di processo.

2.6. Sistema mobile di automazione della forza vendita – Il caso Ristopiù Lombardia

Partendo dalla necessità di automatizzare il processo di vendita per gestire i clienti in modo flessibile ed elastico, Ristopiù Lombardia ha introdotto una soluzione mobile che ha permesso all'azienda di semplificare il lavoro della forza vendita e di migliorare la qualità del servizio verso il cliente finale [3].

Ristopiù Lombardia opera nel settore del commercio all'ingrosso, distribuzione e movimentazione di prodotti alimentari e bevande, sia confezionate, sia a conservazione surgelata, congelata e a temperatura controllata. Il percorso intrapreso dall'azienda per adottare il sistema di automazione della forza vendita si è articolato su diversi passaggi, fino ad arrivare nel 2007 all'adozione di una soluzione mobile completa. Le funzionalità che l'azienda ha individuato e che le soluzioni precedenti non erano in grado di automatizzare sono essenzialmente:

- facilità di inserimento degli ordini;
- gestione degli ordini per conto terzi;
- possibilità di comunicare i dati di vendita più volte al giorno.

L'introduzione di una soluzione mobile in Ristopiù Lombardia ha portato notevoli vantaggi a tutti gli attori coinvolti nel processo di vendita. Questa scelta ha permesso all'azienda di trarre dei benefici, semplificando il lavoro della forza vendita e migliorando la qualità del servizio verso il cliente finale.

Inoltre, l'impresa può ora utilizzare un sistema che le permette di avere un maggior controllo sul processo di vendita, sia per quanto riguarda i dati relativi alle vendite, sia per quanto riguarda la gestione e il controllo della forza vendita. Quest'ultima ha uno strumento che le permette di gestire in modo molto più efficiente il rapporto con il cliente, dal punto di vista operativo della gestione dell'ordine, ma anche per le funzionalità di gestione del rapporto con il cliente (CRM). Non in ultimo, il cliente può beneficiare di una qualità di servizio maggiore, fattore che permette a Ristopiù Lombardia di differenziarsi dalla concorrenza.

2.7. Tagliare i costi delle utenze con il Green-IT – Il caso Seeweb

L'impresa si occupa di *Hosting, Housing, Co-location e Content Delivery* dal 1998. Il proget-

to nasce con l'intento di capitalizzare tutto il *know-how* maturato nella gestione di grandi infrastrutture informatiche per ottenere risparmi energetici e rifletterli in un'offerta più accessibile anche per le piccole imprese [4].

Il prodotto è realizzato su *hardware* IBM Blade center ad alta densità e utilizza un sistema di *Storage* di tipo SAN capace di gestire centinaia di Terabyte. Caratteristiche dell'infrastruttura sono l'alta densità di potenza per unità di spazio e la riduzione dei consumi e dell'impatto ambientale: si tratta di una delle prime installazioni di tipo *green computing* effettuate con importanti ottimizzazioni sul fronte del consumo energetico.

L'obiettivo progettuale di gestire fino a 10.000 siti internet su una singola CPU ha imposto lo sviluppo di software e di algoritmi innovativi finora mai utilizzati nel settore. Le ottimizzazioni *software* ed *hardware* hanno consentito una grande riduzione dei consumi elettrici che sono passati da circa 1W/sito (tecnologia di riferimento sul mercato) a meno di 0,1 W/sito. Il tasso di crescita è positivo, pari ad oltre 3000 prodotti/mese acquistati da 900 nuovi clienti nel mese di Maggio 2008 e i dati sono in forte crescita (con picchi anche al raddoppio) mese su mese. La componente di fatturato derivante da questo prodotto e dalla sua penetrazione nel mercato nel 2007 è stata di 300.000 €, e ha permesso di valutare una situazione di *break-even* conseguito in abbondante anticipo.

Il modello di sviluppo perseguito dalla società con questo progetto si adatta a tutte le realtà che hanno rapporti con un numero elevato di clienti, anche di piccola dimensione o privati, per la fornitura di servizi di assistenza o per realtà che già utilizzano numerosi server tradizionali e sono sensibili ad un uso razionale dell'energia (ottenendo concreti risparmi sulle utenze dirette e indirette).

2.8. Automazione e tracciabilità basata su RFID – Il caso Stamperia Olonia

La Stamperia Olonia opera nel settore dei tessuti per l'arredamento e della biancheria per la casa. Produce per le più grandi firme nazionali e internazionali. L'utilizzo delle infrastrutture informatiche all'interno dell'azienda è presente da oltre 30 anni e ha subito una continua evoluzione fino a raggiungere la totale automazione di tutto il processo produttivo, dal-

l'arrivo del tessuto, alla stampa, al finissaggio e al confezionamento.

L'obiettivo del progetto era di implementare un sistema di tracciabilità basato su RFID che permettesse un grado di controllo sul processo produttivo tale da avere informazioni in tempo reale sull'avanzamento della produzione giornaliera. Il progetto consiste nell'implementazione di un sistema di tracciabilità basato su RFID a supporto dell'integrazione dei processi interni e dei servizi a clienti e fornitori. Gli RFID sono applicati al tracciamento del tessuto nel processo di stampa. Nella filiera in cui si inserisce la Stamperia Olonia, il tessuto è di proprietà del cliente; di conseguenza, tracciare il tessuto all'interno del processo produttivo permette di conoscere lo stato di avanzamento delle lavorazioni eseguite per conto del cliente. Con il nuovo sistema, per ogni operazione di stampa, vengono associati gli stampi ai colori per ridurre al minimo gli errori, aumentare la produttività e riconoscere esattamente le operazioni eseguite. Al passaggio di ogni nuovo lotto di tessuto, le operazioni da effettuare si attivano in automatico. In ogni momento, è perciò possibile sia avere informazioni in tempo reale sull'andamento della produzione, sia controllare la correttezza delle operazioni eseguite ed effettuare eventuali ripianificazioni della produzione. Il sistema ha permesso la realizzazione di un servizio Web rivolto ai clienti per il controllo dello stato di avanzamento delle lavorazioni, aggiornato anch'esso in tempo reale.

L'implementazione della tecnologia RFID ha facilitato e velocizzato l'utilizzo del *software* di rilevamento della produzione, riducendo le operazioni da eseguire manualmente col PC da parte degli operatori. Questo ha consentito una maggior produttività stimabile nel 5% all'anno, dovuta a vari fattori, anche organizzativi, abilitati dal nuovo sistema. Il nuovo sistema ha anche permesso una notevole riduzione degli errori, sia perché automatizza l'associazione fra lotto di produzione e lavorazioni da eseguire, sia per la disponibilità di informazioni più puntuali a chi lavora sulle diverse linee.

2.9. Sistemi ERP a supporto dei processi aziendali – Il caso Trafilerie Brambilla

Fondata a Milano negli anni '20, l'azienda produce filo trafilato per molle in acciaio al carbo-

nio o inossidabile e filo trafilato per saldatura. Il progetto ha permesso all'impresa di:

□ identificare una soluzione informativa integrata a supporto dei propri processi logistico-produttivi e amministrativi, e il relativo fornitore;

□ implementare il pacchetto gestionale scelto a supporto dei propri processi logistico-produttivi;

□ sviluppare e implementare le metodologie di gestione da adottare attraverso il supporto di tale pacchetto gestionale;

□ acquisire un consistente vantaggio in termini di efficienza ed efficacia in relazione all'implementazione del pacchetto medesimo.

L'esperienza trasferibile è il mantenimento di un'elevata capacità gestionale a partire da un puntuale controllo delle *operations* e dei costi connessi. Tutte le informazioni che servono, a chi servono e quando servono sono rese disponibili da un unico *data base* aziendale accessibile a diversi livelli, a seconda della priorità assegnata agli utilizzatori. L'implementazione di strumenti di Business Intelligence in tutte le aree aziendali, danno agli operatori gli strumenti di analisi dei dati consentendo inoltre la possibilità di effettuare raffronti, simulazioni e proiezioni. Un insieme coordinato di metodi, metriche, processi e sistemi comuni e condivisi in tutta l'organizzazione aziendale, permettono alla direzione di monitorare e gestire le performance aziendali. L'utilizzo di una soluzione di Business Intelligence, sviluppata specificatamente per il settore della trafilatura, è adatta alle esigenze di imprese di medio-piccola dimensione che intendono gestire la complessità del mercato con un controllo puntuale dei costi, monitorando costantemente l'avanzamento della produzione e mantenendo un elevato grado di soddisfazione del cliente.

2.10. Fidelizzazione dei clienti con il web-marketing – Il caso VIS

L'impresa è attiva nello sviluppo e produzione di confetture, marmellate di frutta, crema di marroni e frutta sciroppata e nella commercializzazione di prodotti alimentari: miele, torte, mostarda, grappa e grappa di frutta. Gli obiettivi principali del progetto sono stati:

1. utilizzare la rete Internet come veicolo promozionale del proprio brand e dei propri prodotti;

2. utilizzare la rete Internet per creare una struttura di vendita alternativa e complementare a quella tradizionale.

Per far fronte a questi obiettivi l'impresa ha:

□ rinnovato integralmente il sito istituzionale con l'inserimento di parti interattive e di contenuti informativi (per esempio, sezione sui principi della corretta alimentazione);

□ rinnovato la politica promozionale e pubblicitaria, privilegiando lo strumento internet, soprattutto attraverso campagne di posizionamento organico e *pay per click*;

□ creato una piattaforma di *e-commerce* personalizzata sulle esigenze del consumatore target di VIS e strutturata in modo da lasciare agli utenti la massima libertà nel processo di acquisto.

Quest'ultimo punto ha avuto un grosso impatto sulla struttura aziendale, andando ad incidere trasversalmente, e in modo significativo, su molti processi (dall'amministrazione, al finanziario, al commerciale ed alla logistica).

L'azienda ha sviluppato un vero e proprio negozio virtuale, spazio in cui gusto, tradizione, innovazione e territorio si intrecciano e si fondono, dando la possibilità ad ogni buongustaio - anche al più lontano - di assaporare prodotti buoni, sani e genuini. Questo progetto nasce dalla volontà dell'azienda di soddisfare le richieste di quei consumatori che, per ragioni geografiche, non riescono a reperire i prodotti direttamente in azienda.

3. IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO ALLE 100 IMPRESE LOMBARDE

Nel progetto sono state coinvolte complessivamente oltre 100 PMI attive in Lombardia, tra queste circa 80 hanno beneficiato del pacchetto di consulenza erogata da 50 TEM selezionati tra oltre 100 che si sono candidati.

3.1. Le imprese partecipanti

La provenienza dei partecipanti rispecchia fedelmente la struttura economica e produttiva della Regione con la maggioranza delle imprese collocate nella Provincia di Milano (38,5%) e Monza (10%); uniforme la distribuzione delle imprese nelle altre province con l'eccezione di Pavia e Sondrio con una partecipazione molto limitata.

Seguono per importanza Brescia e Lecco, che riconfermano la tradizionale presenza di un comparto manifatturiero diffuso, numeroso e attento al cambiamento. Si testimonia una forte volontà degli imprenditori di affrontare una crisi che si manifesta con pesanti e diffuse implicazioni anche sul piano economico locale in tutti i settori. Nonostante questa situazione di fatto, si assiste in questi ultimi mesi ad un sano realismo e alla voglia di essere pronti alla ripresa, rivedendo l'assetto organizzativo e produttivo, con un uso strumentale dell'ICT per conseguire obiettivi di efficacia gestionale ed efficienza economica.

Variegata la provenienza settoriale dei partecipanti, che ben rappresentano tutti i principali settori manifatturieri: meccanica, elettronica, automazione industriale, trasporti e servizi con alcune simpatiche curiosità come per esempio una Cooperativa sociale e un fiorista. La ripartizione settoriale è correlata con la localizzazione geografica, con prevalenza di imprese di servizi nella Provincia di Milano e imprese a vocazione più manifatturiera nelle restanti aree della regione.

Le motivazioni ricorrenti che hanno spinto le imprese alla partecipazione sono due: una forte attenzione alle dinamiche interne, quindi focalizzazione sui costi e riduzione degli sprechi, e la ricerca di nuovi sbocchi commerciali verso nuovi clienti o mercati geografici, senza trascurare la qualità del prodotto, il design e il livello di soddisfazione del cliente.

L'analisi della disponibilità di strumenti ICT mostra un sistema di piccole e micro imprese giunte ad un buon livello di informatizzazione, che, sviluppata a partire dalle procedure amministrative, si è progressivamente - ma sarebbe più corretto per il manifatturiero utilizzare il termine contestualmente - diffusa alle diverse aree aziendali. La crescita spesso è avvenuta in modo disordinato e a macchia di leopardo; le diverse procedure convivono e sono variamente interfacciate con il gestionale, accanto agli strumenti - peraltro relativamente diffusi soprattutto nelle imprese manifatturiere - di supporto alla progettazione. Si possono individuare i nuclei embrionali di:

□ sistemi di *Enterprise Resource Planning* (ERP), cui appartengono gli strumenti dedicati alla gestione integrata di tutti i dati aziendali che le aree più prettamente amministra-

tive utilizzano per gestire il ciclo attivo (fatturazione e incassi) e passivo (pagamenti) dell'impresa;

□ sistemi di *Customer Relationship Management* (CRM), cui appartengono gli strumenti dedicati alla gestione delle relazioni con i clienti sia nelle attività di marketing, sia nelle funzioni di pre che di post vendita;

□ sistemi di *Supply Chain Management* (SCM), cui appartengono gli strumenti dedicati alla gestione di tutti i processi di acquisizione di risorse e materie prime e la loro trasformazione nell'ambito del ciclo produttivo;

□ sistemi di *Business Intelligence* (BI), cui appartengono gli strumenti a supporto delle funzioni decisionali e che si alimentano coi dati provenienti dagli altri tre sistemi citati.

In questi anni, complice la diffusione di SW *open source* e grazie all'opera di numerose *softwarehouse* a forte vocazione settoriale, sono disponibili sul mercato numerose soluzioni specifiche, a basso costo e adattabili alle reali necessità di un'impresa artigiana o di piccole dimensioni. La diffusione globale e pervasiva di Internet con collegamenti a banda larga disponibili quasi ovunque, stanno cambiando lo scenario competitivo:

- ingresso sul mercato di nuovi concorrenti;
- opportunità di beneficiare di un mercato allargato;
- sviluppo di nuovi prodotti con tecniche collaborative;
- collaborazione tra imprese virtuali ad assetto variabile.

L'impresa virtuale è un soggetto costituito *ad hoc*, coinvolgendo un gruppo di piccole imprese specializzate nelle diverse fasi delle lavorazioni, in grado cioè di cooperare a termine per la realizzazione di una specifica commessa, senza rinunciare alla propria specificità produttiva e mantenendo un'ampia autonomia operativa e decisionale.

La conferma di questa situazione deriva dall'esame dei casi di eccellenza più gettonati dalle imprese che hanno partecipato a DINAMEETING, che sono nell'ordine:

□ *business intelligence*, gestione efficace dell'impresa e commesse collaborative con una preferenza del 36%;

□ commercio elettronico e gestione partecipativa del marketing con oltre il 24% di consenso;

□ tracciabilità dei prodotti e la gestione dei flussi di produzione (temi cari alle imprese manifatturiere);

□ applicazioni più specialistiche quali la *green IT* e modelli di gestione delle forze di vendita. Un dato comune a tutti i partecipanti è l'aver espresso interesse per una o più proposte. Meno definita la linea di sviluppo dei sistemi informativi aziendali: forse alcune aziende non sanno cosa fare e come fare. In tutte le imprese partecipanti si è riscontrata la volontà di arrivare preparati alla ripresa, gestire al meglio la congiuntura negativa programmando il percorso di sviluppo attraverso l'uso pervasivo dell'ICT. Le piccole dimensioni non sempre sono un limite, anzi in alcuni casi costituiscono un punto di forza che permette di avere velocità di reazione e capacità di realizzazione immediata.

3.2. Realizzazione delle attività

Ad ogni azienda è stato assegnato un TEM tenendo conto delle esigenze progettuali manifestate.

Questa attività ha comportato:

i. la classificazione delle fondamentali aree di competenza richieste ai TEM per supportare con successo il trasferimento tecnologico relativo ai dieci casi di eccellenza, fra loro molto eterogenei;

ii. un'accurata analisi dei curricula dei TEM per valutare la loro adeguatezza nelle principali aree di competenza richieste;

iii. un'accurata analisi delle domande di partecipazione al progetto delle 100 imprese per identificare i casi di eccellenza di riferimento e le corrispondenti competenze richieste.

I TEM sono poi stati associati alle imprese sulla base di considerazioni relative sia alle loro competenze, sia alla loro *seniority*, sia alla loro posizione nella graduatoria di selezione. A partire da Aprile 2009 l'attività di consulenza ha avuto inizio e si è articolata nelle tre fasi previste sino alla conclusione avvenuta nel mese di Ottobre 2009. Lo svolgimento è stato complessivamente regolare. Tutti i TEM sono stati presso l'impresa per un numero significativo di giornate, mediamente quindici e hanno concluso nel pieno rispetto dei tempi previsti. Le azioni di miglioramento sono state pianificate per i successivi 12-18 mesi, valutando l'impatto delle scelte nel medio termine a li-

vello qualitativo, rispetto agli indicatori quantitativi determinati per la realizzazione. Il piano non si è limitato ad una valutazione dell'offerta di tecnologia e alla selezione dei *vendor*, ma ha rappresentato per l'impresa un progetto operativo, coerente con gli obiettivi di crescita del business aziendale.

3.3. Alcuni risultati

3.3.1. CRUSCOTTO DI MONITORAGGIO DEI COSTI ENERGETICI PER GRANDI UTENTI - IL CASO PROCLESIS

Proclesis è un'azienda giovane, nata nel 1995, che propone come *core business* l'offerta di servizi tecnologici ad aziende clienti. In particolare la tipologia di offerta proposta da Proclesis include diversi tipi di servizi in ambito informatico.

Il nuovo cruscotto si affiancherà a *Database Phone Traffic Manager (PTM)* - un'applicazione rivolta a grandi imprese che permette di inventariare, controllare e risparmiare sulle linee telefoniche - e offrirà all'utilizzatore un servizio che possa costituire un *trait d'union* tra tecnologia, IT ed Energia applicabile trasversalmente a tutti i settori del mercato: dalla pubblica amministrazione, agli ospedali, dalla grande distribuzione alle aziende di produzione (Figura 2).

L'intervento di miglioramento include principalmente la definizione di una nuova metodologia per offrire consulenza nell'ambito dell'efficienza energetica e la progettazione degli strumenti ICT a supporto di questa metodologia. Il nuovo servizio che verrà proposto permetterà di analizzare i consumi energetici di un'azienda cliente. L'analisi andrà a scomporre i vari consumi energetici per le diverse tipologie di tempo e su scale temporali a diversi livelli di aggregazione, con lo scopo di supportare il management a delineare possibili azioni di miglioramento mirate alla riduzione dei consumi energetici.

3.3.2. CONTROLLO REAL-TIME DEI COSTI INDUSTRIALI - IL CASO KEMINOVA

KEMINOVA fornisce prodotti Cosmetici e dispositivi medici realizzati su misura. Tutte le preparazioni sono eseguite nel rispetto delle norme GMP, in un ambiente produttivo che ha superato la verifica dei più esigenti clienti del settore farmaceutico.

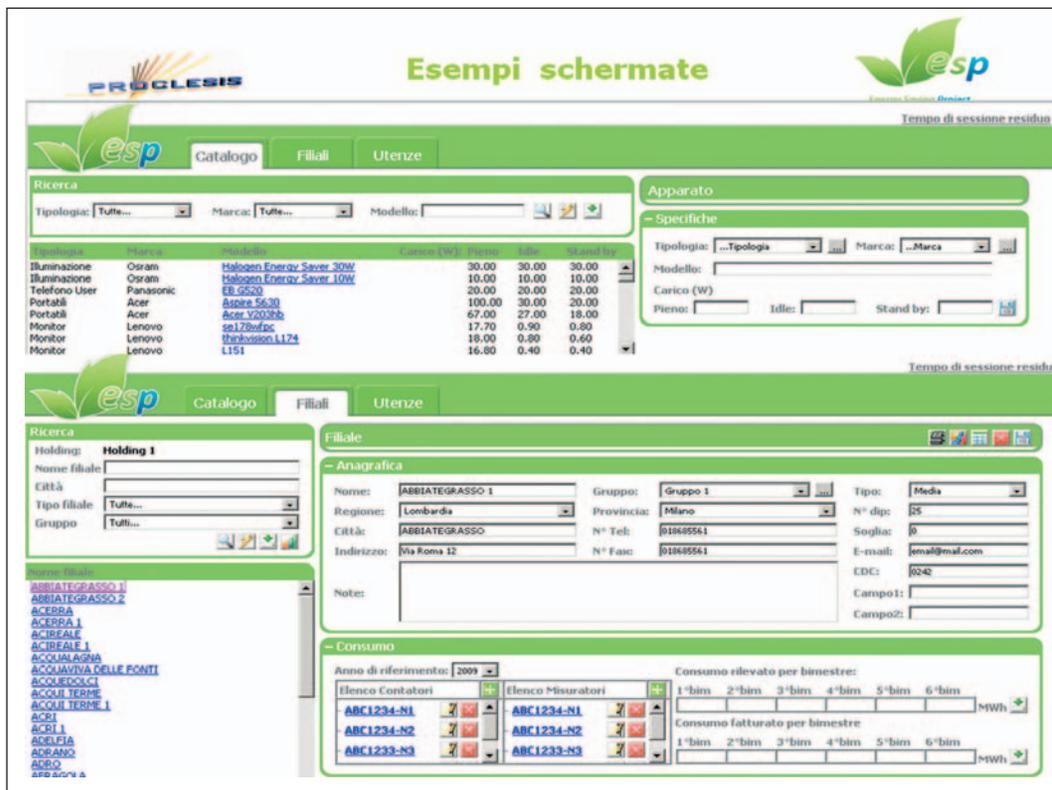


FIGURA 2
Il sistema green di Proclesis (esempio)

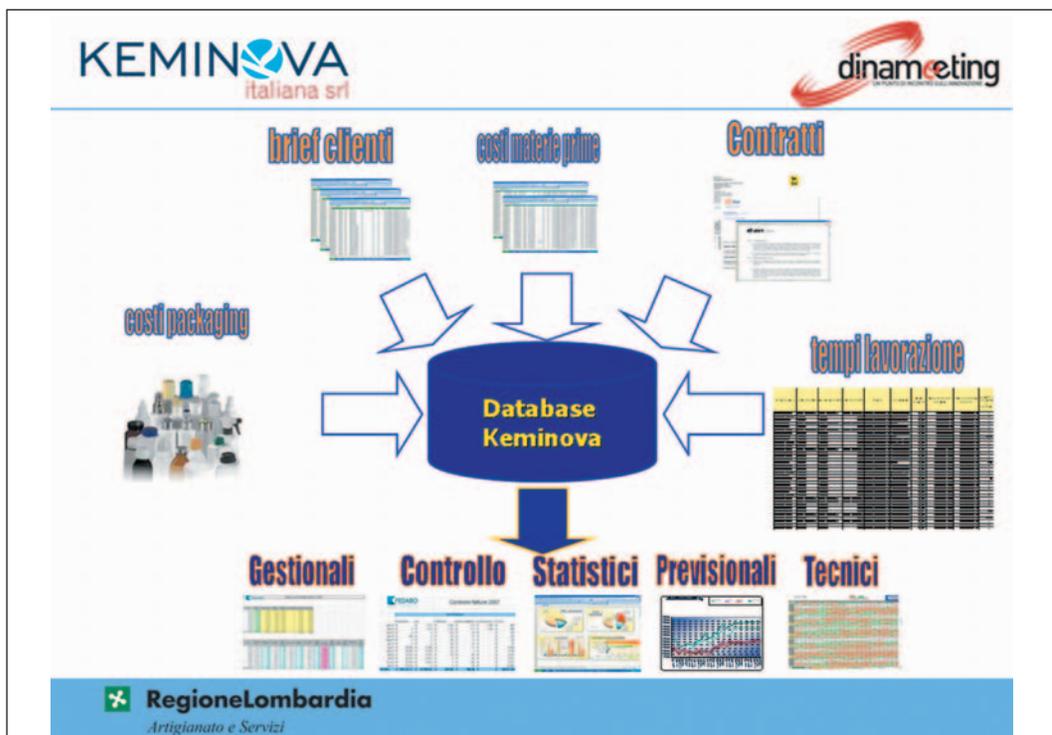


FIGURA 3
Il sistema informativo di Keminova

L'intervento posto in essere sarà di tipo sistemico, correlato al ciclo di produzione e atto a determinare il costo effettivo di produzione di ogni singolo lotto. Il costo rileva-

to nel laboratorio, sarà trasmesso alla contabilità generale, interfacciandosi con il sistema di rilevazione delle ore uomo, come rappresentato nella figura 3 (oggi ancora ri-

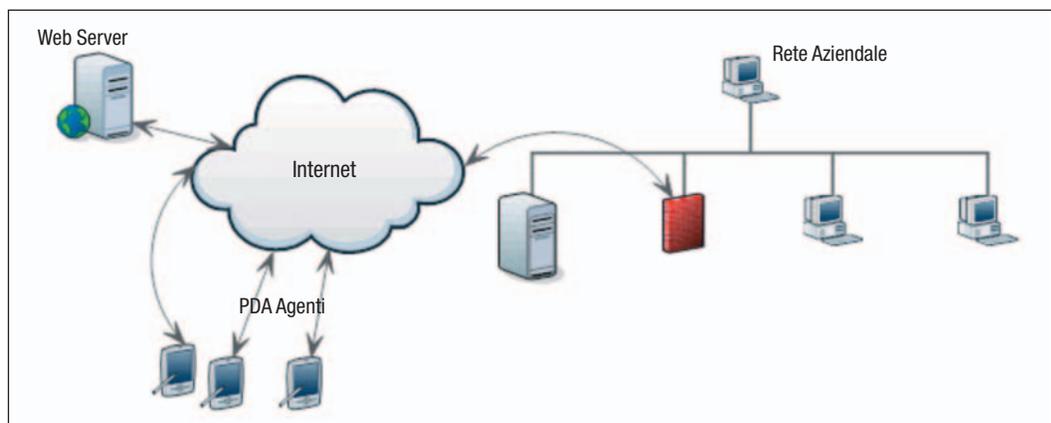


FIGURA 4
L'architettura hardware del sistema mobile di Robur

levate attraverso un programma a parte e integrate, tramite foglio excel, con i dati della produzione).

Le risorse liberate da queste incombenze potranno concentrarsi sull'analisi delle efficienze/inefficienze di produzione. La reportistica integrata nel sistema permetterà anche di identificare la marginalità gestionale per ogni singolo cliente, con un forte recupero in termini di competitività dell'impresa.

Scartato lo sviluppo *ad hoc*, la scelta si è orientata al software sviluppato dalla Technics Cosmetics srl, per le aziende del settore cosmetico sin dal 1994. L'applicazione dispone di una varietà di moduli aggiuntivi in grado di coprire le principali esigenze operative.

3.3.3. PDA IN DOTAZIONE ALLA RETE DI VENDITA - IL CASO ROBUR

Nel 1960 nasce la Robur e diversifica la produzione in forbici per tutti gli usi. Oggi è un'azienda artigiana di 15 dipendenti e ha un portafoglio di circa 800 clienti in Italia e all'estero che incide per il 10% del fatturato. Produce circa 35.000 pezzi di forbici ogni mese.

Le azioni di miglioramento prevedono la rivisitazione dei processi legati alla gestione del flusso attivo:

- automazione della rete vendita introducendo i palmari / *smartphone* per l'acquisizione ordini cliente;
- creazione del portale per la rete agenti;
- evoluzione del portale agenti e creazione del Portale B2B.

La tecnologia utilizzata per l'applicazione che risiede sul palmare è una normale tecnologia *client server* (non *Web oriented*) in quanto la caratteristica dell'applicazione è quella di po-

ter caricare gli ordini sul palmare anche in assenza di copertura UMTS (Figura 4).

Dal punto di vista tecnico la soluzione adottata è quella di utilizzare un *web server* in *hosting* che svolge le funzioni di *gateway* verso la rete agenti. I singoli palmari all'atto della trasmissione dell'ordine e della sincronizzazione comunicano con il *web server*, che provvede ad effettuare la validazione degli ordini caricati e a procedere alla notifica della proposta di commissione via e-mail o fax al cliente. L'evoluzione del sito aziendale ad un portale B2B, consentirà l'accesso e l'utilizzo dello stesso ai clienti fidelizzati, che potranno inserire direttamente gli ordini. L'azienda manterrà una rete di vendita tradizionale affiancata da un canale di Marketing diretto.

3.3.4. SVILUPPO DI COMUNICAZIONE MULTICANALE CON LE IMPRESE E LE PERSONE - IL CASO ECIPA LOMBARDIA

ECIPA Lombardia è il consorzio delle CNA lombarde (Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa) volto alla formazione e all'aggiornamento degli associati, tanto gli imprenditori quanto dei dipendenti, dei collaboratori all'interno delle CNA stesse e dei disoccupati.

L'evoluzione in atto nel settore dei servizi formativi, che pone al centro le esigenze della singola persona, implica una profonda revisione degli strumenti e delle modalità di comunicazione ed una più efficiente ed integrata gestione dei dati.

L'obiettivo di breve-medio termine è di migliorare sensibilmente l'attrattività del sito web aziendale, incrementare la visibilità nella rete dei prodotti/servizi, strutturare modalità di comunicazione *web oriented*, gestire i dati

e le relazioni con i clienti con applicativi di tipo CRM, semplificare ed ottimizzare le connessioni tra la sedi operative.

Il progetto si è focalizzato sulle esigenze legate all'implementazione di un sistema gestionale interno (comune sia alla sede regionale che alle sedi provinciali periferiche) per la gestione di processi, procedure e documentazione di ECIPA Lombardia. Il risultato sarà ottenuto con l'acquisizione di un nuovo sistema intranet per la gestione avanzata dell'area didattica e amministrativa (prodotto reperibile dal mercato). Questa scelta consentirà ad ECIPA una serie di vantaggi:

- soluzione "chiavi in mano";
- stima deterministica dei costi;
- possibilità di "try & buy" (prototipo di validazione con sw in comodato d'uso);
- flessibilità di acquisizione del Sw (noleggio vs. acquisto).

3.3.5. MARKETING RELAZIONALE PER UNA PICCOLA IMPRESA IMPIANTISTICA - IL CASO ENERGECO

Energeco è una micro impresa operante nel settore impiantistico e dei servizi finalizzati al razionale utilizzo dell'energia mediante fonti rinnovabili. Gestisce gli impianti nonché la produzione e la vendita di energia termica ed elettrica in qualità di ESCO (*Energy Saving Company*). Ha tra i suoi clienti amministrazioni pubbliche, scuole ecc..

Punti di forza dell'azienda sono il *know-how* e l'esperienza nella realizzazione e gestione di impianti energetici. Inoltre l'azienda è stata in grado di definire e portare avanti una strategia commerciale valida per gli enti pubblici di piccole dimensioni, in particolare i piccoli Comuni, basata sull'offerta di un pacchetto "chiavi in mano" di sostituzione dei vecchi e inefficienti impianti di riscaldamento con nuovi impianti ad alta efficienza energetica spalmando l'investimento del cliente e i costi di gestione e manutenzione in un piano di canoni annuali di servizio predeterminato. Il principale punto debole dell'azienda è la limitata capacità commerciale verso il settore privato.

Il progetto si propone di supportare Energeco in azioni commerciali verso i privati, con particolare attenzione ad amministratori condominiali e imprese, definendo la campagna promozionale *online* a basso costo, utilizzando

canali quali AdWords e la presenza su *social network* quali Facebook.

Il sito web sarà dotato di un *widget* che consentirà ai visitatori di simulare i risparmi di costo legati alle diverse tipologie di impianti che Energeco è in grado di fornire e, contestualmente, di richiedere un preventivo. Tecnicamente sia la realizzazione di una campagna di comunicazione *online*, sia la realizzazione del *widget* proposto per il sito web sono soluzioni molto semplici, ma in grado di dare risposta all'esigenza dell'impresa nel breve periodo.

3.3.6. OTTIMIZZARE IL COSTO DELLE TELECOMUNICAZIONI PER CLUSTER DI IMPRESE ALLEATE - IL CASO ANTEK

Antek è una piccola impresa tecnologica con sede a Mantova e numerose succursali di ricerca e sviluppo all'estero; Antek produce prodotti per telecomunicazioni, tra i quali router avanzati in grado di offrire all'utenza servizi a valore aggiunto, sia su rete fissa che su rete radio. L'azienda dispone di una propria piattaforma *hardware/software* sulla quale sviluppa diverse tipologie di apparati di telecomunicazioni a valore aggiunto che si rivolgono principalmente alla piccola/media impresa e all'utenza *retail*.

In questo ambito si è deciso di affrontare un tema di importanza strategica per Antek: la definizione di uno studio di fattibilità per la creazione di alleanze, su base territoriale, di gruppi di aziende (ma anche di singoli cittadini). Tali soggetti, organizzandosi in gruppi locali, potranno implementare una soluzione tecnologica di telecomunicazioni condivisa, che consentirà di abbattere significativamente i costi delle telecomunicazioni.

La creazione di piattaforme di telecomunicazioni condivise ed efficienti potrà permettere alle imprese e ai cittadini di avvalersi di telecomunicazioni flessibili e a basso costo, con la possibilità di fruire di servizi a valore aggiunto. Antek fornirà Hw e Sw di propria produzione. Presentiamo brevemente il progetto. Un gruppo di aziende, site nello stesso territorio (a distanza massima di qualche chilometro) predispongono una rete interaziendale "alleata". L'"azienda centrale", si connette tramite un router a valore aggiunto ad un insieme di operatori di telecomunicazioni. Il collegamento dell'azienda centrale con gli operatori può es-

sere realizzato tramite linee ADSL a costo molto basso. Tutte le aziende alleate (l'azienda centrale e le aziende periferiche) possono utilizzare in modo paritetico il collegamento con gli operatori che si dirama dall'azienda centrale (Figura 5).

Le aziende periferiche si connettono all'azienda centrale tramite collegamenti radio punto-punto (p2p nella Figura 5), realizzati con tecnologia fornita da Antek, ottenendo in tal modo l'accesso alle reti esterne (internet e telefoniche) senza addossarsi alcun costo ricorrente: l'unica voce di costo per il collegamento all'azienda centrale è il costo (basso) di acquisizione della tecnologia per la realizzazione del ponte radio punto-punto.

Tramite la soluzione proposta, i costi delle telecomunicazioni aziendali possono essere fortemente ridotti. Una linea ADSL è in grado di trasportare un elevatissimo numero di conversazioni telefoniche in modalità VoIP con costi ricorrenti piccolissimi, risultanti dai canoni di affitto molto ridotti delle linee ADSL. La tabella 1 esemplifica i risparmi potenziali.

4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI DI PROGETTO

Al termine delle attività di supporto alle imprese, la Direzione Generale Artigianato e Servizi ha intrapreso un processo di analisi del grado di soddisfazione dei servizi resi dai TEM alle imprese e del valore aggiunto percepito dai TEM nella relazione con le imprese e la loro percezione sulle risorse e capacità delle aziende di portare avanti i piani preparati nel corso del progetto.

L'analisi, condotta da Alintec – Alleanze per l'innovazione tecnologica, consorzio promosso dalla Fondazione Politecnico di Milano, Asolombarda e la Camera di Commercio di Milano - è stata realizzata secondo valutazioni di natura quantitativa e qualitativa. A tutte le imprese che hanno partecipato al progetto DINAMEETING, come a tutti i TEM incaricati, è stato sottoposto un questionario, contenente 19 elementi di indagine, ai quali i compilatori potevano rispondere secondo gradi di soddisfazione o secondo gradi di congruenza delle affermazioni presentate nei 19 elementi. Questi elementi sono raggruppabili in quattro aree, come segue:

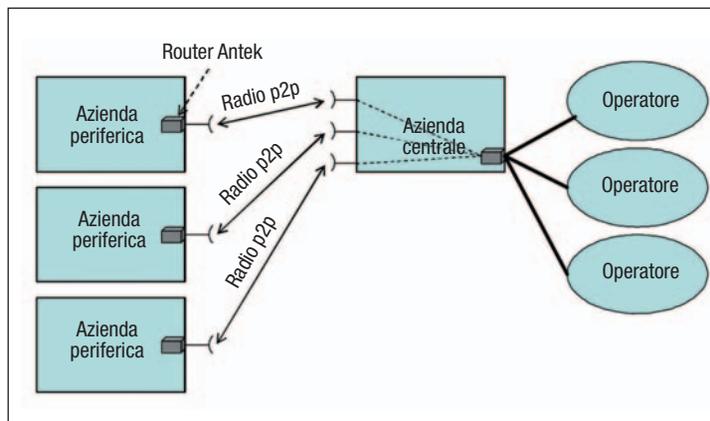


FIGURA 5

Schema di massima della "alleanza di aziende" per le telecomunicazioni

	Prima	Poi
Telefonia fissa canoni (selezione passante)	2.304	0
Telefonia cellulare	3.850	2.980
Accessi ad Internet	9.210	6.723
Servizi (web hosting, manutenzione hw sw)	6.200	2.400
	10.780	8.230
Totale per anno	32.344	20.333
Risparmio	12.011	37%

TABELLA 1

Valorizzazione dei vantaggi economici per una PMI in rete Antek (in €)

- 4 riguardanti il *business plan*: l'utilità che quest'ultimo svolge per l'azienda, il livello di raggiungimento degli obiettivi, il coinvolgimento degli addetti e la relazione tra aspettative e risultati del lavoro;
- 4 sulla possibilità di realizzazione del piano studiato: sulla dipendenza da risorse finanziarie pubbliche, sull'intervento con mezzi propri, sulla previsione dei tempi di avvio e sulla probabilità di interruzione del piano;
- 5 sulle attività svolte dalla controparte (i TEM per le imprese e viceversa), come le competenze, la disponibilità ecc.;
- 6 sull'efficacia del progetto DINAMEETING. Al termine del questionario è stato messo a disposizione uno spazio per suggerire alla Regione Lombardia possibili miglie apporabili a questo tipo di iniziative. Il questionario,

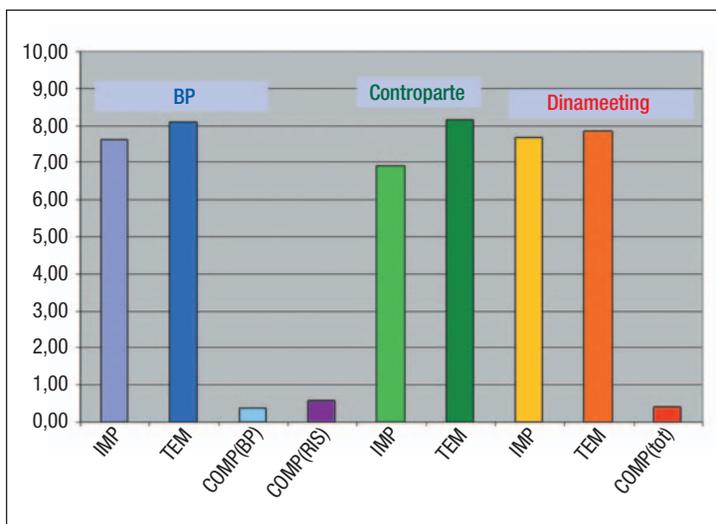


FIGURA 6
Analisi comparativa delle risposte al questionario da parte dei diversi attori, TEM e imprese

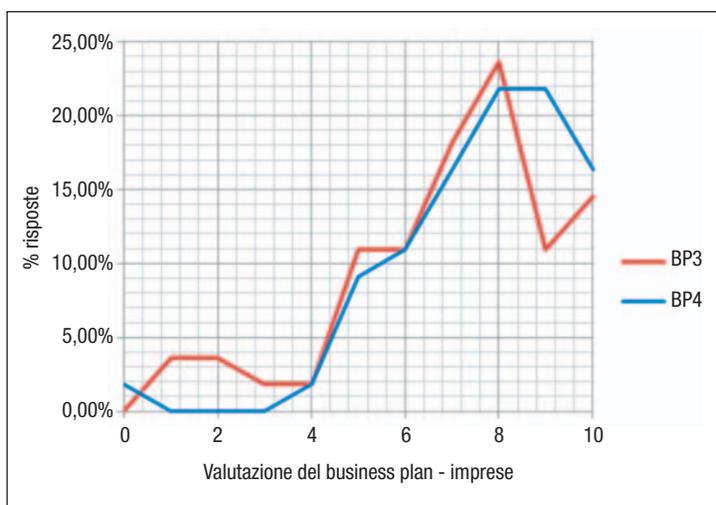


FIGURA 7
Valutazione del business plan da parte delle imprese intervistate

compilato da più del 75% dei soggetti coinvolti, ha mostrato un'ampia soddisfazione sul lavoro svolto e sulle risorse messe a disposizione per le aziende.

Il primo grafico che mostriamo nella figura 6 rappresenta:

□ nelle prime tre colonne a sinistra, un valore complessivo tra 1 e 10 per i valori rappresentati nei quattro elementi relativi al *business plan*

e un valore comparativo¹, quando le medesime domande sono state poste alle imprese oppure ai consulenti. Come si evince i valori medi dei quattro punti del primo elemento e l'inesistente discordanza tra le risposte, indica un alto grado di soddisfazione nella stesura del *business plan*;

□ la quarta colonna rappresenta il grado di discordanza tra TEM e aziende sulle effettive capacità delle imprese di portare a termine il piano preparato. In questo caso, dato che le affermazioni non sono cumulabili tra loro come giudizi, ma indicano le cause che possono influire sulla realizzazione del progetto, nel grafico non viene presentato un dato di media tra i valori; il dato viene trattato nuovamente più avanti in questo documento;

□ chiedendo agli attori coinvolti, quale fosse la percezione del lavoro svolto dalla controparte, la colonna quinta e la sesta mostrano che il giudizio è ancor ampiamente favorevole, con un leggero vantaggio per la qualità del lavoro svolto dai TEM;

□ anche nelle ultime tre colonne a destra, riguardanti l'impressione avuta su tutto il processo di lavoro di DINAMEETING, l'opinione espressa da imprese e TEM è positiva, definendo il progetto come molto utile, ben pianificato e condotto altrettanto bene.

Andando nel dettaglio per l'area BP, la figura 7 rappresenta le risposte alla terza BP3 e quarta domanda BP4 sul *business plan* da parte delle imprese, rispettivamente sul coinvolgimento dei dipendenti o dei collaboratori al progetto e, ancora più importante, sui risultati ottenuti rispetto alle aspettative. Entrambe dimostrano un discreto successo riscontrato dal programma, dato che l'impegno delle risorse interne è fondamentale per la riuscita del progetto.

Per quanto riguarda l'area delle risorse necessarie per avviare e portare avanti il programma studiato dal TEM e dall'impresa, è interessante confrontare la dipendenza che gli attori attribuiscono alla necessità di risorse pubbliche a sostegno del progetto, piuttosto che all'uso di mezzi propri. Percependo come importante

¹ Il valore comparativo "comp" è ottenuto per differenza: $Comp_n = VTem_{i,imp_j} - VImp_{j,TEM_i}$ dove n è l' n -esimo parametro, $VTem_{i,imp_j}$ è il parametro espresso dal consulente i rispetto all'impresa j , $VImp_{j,TEM_i}$ è il parametro espresso dall'impresa j rispetto al consulente i .

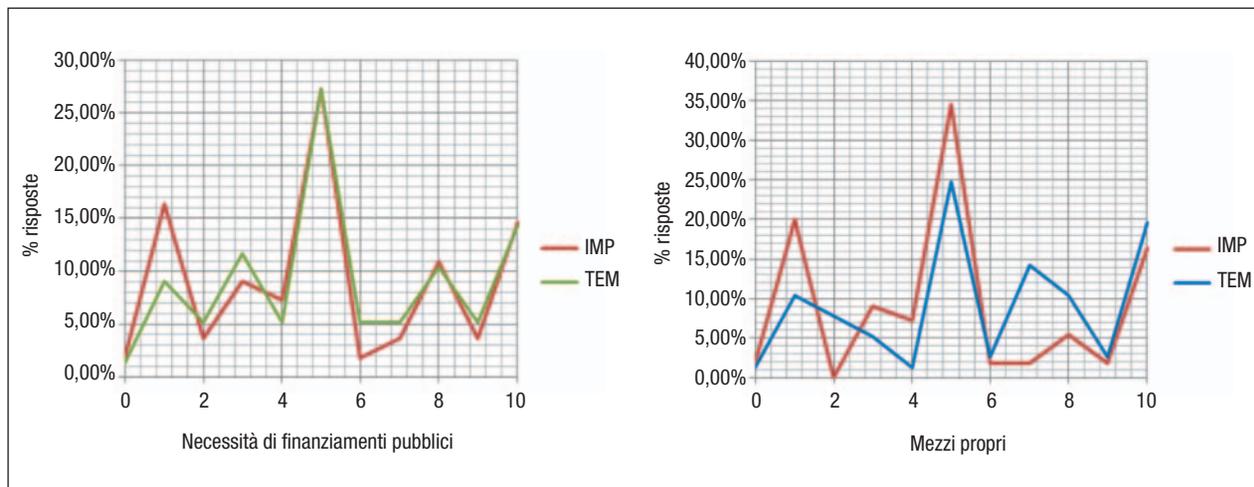


FIGURA 8

Valutazione delle risorse necessarie per la prosecuzione dei progetti

e ritagliato sulla propria realtà il programma, come si vede dai quattro andamenti nei due grafici della figura 8, molte imprese e TEM attribuiscono pari opportunità alle due fonti.

L'ultima domanda nell'area risorse è relativa alle cause possibili alla mancanza di realizzazione. A questa domanda non hanno risposto tutti gli utenti, per tanto sono state ricalcolate le percentuali di risposta escludendo il caso di mancata risposta, come riportato nella figura 9.

Nell'ultima area, con le domande sull'utilità e qualità del progetto DINAMEETING nel suo complesso, tra le sei domande abbiamo scelto di rappresentare nella figura 10 i grafici riguardanti la facilità da parte degli attori di delineare gli obiettivi del proprio programma e il rapporto con l'ente promotore CESTEC.

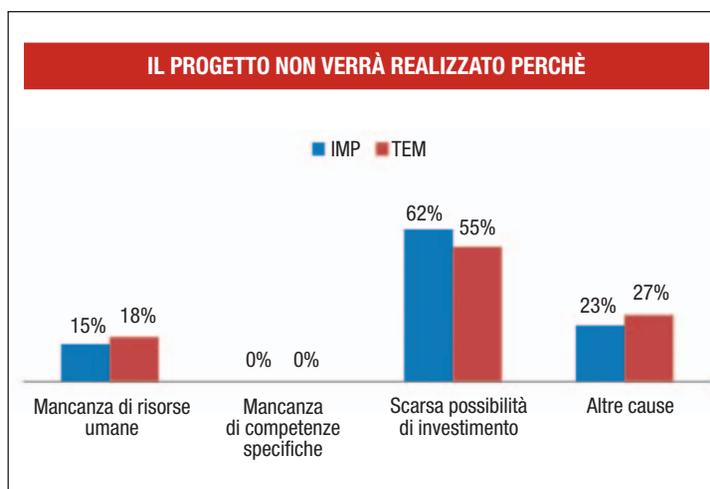


FIGURA 9

Motivazioni delle aziende che non intendono proseguire con le attività di progetto

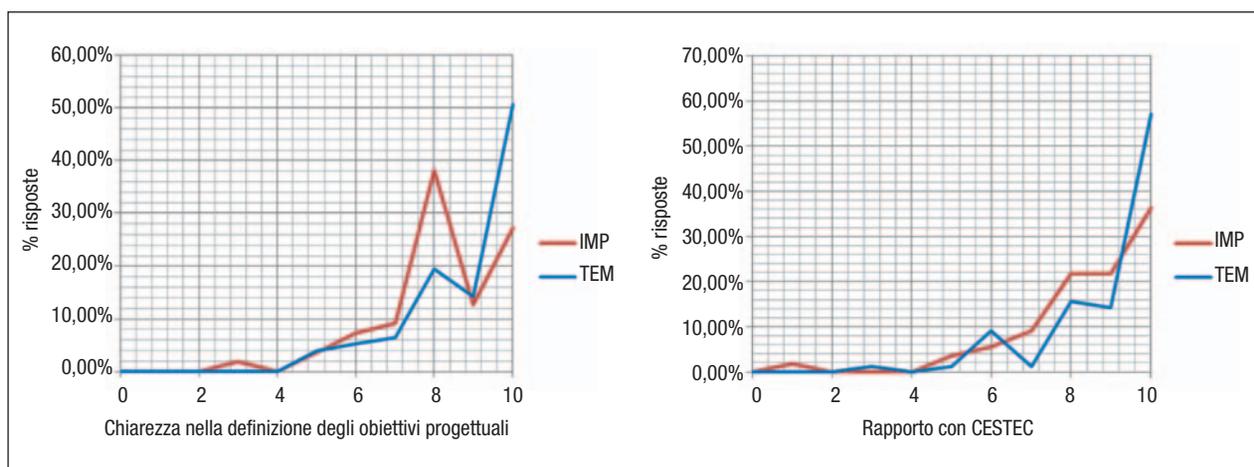


FIGURA 10

Valutazione complessiva del progetto da parte delle imprese partecipanti

Come si evince dalle percentuali di risposte con valori molto elevati e la quasi assenza di valori sotto il sei, si comprende facilmente il perché degli effetti positivi del progetto.

L'analisi quantitativa sarà seguita a breve da un colloquio diretto con un campione di TEM e di imprese, per meglio comprendere le criticità da affrontare e le azioni utili da intraprendere, in progetti simili a DINAMEETING.

5. CONCLUSIONI

Il progetto DINAMEETING si è concluso ufficialmente il 25 novembre 2009. Come già anticipato, vi è stata da parte dei partecipanti l'espressione di una grande soddisfazione per i risultati raggiunti. Si tratta però di un successo iniziale, poiché una parte rilevante delle azioni di miglioramento identificate è in fase di completamento e i benefici potranno produrre risultati di gran lunga più duraturi di quanto sinora sia possibile apprezzare, con prevedibili ricadute a medio termine sull'intero sistema.

Gli insegnamenti maturati da questa esperienza sono stati numerosi e relativi a diversi contesti; si evidenziano di seguito i principali.

1. I progetti ICT per loro natura hanno sempre una doppia componente:

- a.** a livello tecnologico, superabile in tempi brevi;
- b.** a livello organizzativo, che richiede tempi di assimilazione più lunghi.

2. DINAMEETING ha coinvolto solo una minoranza delle imprese ma ha consentito di apprezzare la flessibilità e l'efficacia del modello di intervento. Questo modello potrebbe essere riproposto da Regione Lombardia ad un numero allargato di soggetti economici, nei diversi settori.

3. La diffusione dell'innovazione nella piccola impresa, specie quando collocata in distretti industriali, avviene anche per emulazione. Il caso di successo conclamato può convincere anche i più scettici della bontà della tecnologia adottata.

4. La disponibilità di risorse umane preparate in grado di accompagnare l'impresa nel percorso di innovazione, sia come risorse consulenziali esterne, che internamente alle imprese per la gestione operativa del servizio, rappresenta un fattore critico per il successo.

La dimensione e le esigenze delle imprese rile-

vate nei partecipanti a DINAMEETING hanno trovato nel mercato un'ampia disponibilità di soluzioni tecnologiche *off the shelf*, con costi contenuti e possibilità di personalizzazione, anche molto spinta. Numerose imprese hanno scelto prodotti *Open Source*, riutilizzando architetture hardware preesistenti, limitando, per quanto possibile, gli investimenti richiesti.

L'Assessore regionale all'Artigianato e Servizi Domenico Zambetti, nell'evento di chiusura del progetto – tenutosi il 25 novembre a margine di Matching 2009 – ha manifestato soddisfazione per i risultati raggiunti e, ricordando il modello di accompagnamento basato anche e soprattutto sul confronto tra imprenditori, ne ha sottolineato l'originalità e l'innovatività, complimentandosi con tutti gli attori coinvolti nel progetto.

Visti i risultati e, considerato che un numero significativo di piccole imprese venute a conoscenza del progetto ha manifestato consenso all'iniziativa, è in via di definizione la seconda edizione del progetto che destinerà una parte delle risorse alla realizzazione dei progetti già disponibili, coinvolgendo le imprese che più si sono distinte, durante la prima edizione, nel percorso di affiancamento delle nuove beneficiarie.

I TEM selezionati, sia liberi professionisti che di provenienza accademica, si sono relazionati con l'imprenditore e i suoi collaboratori limitatamente alla durata del progetto. Per alcuni la consulenza si trasformerà in un rapporto di tipo continuativo, che non potrà comunque sostituire la necessità delle figure professionali preposte alla gestione. Si sono create nuove opportunità occupazionali per tecnici e specialisti chiamati a garantire il supporto operativo alla soluzione tecnologica implementata. Spazio quindi per l'inserimento di nuovi profili, di solito non presenti nell'organico di imprese manifatturiere tradizionali, oggi reperibili con facilità in considerazione della domanda di lavoro che caratterizza questa fase congiunturale.

Per alcuni ricercatori inoltre, il confronto con la piccola impresa, è stato un'esperienza molto positiva, confermando la possibilità di trasferimento tecnologico - con le opportune semplificazioni - dei risultati della propria attività ricerca. Sperimentando così la possibilità di impiego e utilizzo della conoscenza ad un maggior

numero di soggetti economici; conoscenza spesso circoscritta a grandi imprese o confinata in dotte pubblicazioni per addetti ai lavori. Lo scopo del progetto: supportare le imprese nello sviluppo mediante l'uso di tecnologie ICT, è stato raggiunto, con risultati che hanno finito per coinvolgere tutti gli aspetti gestionali delle imprese partecipanti e ritorni che produrranno benefici duraturi nel medio-lungo termine.

Per i promotori, questa fase sperimentale ha dimostrato la bontà di un nuovo approccio nel sostegno all'innovazione d'impresa, erogando - in aggiunta alle risorse economiche - in modo continuativo supporto tecnico e consulenziale. Il modello inoltre può essere trasferito ad altri settori, è complementare a strumenti di finanza agevolata tradizionali e potrà essere ulteriormente rafforzato dalla possibilità di agevolare l'inserimento in azienda di nuovi professionisti ICT, con un processo di

learning by doing e transfer by heads. I citati modelli di trasferimento sono stati a lungo teorizzati in letteratura. DINAMEETING nel concreto ha dimostrato la piena applicabilità, anche alle piccole e micro imprese lombarde.

Bibliografia

- [1] Origlia M.: Progetto Dinameeting per diffondere l'ICT: imprese modello fanno scuola. *Il Sole 24 Ore Lombardia*, 22 ottobre 2008.
- [2] Barbagallo D.: ICT e Innovazione d'Impresa - Il web marketing nell'era 2.0. *Mondo Digitale*, anno VII, n. 4, dicembre 2008, p. 80-86.
- [3] Restelli D., Sciuto D.: Un approccio mobile nel settore della distribuzione alimentare. *Mondo Digitale*, anno VII, n. 2, giugno 2008, p. 61-68.
- [4] Merlo F.: Green IT: Efficienza nei consumi energetici dei data center - Il caso Seeweb. *Mondo Digitale*, anno VIII, n. 3, settembre 2009, p. 72-78.

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

GIANCARLO RAFFALDI, consulente direzionale con articolata esperienza gestionale ed operativa nel settore manifatturiero e dei servizi, collabora con società pubbliche e private, istituzioni e finanziarie regionali a progetti di trasferimento tecnologico e finanza agevolata. In passato ha diretto centri innovazione ed incubatori di imprese. Professore a contratto presso la Facoltà di Scienze dell'Università dell'Insubria, CdL Biotecnologie, Informatica. E-mail: giancarlo.raffaldi@alice.it

PAOLO VERCESI è nato a Milano dove vive e lavora. Laureatosi in Ingegneria Aerospaziale al Politecnico, ha studiato al MIP, alla Harvard Business School, alla MIT Sloan Management e alla Shanghai University. Ha mantenuto uno stretto rapporto di collaborazione con l'Ateneo milanese dove attualmente è docente incaricato di Fisica Tecnica. È responsabile dell'Area Servizi alle Imprese di Alintec, il più importante consorzio di trasferimento tecnologico di Milano. Ha svolto e porta avanti un intenso programma di consulenze nei settori del risparmio energetico e dell'innovazione tecnologica con aziende private e istituzioni. Collabora con la Fondazione Rosselli in progetti nazionali ed europei sul foresight strategico e sulla valutazione dell'impatto delle tecnologie emergenti sui sistemi industriali. È membro della Commissione Innovazione dell'Ordine degli Ingegneri di Milano e consigliere della sezione lombarda di AIDAA. È stato amministratore delegato della società di ricerca GPSAeroborne e dal 2006 direttore della società Cape Code Ltd.

E-mail: paolo.vercesi@alintec.it

IL COMPUTER VIVENTE CALCOLO MOLECOLARE E CELLULARE

L'hardware dei calcolatori attuali è basato su circuiti elettronici le cui dimensioni si sono rapidamente ridotte, seguendo la "legge di Moore", ma questo trend si scontra ormai con limiti fisici che sembra molto difficile superare, mantenendo lo stesso paradigma di computazione. Per questo si stanno studiando e sperimentando modelli alternativi, in cui il supporto fisico per il calcolo non è più il silicio, ma sono biomolecole, cellule, batteri, con una ricerca interdisciplinare che coinvolge informatici, matematici, biologi, e anche medici, per le possibili applicazioni alla nanomedicina.

"Biology and computer science — life and computation — are related. I am confident that at their interface great discoveries await those who seek them."

Leonard Adleman

1. TRA INFORMATICA E BIOLOGIA

Se il '900 è stato il secolo della fisica e dell'informatica, il 2000 promette di essere il secolo dell'informatica e della biologia (o più in generale delle scienze della vita). È infatti in atto una convergenza tra queste due discipline che vede da un lato l'informatica offrire alla biologia strumenti per gestire e analizzare la crescente massa di dati prodotti grazie a tecnologie come i sequenziatori di DNA o i *microarrays*, che permettono di verificare e confrontare il livello di espressione di migliaia di geni, dall'altro la biologia offrire all'informatica metafore e strumenti per nuovi paradigmi di calcolo, come le reti neurali, gli algoritmi genetici, ormai ben noti e sviluppati anche

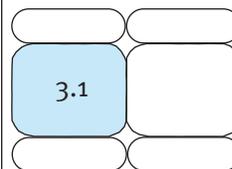
in senso applicativo, o il calcolo molecolare basato sul DNA, sulle cellule, sui batteri. Questo articolo si propone di introdurre le principali linee di ricerca e le prospettive del calcolo molecolare, a partire dalle prime idee di Feynman [10] e dalla loro prima concretizzazione effettiva, con l'esperimento di Adleman, ampiamente descritto nel terzo paragrafo. Una discussione sulle difficoltà presentate dall'approccio di Adleman è poi il punto di partenza per presentare gli sviluppi più recenti, che puntano a progettare automi a stati finiti costituiti da una singola molecola in grado ad esempio di rilevare lo stato di salute delle cellule in cui vengono collocati, o ad usare cellule (viventi o artificiali) o colonie di batteri per elaborare informazione in modo controllato.

2. VERSO IL CALCOLO MOLECOLARE

Alla fine degli anni '50 del secolo scorso, quando i computer occupavano ancora intere stanze, il fisico Richard Feynman già intuì



Giancarlo Mauri





va le potenzialità dei sistemi biologici come manipolatori d'informazione su scala molecolare, e prefigurava la costruzione di computer sub-microscopici, basati su cellule viventi e complessi molecolari:

“Le cellule sono straordinariamente piccole, ma sono molto attive: trasformano varie sostanze, si spostano, si agitano e fanno altre cose meravigliose, tutte su una scala molto piccola. Ma anche, memorizzano e usano informazione. Si consideri la possibilità che anche noi riusciamo a realizzare un oggetto molto piccolo che faccia ciò che vogliamo – che possiamo costruire un dispositivo che operi a quel livello!” [10].

L'idea di un computer molecolare viene ripresa da Vaintsvaig e Liberman nel 1973 [26], e ulteriormente sviluppata da Conrad, che svolge ricerche approfondite sulla pos-

sibilità di elaborare informazioni con macromolecole, come le proteine [7].

Un significativo passo avanti, anche se solo teorico, è dovuto a Tom Head, che nel 1987 definisce i **sistemi di accoppiamento (splitting systems)**, un modello matematico che formalizza l'azione degli enzimi di restrizione sul DNA (riquadro 1) in termini di operazioni su linguaggi formali [14].

Un enzima di restrizione è una proteina che taglia una doppia elica di DNA in corrispondenza di particolari sottosequenze, specifiche per ogni enzima.

Per esempio, i due enzimi *TaqI* e *SciNI* tagliano il DNA in corrispondenza, rispettivamente, delle sottosequenze:

5' TCGA3' e 5' GCGC3'
3' AGCT5' 3' CGCG5'

RIQUADRO 1 - La struttura del DNA

Il DNA è il depositario dell'informazione genetica nelle cellule viventi, ed è costituito da due filamenti che corrono parallelamente, formando una struttura spaziale a doppia elica. Ciascun filamento è una sequenza di **nucleotidi** di quattro diversi tipi, ciascuno dei quali è formato da uno zucchero (desossiribosio) cui sono legati un gruppo fosfato e una base azotata. Ogni nucleotide ha due estremità libere, indicate rispettivamente con 3' e 5' (corrispondono al terzo e al quinto dei cinque atomi di carbonio del desossiribosio) che gli consentono di legarsi ad altri nucleotidi (3' si lega con 5'), formando in tal modo la struttura portante centrale (*backbone*) del filamento. I nucleotidi differiscono l'uno dall'altro solo per la base azotata, che può essere **adenina, guanina, citosina o timina** (indicate rispettivamente con le lettere A, G, C e T). Una sequenza singola di DNA può quindi essere vista come una parola su un alfabeto di quattro lettere {A,C,G,T}, orientata per convenzione da 5' a 3'.

Una proprietà fondamentale dei nucleotidi è la **complementarità di Watson-Crick**: A è complementare a T, G è complementare a C, e due catene singole di DNA con orientamento opposto si legano tra loro grazie a legami a idrogeno tra basi complementari. In questo modo, formano una doppia elica stabile, con le catene di desossiribosio all'esterno e le coppie di basi legate all'interno (Figura A). Per esempio, la sequenza 5' -GGGGAA-3' si legherà con 5'-TTCCCC-3', formando la doppia elica

5' - GGGGAA - 3'
3' - CCCCTT - 5'

Sulle sequenze di DNA si possono eseguire diverse operazioni di modifica, attraverso l'azione di specifici enzimi. Le operazioni più interessanti per le applicazioni al calcolo sono:

Sintesi di una specifica sequenza.

Annealing (accoppiamento): due sequenze singole complementari si legano, formando una doppia elica.

Melting: una doppia elica si scinde nelle due sequenze componenti (per esempio, per riscaldamento).

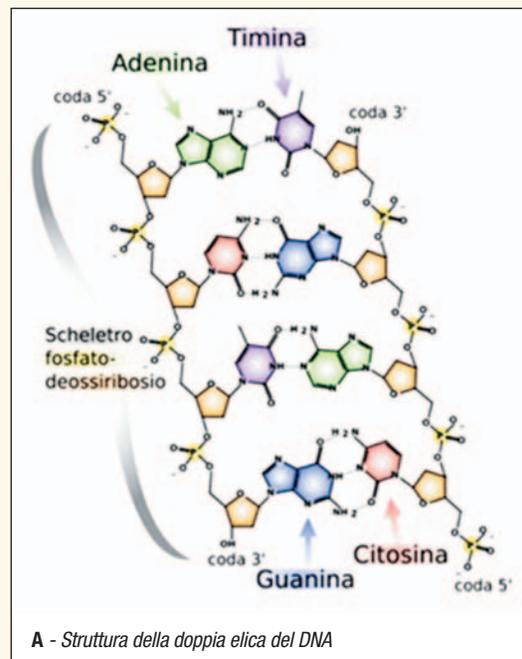
Amplificazione con *PCR*: permette di produrre più copie di una sequenza data.

Separazione di sequenze sulla base della loro lunghezza.

Estrazione delle sequenze che contengono (o non contengono) una data sottosequenza.

Taglio: grazie agli enzimi di restrizione, è possibile tagliare sequenze doppie di DNA in corrispondenza di particolari siti, detti siti di restrizione; ogni enzima riconosce univocamente un sito specifico, in cui opera il taglio.

L'RNA è un'altra molecola fondamentale per i processi cellulari, e in particolare ha la funzione di rendere disponibile l'informazione codificata nel DNA per sintetizzare proteine. Rispetto al DNA, si presenta in catene singole il cui scheletro è formato da molecole di ribosio anziché di desossiribosio, cui si legano le basi A, C, G, mentre la timina (T) è sostituita dall'uracile (U).



Se consideriamo le due sequenze doppie:

5' CCCC**TCGA**CCCC3'
 3' GGGG**AGCT**GGGG5'
 e
 5' AAAA**GCGC**AAAA3'
 3' TTTT**CGCG**TTTT5'

queste verranno tagliate dagli enzimi, producendo quattro nuove sequenze, con gli estremi non allineati:

5' CCCC**T**CGACCCC3' 5' AAAA**G**CGCAAAA3'
 3' GGGG**AGC**TGGGG5' 3' TTTT**TCGC**TTTT5'

Si noti che le due basi libere della prima sequenza (G e C) sono complementari alle basi libere dell'ultima (C e G), e lo stesso accade per la seconda e la terza sequenza. La aggiunta di ligasi, l'enzima che induce la formazione di legami tra basi complementari, a questo punto può dare come risultato la formazione di due sequenze con le parti scambiate, rispetto a quelle di partenza:

5' CCCC**TCGC**AAAA3' 5' AAAA**GCGA**CCCC3'
 3' GGGG**AGCG**TTTT5' 3' TTTT**TCGC**TGGGG5'

Questo meccanismo di ricombinazione del DNA è alla base delle biotecnologie, perché consente di modificare il materiale genetico in modo controllato.

Dal punto di vista dell'informatica possiamo leggerlo in un altro modo: ogni sequenza di DNA rappresenta dati codificati con un alfabeto di quattro lettere, e l'azione di un enzima di restrizione corrisponde ad una operazione effettuata su questi dati. Partendo da queste basi, Head ha sviluppato un modello formale di computazione che, a grandi linee, funziona come segue:

1. si assegnano un insieme iniziale D_0 di parole sull'alfabeto di quattro lettere $\Sigma = \{A, T, G, C\}$, che rappresentano i dati di ingresso, e un insieme di operazioni di ricombinazione della forma $a\#b\$\#d$, dove anche a, b, c, d sono parole su Σ ;
2. si applicano le regole in questo modo: se D_0 contiene le parole w_1abw_2 e v_1cdv_2 , l'operazione $a\#b\$\#d$ le taglia e le ricombina, producendo le parole w_1adv_2 e v_1cbw_2 ;
3. si ottiene così un nuovo insieme D_1 su cui si ripete il procedimento, e così via, fino ad

ottenere un insieme D_k che non può più essere trasformato.

Scegliendo opportunamente i dati iniziali e le regole di trasformazione, è possibile definire sistemi di splicing equivalenti come potenza computazionale a macchine che stanno ai diversi livelli di potenza nella gerarchia dei modelli di computazione tradizionali, dagli automi a stati finiti alle macchine di Turing [14]. Fin qui abbiamo idee interessanti, e risultati teorici promettenti per quanto riguarda la possibilità di usare sequenze di DNA per codificare informazioni ed enzimi per simulare computazioni, ma manca ancora una prova di realizzabilità pratica, che arriverà solo con l'esperimento di Leonard Adleman nel 1994 [1].

3. L'ESPERIMENTO DI ADLEMAN

È noto che i problemi di elaborazione dell'informazione possono essere classificati in base alla loro "complessità computazionale", cioè alla quantità di risorse (tipicamente tempo di calcolo) necessarie per risolverli, in funzione della dimensione dei dati di input. I problemi **NP-completi** (riquadro 2) sono tra i

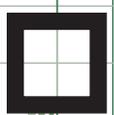
RIQUADRO 2 - Problemi P, NP e NP-completi

Un problema di elaborazione dati è detto di tipo **P** (*Polinomiale*) se può essere risolto con un algoritmo il cui "tempo di esecuzione" cresce al più come un polinomio di grado k fissato rispetto al numero n di bit necessari per codificare l'input. I problemi in **P** sono considerati "feasible", o effettivamente risolvibili, nel senso che anche per dati di dimensioni notevoli il risultato può essere ottenuto in tempi ragionevoli, mentre problemi non in **P**, pur teoricamente risolvibili in modo algoritmico, non lo sono in pratica, dato che per input di dimensioni realistiche trovare una soluzione esatta richiederebbe tempi di calcolo che raggiungono rapidamente i miliardi di anni (e poco importa la potenza della macchina utilizzata).

Tra i problemi che le nostre conoscenze attuali non ci consentono di collocare in **P** (algoritmi polinomiali per questi problemi non sono stati trovati finora, ma potrebbero essere trovati in futuro), hanno particolare importanza i problemi **NP**. Un problema appartiene alla classe **NP** (*Polinomiale Non-deterministico*) se esiste un algoritmo che permette in tempo polinomiale di verificare se una particolare soluzione, scelta (magari da un indovino) tra un numero di soluzioni possibili che cresce in modo esponenziale è effettivamente una soluzione.

La classe **NP** contiene molti problemi di grande interesse applicativo, come il "problema del commesso viaggiatore" o il "problema dello zaino", e rappresenta il limite della nostra capacità di risolvere in pratica problemi algoritmici. Ovviamente **P** è incluso in **NP**; resta da stabilire se vale anche il viceversa, ovvero se le due classi coincidono: questo è noto come problema "**P = NP?**", ed è il più importante problema aperto nell'informatica teorica.

Purtroppo oltre quarant'anni di ricerche hanno portato alla convinzione generalizzata, anche se non alla dimostrazione, che valga invece **P ≠ NP**, cioè che ci siano problemi in **NP** non risolvibili in tempo polinomiale, come i problemi **NP-completi**, che sono i più difficili tra i problemi in **NP**.



più difficili e tra questi Adleman ha scelto il Problema del Cammino Hamiltoniano Diretto (DHPP), analogo al Problema del Commesso Viaggiatore (TSP):

dato un grafo orientato G con due vertici specifici "Partenza" (P) e "Arrivo" (A), stabilire se in esso esiste un *cammino hamiltoniano*, cioè un cammino da P ad A che passa una ed una sola volta per ciascuno degli altri vertici.

Nel lavoro pubblicato su Science [1], Adleman mostra come sia possibile risolvere una piccola istanza di DHPP, rappresentata dal grafo

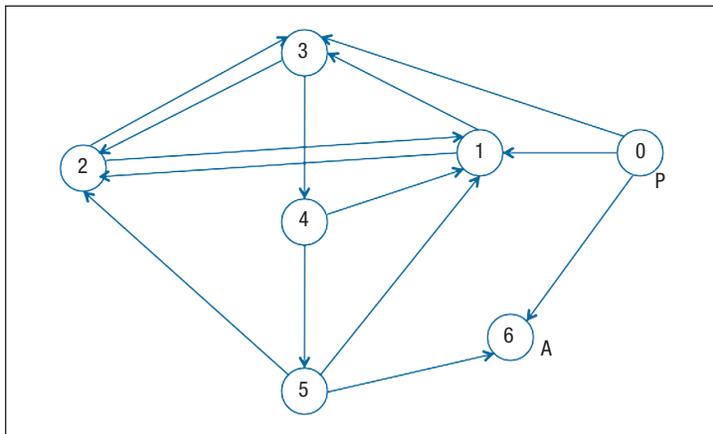


FIGURA 1
Il grafo dell'esperimento di Adleman

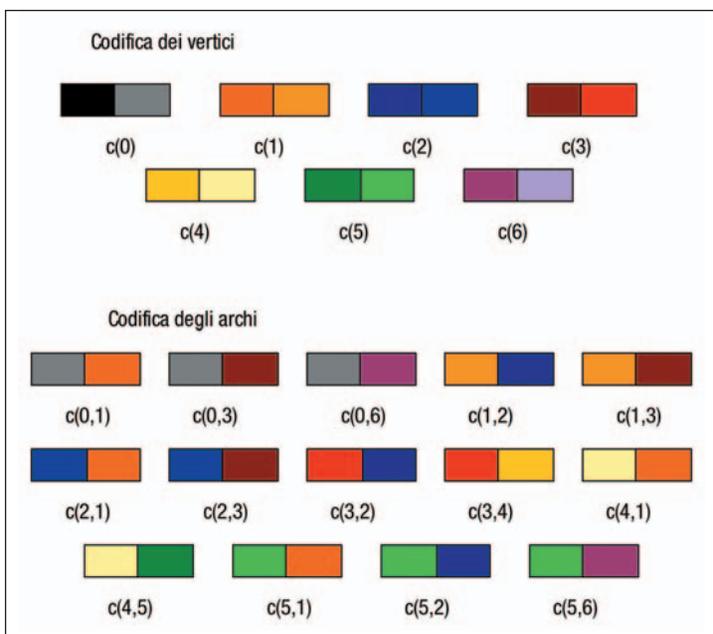


FIGURA 2
La codifica del grafo nell'esperimento di Adleman

nella figura 1, manipolando in laboratorio molecole di DNA.

L'idea di base è semplice: si tratta di codificare opportunamente i dati con biomolecole (DNA in questo esperimento, ma potrebbero essere anche RNA o proteine) anziché con sequenze di cifre binarie, e manipolare queste molecole usando tecniche comunemente disponibili nei laboratori di biologia molecolare, così da simulare operazioni che selezionano la soluzione del problema, se esiste.

L'algoritmo molecolare di Adleman si sviluppa nei seguenti passi:

1. Codifica del grafo.

Un vertice n viene codificato con una sequenza $c(n)$ di 20 nucleotidi, indicati con le lettere A, C, G, T, generata casualmente. Per esempio, possiamo porre:

$c(1) = \text{AATTGTGCGAAATTCGGAA}$
 $c(2) = \text{CCGTTAAGGCTATAAGGGTA}$

Un arco da n a m , che indicheremo con (n, m) , viene codificato con una sequenza di 20 nucleotidi ottenuta concatenando la seconda metà di $c(n)$ con la prima metà di $c(m)$. Nel nostro esempio avremo:

$c(1, 2) = \text{AATTCCGGAACCGTTAAGGC}$

Nella figura 2 è illustrata graficamente la codifica del grafo di figura 1, usando colori diversi per rappresentare le codifiche dei vertici, suddivise in due metà, e le conseguenti codifiche degli archi.

2. Generazione di percorsi sul grafo.

50 pmol (circa $3 \cdot 10^{13}$ molecole) di ciascuna delle sequenze codificanti gli archi vengono messe in soluzione con la stessa quantità di sequenze complementari alle codifiche dei vertici, in condizioni di reazione. In tal modo, ogni vertice "aggancia" due archi in parte complementari a ciascuna delle sue due metà, e così via, formando per ligasi molecole doppie che rappresentano cammini orientati nel grafo. Nella figura 3 sono rappresentati un cammino non hamiltoniano e uno hamiltoniano.

3. Amplificazione dei cammini che iniziano con il nodo P e terminano nel nodo A.

Usando la tecnica PCR (*Polimerase Chain Reaction* – vedi Nomenclatura), i cammini che iniziano con P e terminano con A vengo-

no enormemente amplificati, così da rendere trascurabile la percentuale degli altri cammini presenti in soluzione.

4. Selezione dei cammini che passano esattamente per sette vertici.

Questi cammini sono formati da 140 nucleotidi, e possono essere selezionati immergendo la soluzione ottenuta al passo precedente in un gel di agarosio sottoposto ad un campo elettrico. La diversa velocità di spostamento consente di isolare le molecole il cui peso molecolare corrisponde a 140 nucleotidi, eliminando le più corte e le più lunghe.

5. Selezione dei percorsi che passano per n vertici differenti.

Questo passo si basa sulla purificazione per affinità: con questa tecnica si comincia a selezionare le sequenze che contengono per esempio, il vertice 2, e si continua la selezione sui frammenti rimasti ripetendo il procedimento per tutti i vertici del grafo. In questo modo si è sicuri che il risultato finale sarà costituito dai soli frammenti che contengono una e una sola volta le sequenze codificanti ogni vertice.

6. Lettura del risultato.

Ancora con PCR, si amplificano le eventuali molecole rimaste, che codificano cammini hamiltoniani nel grafo.

4. I LIMITI DEL CALCOLO BASATO SUL DNA

La caratteristica principale del processo di calcolo sopra descritto è il suo altissimo parallelismo: la costruzione dei cammini nel grafo (passo 2), che è il passo di calcolo vero e proprio, è ottenuta attraverso un numero di reazioni chimiche dell'ordine del numero di molecole di DNA presenti, che avvengono in parallelo, come se fossero realizzate da altrettanti processori. La velocità effettiva è di circa 1.2×10^{18} operazioni al secondo, cioè oltre un milione di volte superiore a quella dei più potenti supercomputer. Altri notevoli vantaggi teorici rispetto ai dispositivi elettronici tradizionali sono l'efficienza energetica, dato che un Joule basta per $2 \cdot 10^{19}$ operazioni contro 10^9 , e l'altissima densità di informazione, pari a circa 1 bit per nanometro cubo, mentre i dispositivi di memorizzazione attuali arrivano a 1 bit per 10^{10} nm³. Ma queste sono, appunto, valutazioni teoriche, ricavate sulla ba-

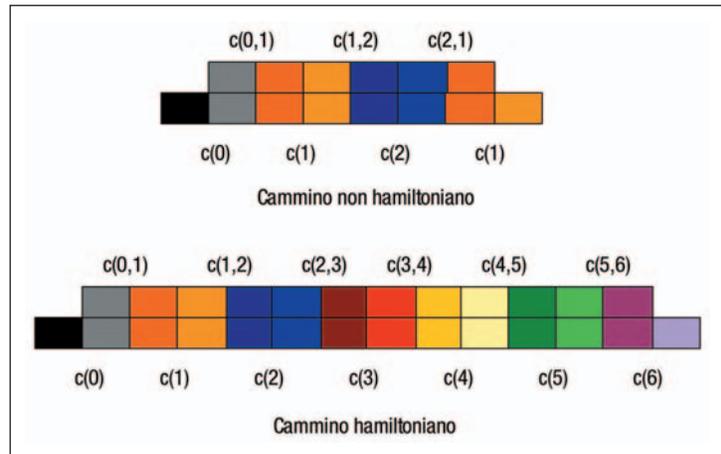


FIGURA 3
Esempi di cammini generati

se della soluzione di una istanza molto semplice di DHPP. In realtà, l'approccio di Adleman presenta molti limiti, sia teorici che pratici, e le difficoltà da superare prima di arrivare a sfruttare in pratica e su problemi significativi i principi dimostrati da Adleman sono ancora moltissime.

I problemi teorici riguardano anzitutto la versatilità dei computer basati sul DNA e la loro capacità di trattare efficientemente un'ampia varietà di problemi computazionali. Infatti la procedura sopra descritta non corrisponde ad un modello di calcolo generale, ma è specifica per DHPP. Le domande che un informatico teorico si pone a questo punto sono due:

1. Il modello di calcolo basato sul DNA è computazionalmente completo nel senso che qualunque funzione computabile può essere calcolata attraverso manipolazioni del DNA?
2. Esiste un sistema di calcolo universale basato sul DNA, cioè un sistema che, data la codifica di una qualunque funzione computabile (in altre parole, un programma) sia in grado di calcolarla (cioè di eseguire il programma) per qualunque argomento?

Una prima generalizzazione è stata proposta da Lipton [17], che ha definito un modello formale di calcolo molecolare applicabile a tutti i problemi NP-completi. Il principale contributo di Lipton consiste in un metodo uniforme per codificare sequenze binarie arbitrarie con sequenze di DNA e in una sorta di linguaggio di programmazione per computer molecolari basato sulle operazioni **merge** (mettere nella stessa soluzione molecole che codificano dati diversi), **separate** (separare molecole che contengono o non contengono particolari sot-

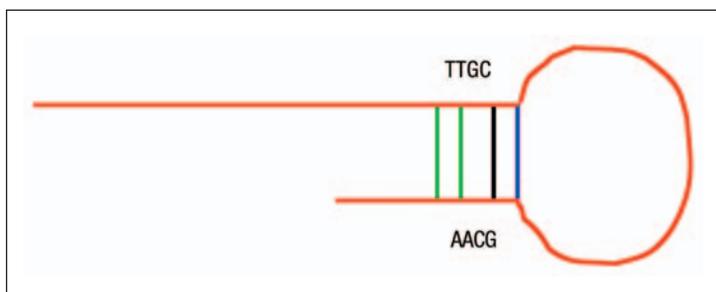


FIGURA 4

Auto-accoppiamento di una sequenza singola di DNA

tosequenze), **detect** (leggere l'output verificando quali molecole sono presenti nella soluzione finale). Sono poi stati proposti altri modelli teorici di calcolo basato sul DNA e ne sono state studiate le proprietà e la potenza computazionale, mostrando che diversi insiemi di bio-operazioni raggiungono la potenza delle macchine di Turing. Questi risultati (oltre ai risultati di Head [14] già citati) provano che computer molecolari "general purpose" sono in linea di principio realizzabili.

I problemi pratici riguardano soprattutto la scalabilità dell'approccio e la sua precisione. Infatti il procedimento funziona perché l'istanza di DHPP considerata è molto piccola. Per istanze di dimensioni significative per le applicazioni la situazione è ben diversa. Per esempio, si è stimato che per un grafo con 200 nodi, per rappresentare tutti i possibili cammini occorrerebbe un numero di molecole di DNA la cui massa supererebbe quella della terra: la crescita esponenziale non perdona!

Inoltre, le reazioni chimiche che realizzano la computazione, oltre ad essere sensibili all'ambiente (temperatura, acidità), presentano un certo margine di errore che, se pur ridotto, deve essere preso in considerazione. Visti i numeri in gioco ($2^{13} - 2^{14}$ molecole già per istanze molto semplici), una percentuale di un errore su un milione si traduce in un numero totale di errori tra i dieci e i cento milioni! I rischi di errore aumentano all'aumentare della lunghezza delle sequenze di codifica, perché sequenze molto lunghe potrebbero contenere sottosequenze tra loro complementari, che si legano tra loro rendendo così inutilizzabile la molecola ai fini del calcolo (è l'equivalente del *default* di un processore), come nell'esempio riportato nella figura 4.

Per questo motivo è importante realizzare librerie di sequenze di DNA progettate in modo da ridurre questo rischio, al cui interno scegliere le sequenze di codifica [9].

Infine, anche se il passo di calcolo vero e proprio, il passo 2, avviene in tempo brevissimo grazie al parallelismo, tutte le operazioni collaterali, per la codifica dei dati, il loro inserimento (che significa mettere molecole di DNA in soluzione in una provetta), la lettura dei risultati sono molto lente, con tempi dell'ordine della settimana, e non sembra si possano significativamente migliorare, anche se sono stati fatti tentativi per automatizzare le computazioni molecolari usando, per esempio, la microfluidica.

Sempre per superare queste difficoltà, si è sperimentato l'uso di molecole alternative al DNA, come l'RNA (acido ribonucleico) o le proteine, che hanno maggior flessibilità strutturale e funzionale, oppure si sono fatti esperimenti col DNA bloccato su una superficie anziché in soluzione, senza però arrivare a risultati decisivi.

Una descrizione dettagliata dell'esperimento di Adleman è stata pubblicata su Mondo Digitale nel 2006 [18]. Per una trattazione approfondita del calcolo basato sul DNA ci si può riferire al libro di Amos [2] o alla rassegna di Lila Kari [15].

5. OLTRE L'ESPERIMENTO DI ADLEMAN

Ovviamente la ricerca successiva ha portato a notevoli miglioramenti rispetto all'esperimento di Adleman, che hanno consentito di trattare con successo problemi più sofisticati, come una istanza del problema 3-SAT con 20 variabili, o la rottura del sistema crittografico DES. Tuttavia è opinione comune tra i ricercatori che non sono i problemi NP-completi il terreno su cui il calcolo basato sul DNA può competere con la tecnologia basata sul silicio:

"È stupido tentare di predire il futuro della tecnologia, ma può essere che l'applicazione ideale del calcolo basato sul DNA non sia la soluzione di grandi problemi NP completi" [20].

Ciò non significa che sia tutto da buttare. Al contrario, pur con tutti i suoi limiti, l'esperimento di Adleman ha rappresentato un fortissimo stimolo per la ricerca sul calcolo moleco-

lare, ed ha aperto prospettive interessanti soprattutto in connessione con le nanoscienze, fornendo un punto di vista computazionale su molti loro aspetti, tra cui l'autoassemblaggio delle nanostrutture, e con la biologia e la medicina, con potenziali applicazioni al progetto di farmaci intelligenti. Gli orizzonti della ricerca sul calcolo molecolare si sono così enormemente allargati, dando origine ad una nuova disciplina a cavallo tra matematica, informatica, biologia e nanoscienze che punta a capire il ruolo dell'informazione e della sua manipolazione nei processi naturali: ruolo che, riprendendo una idea avanzata da Zuse e Fredkin nel 1960, potrebbe essere ancor più fondamentale di quello della materia e dell'energia. La tesi di Zuse e Fredkin sosteneva che l'intero universo è un qualche tipo di dispositivo computazionale, una sorta di gigantesco automa cellulare che continuamente aggiorna le sue regole; più recentemente, si è ipotizzato che l'universo sia un computer quantistico che calcola se stesso e il suo comportamento.

In questi scenari, l'attenzione non è tanto sul calcolo, quanto sulla capacità di controllo a livello molecolare. La **programmazione molecolare** si propone di definire una metodologia di programmazione sistematica per controllare le reazioni chimiche tra biomolecole, in modo da poter costruire nanostrutture biochimiche progettate a tavolino.

6. NANOMACCHINE BASATE SUL DNA

Il DNA, grazie alla specificità delle interazioni tra nucleotidi complementari, è il materiale ideale per queste costruzioni, e le interazioni tra sequenze corte di DNA possono essere controllate in modo affidabile attraverso la progettazione della sequenza di basi. Nell'ultimo decennio, gli esperimenti di costruzione di nanostrutture e nanomacchine basate sul DNA sono stati numerosissimi; una interessante rassegna è riportata in [5].

Uno dei più attivi ricercatori in questo settore è Ned Seeman, che nel suo laboratorio ha sintetizzato straordinarie strutture di DNA autoassemblate come cubi, ottaedri troncati, cristalli bi- e tri-dimensionali di DNA [25]. Altri ricercatori hanno realizzato triangoli di Sierpinski [23], o nanostrutture complesse in grado

di eseguire calcoli come il conteggio di stringhe binarie o lo XOR bit a bit [19]. Un modo per sfruttare questo controllo architetture straordinariamente preciso è l'uso di modelli di DNA autoassemblati per posizionare molecole funzionali. Si possono così realizzare circuiti elettronici molecolari, dispositivi ottici e reti enzimatiche.

Una immediata estensione di queste ricerche è il passaggio da strutture di DNA statiche a macchine, o "nanobots", in grado di muoversi. Il DNA è meno adatto per la costruzione di strutture attive rispetto alle proteine o all'RNA, che hanno una maggiore versatilità strutturale e catalitica. La maggior ricchezza di interazioni e legami che si possono instaurare in una molecola di RNA rispetto al DNA, in cui il legame nettamente prevalente è quello dovuto alla complementarità di Watson e Crick, permette la formazione di complesse strutture bi- e tri-dimensionali. Attualmente i biochimici non sono in grado di controllare queste interazioni fino ad ottenere strutture tridimensionali programmate. Si usa quindi il DNA perché la semplicità della sua struttura e delle interazioni ci permette di controllarne meglio l'assemblaggio.

Le nanostrutture attive più semplici sono interruttori o molecole che possono essere fatte passare dall'una all'altra di due diverse conformazioni. Le "pinzette" realizzate dal gruppo di Yurke sono un interessante esempio di nanostruttura di questo tipo. Sono costituite da due "braccia" di DNA in doppia sequenza, unite da una "cerniera" flessibile in sequenza singola. La pinzetta può assumere una configurazione chiusa ed una aperta, e il passaggio dall'una all'altra viene ottenuto attraverso due diverse molecole di DNA, corrispondenti rispettivamente ai comandi "apri" e "chiudi".

Altri esperimenti hanno riguardato la costruzione di circuiti logici basati sul DNA, o di ribozimi (sono molecole di RNA in grado di catalizzare reazioni che modificano altre molecole, o anche il ribozima stesso) che possono essere usati per eseguire operazioni logiche e semplici computazioni [22], oppure motori molecolari e "nanobots" che si muovono lungo percorsi autoassemblati, e si procurano l'energia necessaria catalizzando reazioni chimiche [5].

In queste strutture, il passaggio da una conformazione all'altra viene indotto da cambiamenti di temperatura o di acidità, o dal legame con



una molecola di segnalazione, in genere una sequenza singola di DNA. Un possibile utilizzo è quindi come sensori molecolari, in grado di misurare grado di acidità, temperatura, presenza o assenza di piccole molecole o di proteine direttamente all'interno della cellula, dato che il DNA è un supporto computazionale ovviamente biocompatibile. Questo apre, anche se non a breve termine, una nicchia applicativa legata alla medicina che non può essere certo coperta da chip al silicio, con la possibilità di eseguire diagnosi, di controllare dispositivi terapeutici, di trasportare farmaci, di attivare un processo che porti alla morte programmata della cellula nel caso questa risulti irrimediabilmente danneggiata.

Lavorando in questa direzione, il gruppo di Ehud Shapiro ha realizzato un automa a stati finiti costituito da biomolecole [5]. Grazie ad una serie di regole di transizione, realizzate attraverso enzimi che tagliano e ricombinano il DNA, la macchina cambia il proprio stato interno in funzione dello stato corrente, rappresentato da una molecola di DNA, e dell'input, rappresentato dalla presenza o meno di particolari molecole di mRNA, fino a raggiungere uno stato finale, in corrispondenza del quale rilascia un output, pure rappresentato da una doppia elica di DNA. L'mRNA (RNA messaggero) è la molecola di collegamento tra un gene, codificato nel DNA, e la proteina corrispondente: in particolari condizioni, il gene "si esprime", producendo l'mRNA, che a sua volta esce dal nucleo e viene "tradotto" in proteina dai ribosomi, sulla base di un codice preciso che fa corrispondere ad ogni sequenza di tre nucleotidi uno dei venti aminoacidi che costituiscono le proteine. Malattie come i tumori dipendono da alterazioni di questo meccanismo che portano a produrre proteine "sbagliate", o a non produrre proteine essenziali. Un automa come quello sopra descritto potrebbe rilevare e segnalare all'esterno queste alterazioni, e anche cercare di correggerle. L'obiettivo a lungo termine è quindi la realizzazione di macchine molecolari da usare come "sentinelle" all'interno dell'organismo, in grado di riconoscere cellule o tessuti danneggiati, e all'occorrenza di rilasciare molecole per ripararli. Si aprono così importanti prospettive in termini di terapie innovative e personalizzate e sintesi di farmaci "intelligenti".

7. CALCOLARE CON LE CELLULE

Quanto sono realistiche queste prospettive? Per rispondere a questa domanda dobbiamo tornare all'inizio, alla visione di Feynman: la cellula come sistema di elaborazione dell'informazione. Il punto è che gli esperimenti sopra ricordati sono stati effettuati *in vitro*, quindi in un ambiente assolutamente controllato e in presenza solo delle molecole coinvolte nell'esperimento. Una volta inserite in una cellula, le nanomacchine si troverebbero in un ambiente molto più complesso, in cui avvengono in parallelo migliaia di processi biochimici che interferiscono e si influenzano l'un l'altro all'interno di complesse reti regolatorie. Occorre allora capire come funzionano queste reti regolatorie e trovare strumenti per imbrigliarle e piegarle ai nostri scopi, sia di calcolo che di controllo: il **calcolo cellulare** [12] ha l'obiettivo di "imbrigliare" i processi che avvengono nelle e tra le cellule viventi. Qui l'informatica si interseca da un lato con la **biologia sistemica** [11], che cerca di comprendere gli organismi biologici come reti di interazioni, dall'altro con la **biologia sintetica** [3], che ha come obiettivo l'ingegnerizzazione e la costruzione di sistemi biologici artificiali.

Una prima linea di ricerca che emerge da queste considerazioni riguarda lo studio dei meccanismi cellulari per astrarne e formalizzarne gli aspetti significativi dal punto di vista algoritmico e di controllo dei processi concorrenti: il numero di processi concorrenti che una cellula è in grado di gestire al suo interno è di gran lunga superiore a quelli gestiti da un qualunque sistema operativo!

I **sistemi a membrane** [21], proposti da George Paun nel 1998, sono modelli di calcolo parallelo e distribuito definiti a partire dalla struttura e dal funzionamento delle cellule viventi, e dal modo in cui queste si organizzano in tessuti o in strutture di ordine superiore. Una cellula è costituita anzitutto da una membrana, che la separa dall'ambiente esterno, che contiene molecole di vario genere ed altre membrane, e così via. Questa struttura gerarchica a compartimenti è la principale caratteristica delle cellule che viene astratta nei sistemi a membrane. Per quanto riguarda gli aspetti dinamici, di evoluzione delle cellule, all'interno di ogni membrana avvengono reazioni chimiche che ne

modificano il contenuto; inoltre alcune molecole possono attraversare le membrane, muovendosi verso l'esterno o verso l'interno, realizzando in tal modo una forma di comunicazione dell'informazione, e si possono formare nuove membrane, mentre membrane esistenti possono dissolversi o duplicarsi per gemmazione.

Astraendo questa struttura, definiamo un sistema a membrane generico come una struttura gerarchica di **regioni** o compartimenti, delimitati da membrane individuate univocamente da una etichetta, e contenuti in una membrana esterna, chiamata **pellet**, che separa il sistema dall'ambiente esterno. Ogni membrana contiene un multiinsieme di **oggetti** che evolvono in base a **regole di evoluzione** applicate non deterministicamente e con massimo parallelismo. Gli oggetti possono essere anche spostati da una regione alla regione immediatamente più esterna (out) o ad una delle regioni interne (in). Le regole hanno quindi la forma:

$c \rightarrow (d, \text{here})$

che ci dice che l'oggetto c viene trasformato nell'oggetto d che rimane nella stessa membrana, o, con significato facilmente ricavabile,

$ab \rightarrow (cd, \text{here})$

$c \rightarrow (d, \text{out})$

$c \rightarrow (d, \text{in})$

La figura 5 visualizza un esempio di sistema a membrane.

L'applicazione delle regole di evoluzione determina la transizione del sistema da uno stato all'altro. Una **computazione** parte da una configurazione di input assegnata e procede eseguendo ad ogni passo tutte le regole che è possibile eseguire (massimo parallelismo) in ogni membrana. Il risultato della computazione, quando questa si arresta perché non è più possibile applicare nessuna regola, può essere letto in una **membrana di output** assegnata. I sistemi a membrane sono stati ampiamente studiati negli ultimi anni, e ne sono state definite diverse varianti; ad esempio, sono stati proposti diversi meccanismi formali che riflettono il modo selettivo in cui le membrane biologiche permettono alle molecole di attraversarle. Per molte di queste varianti si è dimostrata l'equivalenza computazionale con le macchine di Turing. Inoltre, come nell'esperimento di Adleman, si può sfruttare il parallelismo per accelerare le computazioni. In particolare, se si aggiungono regole che permettono di dividere o duplicare le membrane, è facile dimostrare che si possono risolvere problemi NP-completi in tempo lineare, naturalmente al prezzo di una crescita esponenziale del numero di membrane.

La situazione non è molto diversa da quella del calcolo basato sul DNA prima dell'esperimento di Adleman: abbiamo le idee e i risultati teorici, ma manca la prova della realizzabilità pra-

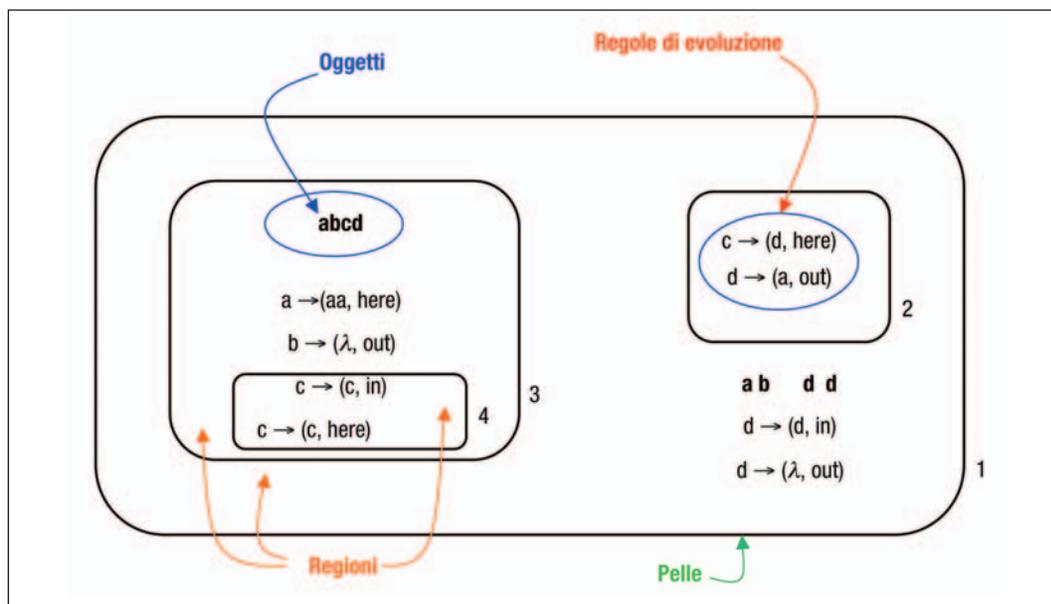


FIGURA 5
Un esempio di sistema a membrane

sono rappresentati dalla presenza o assenza nell'ambiente dei vari composti da cui dipende l'espressione dei geni che rappresentano le porte logiche del primo livello. In seguito, lo sviluppo della cellula e i complessi processi di regolazione sottostanti simulano il circuito, senza bisogno di ulteriori interventi umani.

Nell'ultimo decennio sono stati riportati in letteratura diversi esperimenti di laboratorio con l'obiettivo di realizzare *in vivo* porte logiche AND e OR o circuiti più complessi. Per esempio, in [11] Gardner, Cantor e Collins descrivono la realizzazione di un interruttore genetico costituito da una rete regolatoria di geni bistabile sintetica inserita in *Escherichia Coli*. La transizione da uno degli stati stabili all'altro è indotta chimicamente o termicamente, con una soglia di transizione pressoché ideale.

Questo ha applicazioni ovvie alla realizzazione di dispositivi di memoria molecolari. Sempre in *E. Coli*, Elowitz e Leibler hanno realizzato una rete sintetica di regolatori genici che implementa un oscillatore. La rete avvia periodicamente la sintesi di una proteina con fluorescenza verde che permette di leggere lo stato della rete in ogni singola cellula. Le oscillazioni risultanti, con periodi tipici dell'ordine delle ore, sono più lente del ciclo di divisione cellulare, per cui lo stato dell'oscillatore viene trasmesso di generazione in generazione.

Un approccio diverso, seguito per esempio da Y. Sakakibara [24], punta a sviluppare un automa a stati finiti programmabile e autonomo, nel senso che, una volta inserito in *E. coli*, funziona sfruttando il bio-hardware del batterio, senza richiedere ulteriori interventi umani. Sia l'input che la funzione di transizione di stato dell'automa sono codificati con plasmidi, molecole di DNA circolari molto stabili e maneggevoli.

Gli esperimenti sopra citati si basano su processi che avvengono all'interno di una singola cellula, ma anche i processi intercellulari, in particolare i meccanismi di comunicazione tra cellule batteriche, possono essere utilizzati come substrato di calcolo [27].

Quando milioni di batteri agiscono collettivamente come gruppo (come nel caso di colonie batteriche), come risultato del modo in cui le singole cellule rispondono a quelle che si tro-

vano nelle vicinanze e alle condizioni ambientali (in genere differenti per ogni batterio individuale, anche se sono relativamente vicini l'uno all'altro) si produce una grande varietà di schemi diversi nel modo in cui le cellule si raggruppano nelle diverse posizioni. Questi schemi sono il risultato emergente delle interazioni locali e delle condizioni ambientali, e possono presentare aspetti funzionali; per esempio, in condizioni di stress (come la presenza nell'ambiente di sostanze tossiche), lo schema prodotto sarà finalizzato a proteggere il maggior numero possibile di individui, minimizzando il numero di cellule senza vicini, e a promuovere la ricerca da parte della colonia di un ambiente meno dannoso, con l'estensione di "braccia" per esplorare l'ambiente in varie direzioni. Questo sviluppo spontaneo di schemi funzionali, come puro risultato della combinazione di condizioni ambientali e di interazioni locali tra individui, è una forma di computazione molto comune e utile in natura, ma attualmente poco studiata e poco sfruttata in termini computazionali.

Può essere possibile imbrigliare le sofisticate capacità di generazione di schemi guidati dall'ambiente dei batteri allo scopo di fornire applicazioni concrete (per esempio, alla "vernice intelligente" di un aereo o ai nodi di una rete di sensori) in cui l'input ambientale determina l'emergere di una organizzazione spazio-temporale adattiva e funzionale (negli esempi citati, potrebbe essere, rispettivamente, uno schema superficiale che stabilizzi rispetto a turbolenze, o uno schema di connessione che ottimizzi l'assorbimento di potenza).

Per chiudere, torniamo al punto da cui siamo partiti, la soluzione di DHPP con DNA. In un recentissimo lavoro [4], viene descritta la programmazione di una colonia batterica con un circuito genetico che consente ai batteri di valutare tutti i cammini possibili in un grafo diretto per verificare l'esistenza di un cammino Hamiltoniano. Il grafo considerato ha tre vertici, e viene codificato con frammenti di DNA che vengono inseriti in *Escherichia coli*. I vertici del grafo sono rappresentati da porzioni di due distinti geni che codificano due proteine fluorescenti, rispettivamente verde e rossa. I batteri che individuano un cammino Hamiltoniano "comunicano" il successo producendo colonie di colore giallo.

9. CONCLUSIONI

L'iniziale aspettativa, alimentata dal successo dell'esperimento di Adleman, di poter risolvere problemi combinatori complessi (NP completi) sfruttando la densità di codifica dell'informazione e il parallelismo massiccio con cui si può operare sulle molecole di DNA si è dimostrata poco realistica, per i motivi discussi nel paragrafo 4. Tuttavia le ricerche che da quell'esperimento e da quell'aspettativa sono scaturite hanno aperto scenari e prospettive ancor più interessanti, sia teorici che applicativi, a partire dalla messa in evidenza, di grande importanza anche sul piano filosofico/epistemologico, del fatto che l'informazione gioca nei processi biologici fondamentali un ruolo pari a quello di materia ed energia. Capire la logica che sottostà all'elaborazione dell'informazione nelle cellule e nei tessuti (que-

sto è anche il titolo di una importante serie di conferenze scientifiche su questi argomenti) diventa quindi un obiettivo scientifico e di avanzamento della conoscenza fondamentale, che richiede la collaborazione interdisciplinare di biotecnologie, biologia, informatica, nanotecnologie, medicina, e intorno al quale ogni disciplina può articolare linee di ricerca sia teoriche che applicative di proprio interesse.

Forse, o almeno non a breve termine, i computer molecolari non sostituiranno i computer elettronici, probabilmente si arriverà ad una coesistenza, su nicchie applicative diverse. In ogni caso, anche se che non si realizzassero applicazioni significative, la ricerca in questo settore ha già rivoluzionato i rapporti tra biologia, matematica, scienze dell'informazione e ingegneria, e ha costretto a ripensare il significato di "calcolare".

Biologia molecolare – Nomenclatura essenziale

DNA (Acido Desossiribonucleico) – Molecola che codifica l'informazione genetica.

RNA (Acido Ribonucleico) – Molecola che rende disponibili le informazioni codificate nel DNA per la produzione di proteine. Si presenta in diverse forme, tra cui:

mRNA (RNA messaggero) – copia l'informazione genetica da un tratto di DNA, attraverso il processo di *trascrizione* e la trasporta sui *ribosomi*.

tRNA (RNA di trasporto) – ha la funzione di interprete per la *traduzione* dell'mRNA nella proteina corrispondente essendo in grado di associare ad ogni codone (tripletta di basi consecutive) l'aminoacido corrispondente.

Traduzione – Processo attraverso il quale viene sintetizzata una proteina, utilizzando l'informazione genetica contenuta in un filamento di mRNA. I nucleotidi che formano l'mRNA vengono letti a gruppi di tre (*codon*), a ciascuno dei quali corrisponde un preciso aminoacido da inserire nella proteina (Gli aminoacidi distinti sono venti).

Ribosomi (al singolare **ribosoma**) – Organelli contenuti nella cellula, la cui funzione è quella di sintetizzare le proteine leggendo le informazioni contenute in un filamento di mRNA e traducendole con l'aiuto del tRNA.

Ribozima (termine composto da acido **ribonucleico** ed **enzima**), anche noto come **enzima a RNA o RNA catalitico** – è una molecola di RNA in grado di catalizzare una reazione chimica.

Reazione a catena della polimerasi (*Polymerase Chain Reaction, PCR*) – Tecnica di biologia molecolare che consente la moltiplicazione (*amplificazione*) di frammenti di DNA dei quali si conoscano le sequenze nucleotidiche iniziali e terminali. L'amplificazione mediante PCR consente di ottenere in vitro molto rapidamente la quantità di materiale genetico necessaria per le successive applicazioni.

Bibliografia

- [1] Adleman L.: Molecular computation of solutions to combinatorial problems. *Science*, Vol. 266, 1994, p. 1021-1024.
- [2] Amos M.: Theoretical and experimental DNA computation. *Springer*, 2005.
- [3] Andrianantoandro E., Basu S., Karig D., Weiss, R.: Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline. *Molecular Systems Biology*, Vol. 2, 2006, p. 1-14.
- [4] Bath J., Turberfield A.: DNA nanomachines. *Nature Nanotechnology*, Vol. 2, May 2007, p. 275-284.
- [5] Baumgardner J., et al.: Solving a Hamiltonian Path Problem with a bacterial computer. *Journal of Biological Engineering*, Vol. 3, 2009.
- [6] Benenson Y., Gil B., Be-Dor U., Adar R., Shapiro E.:

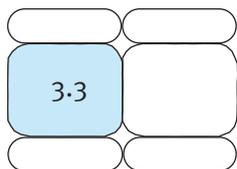
- An autonomous molecular computer for logical control of gene expression. *Nature*, Vol. 429, 2004, p. 423-429.
- [7] Conrad M.: On design principles for a molecular computer. *Comm. ACM*, Vol. 28, n. 5, 1985, p. 464-480.
- [8] Ehrenfeucht A., Harju T., Petre I., Prescott D., Rozenberg G.: *Computation in Living Cells: Gene Assembly in Ciliates*. Springer, 2004.
- [9] Ferretti C., Mauri G.: *Word design for DNA computing: a survey*. Proc. 9-th Int. Meeting on DNA Based Computers (J. Chen, J. Reif ed's.), Lect. Not. Comp. Sci. 2943, Springer-Verlag, 2003, p. 37-46.
- [10] Feynman R.P.: *There's plenty of room at the bottom*. In D. Gilbert, editor, *Miniaturization*, Reinhold, 1961, p. 282-296.
- [11] Gardner T., Cantor R., Collins J.: Construction of a genetic toggle switch in *Escherichia Coli*. *Nature*, Vol. 403, 2000, p. 339-342.
- [12] Kitano H.: *Foundations of Systems Biology*. MIT Press, Cambridge/MA, 2001.
- [13] Frisco P.: *Computing with Cells*. Oxford University Press, 2009.
- [14] Head T.: Formal language theory and DNA: an analysis of the generative capacity of specific recombinant behaviors. *Bull. Math. Biology*, Vol. 49, 1987, p. 737-759.
- [15] Kari L.: DNA computing—the arrival of biological mathematics. *The Math. Intelligencer*, Vol. 19, n. 2, 1997, p. 9-22.
- [16] Landweber L., Kari L.: The evolution of cellular computing: Nature's solution to a computational problem. *Biosystems*, Vol. 52, n. 1/3, 1999, p. 3-13.
- [17] Lipton R.J.: DNA solution of hard computational problems. *Science*, Vol. 268, 1995, p. 542-545.
- [18] Manca V.: Frontiere della ricerca - DNA computing, il calcolatore in provetta. *Mondo Digitale* n. 4, 2006.
- [19] Mao C., LaBean T.H., Reif J.T., Seeman N.C.: Logical computation using algorithmic self-assembly of DNA triple-crossover molecules. *Nature*, Vol. 407, 2000, p. 493-496.
- [20] Oghihara M., Ray A.: DNA computing on a chip. *Nature*, Vol. 403, 2000, p. 143-144.
- [21] Paun G.: *Membrane Computing: An Introduction*. Springer, 2002.
- [22] Reif J., LaBean T.: Autonomous programmable biomolecular devices using self-assembled DNA nanostructures. *Commun. ACM*, Vol. 50, n. 9, 2007, p. 46-53.
- [23] Rothemund P., Papadakis N., Winfree E.: Algorithmic self-assembly of DNA Sierpinski triangles. *PLoS Biology*, Vol. 2, n. 12, dec. 2004.
- [24] Sakakibara Y., Nakagawa H., Sakamoto K.: *Development of an in vivo computer based on Escherichia coli*. Proceedings of 11-th International Meeting on DNA Based Computers, London, Ontario, 2005, p. 68-77.
- [25] Seeman N.: Nanotechnology and the double helix. *Scientific American Reports*, Vol. 17, n. 3, 2007, p. 30-39.
- [26] Vaintsvaig M.N., Liberman E.A.: Formal description of cell molecular computer. *Biofizika*, Vol. 18, 1973, p. 939-942.
- [27] Weiss R.: *Cellular Computation and Communications using Engineered Genetic Regulatory Networks*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2001.

GIANCARLO MAURI è docente di informatica presso l'Università di Milano-Bicocca. I suoi interessi di ricerca riguardano la bioinformatica, la modellazione e simulazione di sistemi biologici, i modelli e sistemi di calcolo basati sul DNA (DNA computing) o ispirati alla struttura e al funzionamento delle cellule (sistemi a membrana e calcolo cellulare).
E-mail: mauri@disco.unimib.it



CLOUD COMPUTING EVOLUZIONARIO E RIVOLUZIONARIO

Mauro Migliardi
Roberto Podestà



Dietro al termine “Cloud Computing” si cela un elevatissimo livello di ambiguità e non esiste, ad oggi, una definizione univoca e universalmente accettata di ciò che è e ciò che non è Cloud Computing. In questo articolo cercheremo di chiarire alcuni degli aspetti più critici di questo concetto pur senza pretendere di dissipare completamente, e una volta per tutte, la nebulosità che ancora ammantava l’aggregazione delle tecnologie che collaborano a formare il Cloud Computing e impedisce di ottenere un’unica definizione.

1. INTRODUZIONE

Nel mondo variegato dei termini di successo, Cloud Computing è sicuramente uno dei più forti contendenti per la corona di campione del momento e, come si può osservare nella figura 1, esso ha recentemente soppiantato il Grid Computing tra i termini più “cercati” sul web. Allo stesso tempo, un tale sorpasso è ancora ben lontano a livello di pubblicazioni scientifiche, infatti, mentre una ricerca degli articoli su Grid Computing riporta oltre 4000 citazioni in CiteSeer^x, la ricerca per Cloud Computing si ferma a soli 83 articoli. Questo fornisce una prima ragione della quantità di ricerche *on-line* relative al termine Cloud Computing, ma è altresì vero che questa fame di informazione, deriva anche dal fatto che Cloud Computing viene oggi disinvoltamente presentato come la summa di una pletera di parole chiave nel panorama recente dell’*information technology*. Tra le più spesso utilizzate, basti ricordare *Service Oriented Architecture (SOA)*, *application service provision*, *Web 2.0*, *Web Services*, *mash-ups*, *Utility Computing*, *Autonomic Computing*, *On-demand Computing* ecc..

Seppure in mezzo a questa doccia mediatica di parole chiave esista uno spazio per genuine opportunità di miglioramento dell’odierno uso commercial-industriale dell’*information technology* [1], è altresì indubbio che dietro al termine Cloud Computing si celi ancora un elevatissimo livello di ambiguità e una serrata lotta per rendere il termine sinonimo di una tra le diverse accezioni in uso ad oggi. Di fatto, non esiste ad oggi una definizione univoca ed universalmente accettata di ciò che è e ciò che non è Cloud Computing e seppure diversi gruppi e istituzioni si siano dedicati a questo difficile compito [2, 3], un reale consenso che vada oltre al vago riferimento all’astrazione delle risorse tramite interfacce standardizzate fornito da Wikipedia, ancora manca.

Il termine Cloud Computing deriva dall’uso comune nel campo dell’Ingegneria dell’Informazione di rappresentare Internet come una nuvola che tutto interconnette celando completamente l’infrastruttura estremamente complessa che tale servizio richiede. Allo stesso modo, il termine Cloud Com-

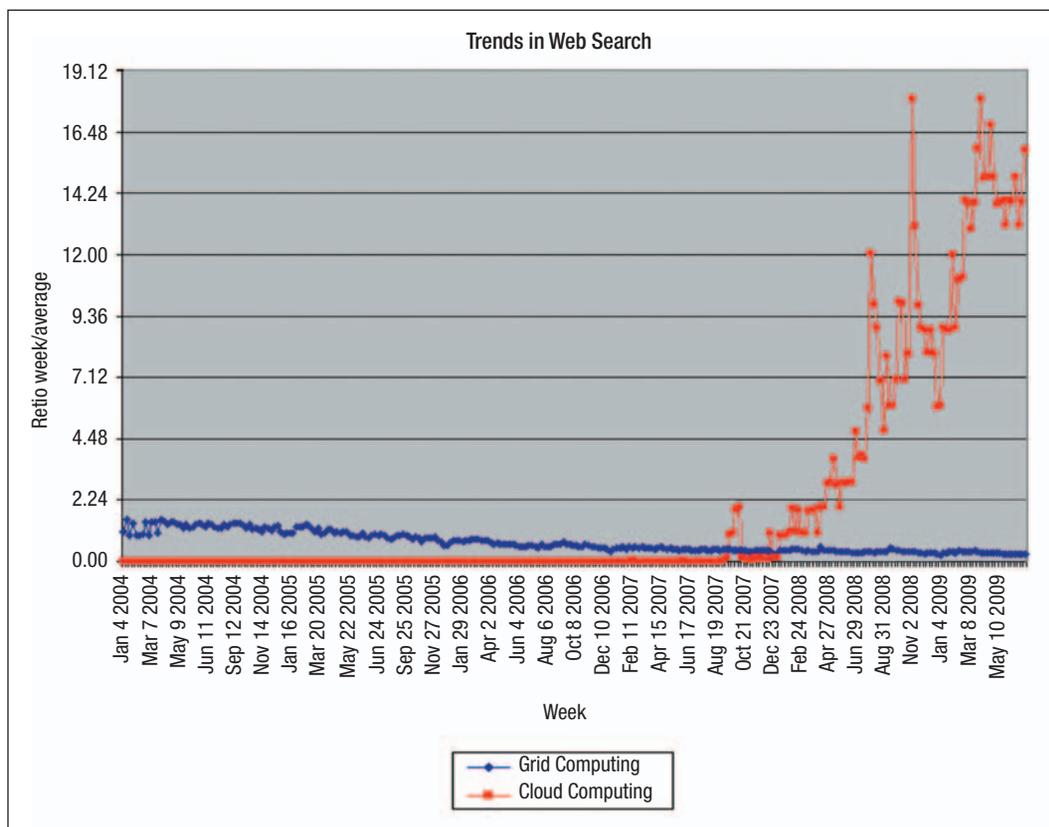


FIGURA 1
Trend esibito dalle ricerche effettuate tramite Google per i termini Grid Computing e Cloud Computing

puting implica lo spostamento del meccanismo principale di fornitura dei servizi computazionali dalla periferia, completamente controllata e posseduta dall'utente, verso una "terra incognita", dominio di differenti fornitori di servizi, nascosta dalle nebbie (o nuvole, appunto) e percepibile solo per mezzo di una semplice interfaccia di uso il più possibile standardizzata.

Come è facile vedere, un tale livello di astrazione si presta a generare molte e spesso tra loro non compatibili definizioni di Cloud Computing, tanto è vero che esiste ancora discussione se il termine Cloud si debba applicare ad una ed una sola infrastruttura (come una e una sola Internet) oppure se possano esistere molteplici Cloud eventualmente capaci di interazione.

In questo articolo cercheremo di chiarire alcuni degli aspetti più critici del concetto di Cloud Computing pur senza pretendere di essere noi a dissipare completamente e una volta per tutte la nebulosità che ancora ammantava l'aggregazione delle tecnologie che collaborano a formare il Cloud Computing e impedisce di ottenere un'unica definizione.

2. TASSONOMIA E DEFINIZIONI

Il Cloud Computing eredita sicuramente alcuni dei più importanti concetti nati in seno al Grid Computing [4, 5] nell'ultimo decennio. Tali concetti sono sviluppati e integrati a tal punto da poter considerare - almeno sotto certi aspetti - il Cloud Computing come un fenomeno evolutivo del Grid.

Tuttavia, sotto l'ombrello, a volte fin troppo ampio, del termine Cloud Computing vi sono anche aspetti genuinamente rivoluzionari per il panorama delle infrastrutture di *information technology* oggi alla base della gestione quotidiana delle aziende.

Come afferma Wolfgang Gentzsch in [6], le Grid in molti casi non sono state in grado di mantenere le ottimistiche promesse presenti nel libro blu [7] pubblicato ormai due lustri orsono. Tuttavia, affermare, come si fa in [8] che il Grid Computing (e più in generale il calcolo distribuito prima delle Cloud) richiede scrivere programmi basati su scambio di messaggi (riquadro 1 a p. 18) mentre il Cloud Computing supera tale complessità basandosi, ad esempio, su Map Reduce [9] è - per adottare un gentile eufemismo - catastroficamente fuorviante. Infat-

RIQUADRO 1 - Modello a scambio di messaggi

Il modello computazionale a scambio di messaggi viene introdotto negli anni '80 da C. A. R. Hoare. Esso si basa fondamentalmente su due primitive, *send* e *receive*, che permettono a processi strettamente sequenziali di comunicare e sincronizzarsi fra loro al fine di costruire un'applicazione concorrente o parallela di qualsivoglia complessità. Il modello a scambio di messaggi è quello più comunemente usato nel calcolo distribuito in quanto non richiede strutture complesse come la memoria condivisa, ma pone invece come unico vincolo architetturale la presenza di un canale di comunicazione tra tutte le componenti del sistema di calcolo.

ti, un'affermazione di questo tipo confonde un singolo strumento di scrittura di codice parallelo (lo scheletro algoritmico *Map-Reduce*) con la sottostante struttura di gestione delle risorse di calcolo e maschera la semplificazione proveniente dall'affrontare una specifica tipologia di problema come una mutazione epocale. È del tutto evidente che il problema della scrittura di codice massicciamente parallelo è uno degli scogli con cui si è scontrato il Grid Computing, tuttavia, affermare che ciò che distingue Grid Computing da Cloud Computing è il limitarsi ad affrontare problemi che possono essere risolti con una tecnica di programmazione che, tra l'altro, come dice lo stesso articolo in cui venne presentata [9], è applicabile in diversi casi reali ma non in generale in quanto richiede, per essere efficiente, che i *task* mappati siano *embarassingly parallel*, è, come minimo, semplicistico e non fornisce alcun reale strumento per dipanare la matassa di cosa sia il Cloud Computing.

Seppure un vero consenso sulla definizione di Cloud Computing non sia stato ancora raggiunto, e il *white paper* su Cloud Computing [10] recentemente prodotto dal gruppo *Relia-*

ble Adaptive Distributed Systems presso l'University of California Berkeley negli questa tassonomia, vi è una generica convergenza sulla possibilità di definire **tre principali livelli di visione della nuvola**.

Il primo livello è quello delle applicazioni in-Cloud (*Application as a Service*), il secondo livello è quello delle piattaforme in-Cloud (*Platform as a Service*) e il terzo livello, quello più vicino all'hardware, è quello dell'infrastruttura in-Cloud (*Infrastructure as a Service*).

Questi tre livelli possono essere considerati tre punti su di un asse che ha come coordinata il livello di gestione dell'applicazione fornito dalla Cloud (Figura 2).

□ **Il primo livello**, quello delle applicazioni in-Cloud è, di fatto, quello che viene da anni chiamato *Software as a Service* (SaaS). Seppure esistano esempi innovativi di questa tipologia di Cloud (e.g. il software CRM di Salesforce.com), questa tipologia di cloud è ormai parte della panoplia di tutti i professionisti IT. Servizi come gmail e google maps sono applicazioni in-Cloud che tutti conosciamo e che la maggior parte di noi utilizzano. La scalabilità, per la maggior parte di queste applicazioni risiede esclusivamente nella struttura di accesso e nella capacità di manipolare grandi moli di dati non necessariamente in relazione tra loro. Si pensi, per esempio, a gmail: un'architettura basata su di una macchina virtuale per utente è, in linea di principio, in grado di soddisfare le esigenze del servizio ed è solo la dinamicità con cui muta il numero di utenti che richiede un'effettiva elasticità dell'infrastruttura. In questo caso, il gestore della Cloud possiede sia l'infrastruttura che l'applicazio-

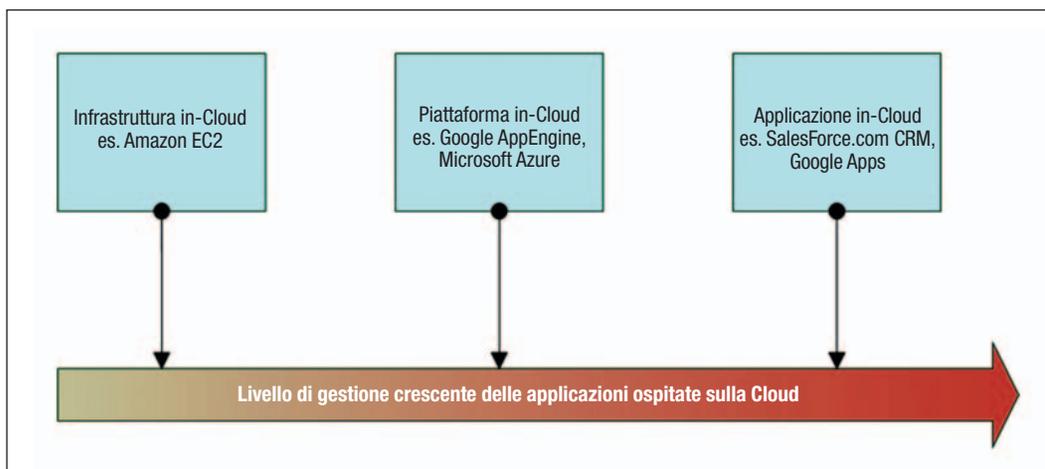


FIGURA 2
Asse del livello di gestione dell'applicazione fornito dalla Cloud

ne che viene venduta sotto forma di servizio accessibile via Web.

□ **Il secondo livello**, quello delle piattaforme in-Cloud, è lo sviluppo più recente del Cloud Computing. In questo livello possiamo inserire Google AppEngine [11], Microsoft Azure [12] e Amazon Elastic MapReduce [13]. Questa tipologia di Cloud (Figura 2) si trova a metà strada tra una gestione delle applicazioni totalmente a carico della cloud come nel primo livello ed una totalmente a carico dell'utente come nel terzo livello. La caratteristica principale di questo tipo di nuvola è quella di fornire delle interfacce per la programmazione delle applicazioni (API¹) specifiche secondo le quali sviluppare applicazioni orientate ad essere usate come servizi via web ed un'interfaccia web per ottenere l'installazione di tali applicazioni sulle risorse computazionali della Cloud in modo che il livello di risorse necessarie per mantenere una qualità di servizio definita possa essere deciso, fornito e gestito dalla Cloud stessa in base al *Service Level Agreement* (SLA) stipulato dallo sviluppatore. In questo caso, il gestore della Cloud possiede l'infrastruttura ma non il codice dell'applicazione resa disponibile via Web. L'applicazione e i proventi ottenuti tariffando il servizio fornito dall'applicazione sono appannaggio dello sviluppatore dell'applicazione. L'unico vincolo che il gestore della Cloud pone sull'applicazione è la tecnologia da utilizzare per sviluppare questa applicazione. Si può citare, ad esempio, la dipendenza da .Net della piattaforma in-Cloud Azure di Microsoft e la dipendenza dalle API di Google Datastore per Google AppEngine.

□ Infine, **il terzo livello**, quello dell'infrastruttura in-Cloud, trova il suo esponente più noto in *Elastic Computing Cloud* (EC2) di Amazon [20]. In questo caso, il gestore della Cloud possiede solo l'infrastruttura di calcolo e non pone alcun vincolo né sul tipo di applicazione che l'utente eseguirà, né sulla tecnologia da lui utilizzata per sviluppare tale applicazione. In questa situazione, la virtualizzazione (riquadro 2) ha due ruoli chiave: il primo è, ovviamente, quello di permettere la rapida fornitura e messa in linea di nodi computazionali su richiesta degli utenti, ma il secondo, in questo caso forse an-

RIQUADRO 2 - Virtualizzazione e Paravirtualizzazione

Per virtualizzazione si intende la creazione di una versione virtuale di una risorsa normalmente fornita fisicamente. Qualunque risorsa hardware o software può essere virtualizzata: sistemi operativi, server, memoria, spazio disco, sottosistemi. Un esempio base di virtualizzazione è la divisione di un disco fisso in partizioni logiche.

Meccanismi più avanzati di virtualizzazione permettono la ridefinizione dinamica tanto delle caratteristiche della risorsa virtuale, quanto della sua mappatura su risorse reali.

Per poter parlare di virtualizzazione è necessario introdurre il concetto di macchina virtuale o *virtual machine*. In origine, il termine "*virtual machine*" veniva usato per indicare la creazione di una molteplicità di ambienti di esecuzione identici in un unico computer, ciascuno con il proprio sistema operativo, infatti, questo genere di virtualizzazione è particolarmente utilizzata nel campo dei mainframe e dei supercomputer. Lo scopo di tale tecnica era, originariamente, quello di sezionare tra più utenti l'uso di un singolo computer dando ad ognuno l'impressione di esserne l'unico utilizzatore.

L'uso più comune oggi è quello di generare ambienti "sterilizzati" e completamente separate tra loro per poter, per esempio, ricostruire l'ambiente necessario all'esecuzione di un programma (in termini di sistema operativo, specifiche librerie ecc.) senza porre vincoli sulle altre applicazioni se non quello di poter usufruire di una quota parte delle risorse globali. Questo risultato è oggi ottenuto per mezzo di un programma che emula un calcolatore; è possibile, infatti, realizzare tramite software, un finto computer su cui può essere eseguito un sistema operativo diverso da quello che equipaggia realmente l'elaboratore.

La virtualizzazione può essere realizzata secondo modalità diverse, tra cui, principalmente, citiamo:

- emulazione: la macchina virtuale simula completamente l'hardware, utilizzando un sistema operativo standard che viene eseguito dalla CPU virtuale;
- paravirtualizzazione: la macchina virtuale non simula un hardware completo, ma offre speciali API che richiedono modifiche nel sistema operativo ma forniscono prestazioni superiori.

cora più importante, è quello di difendere l'infrastruttura e le applicazioni degli altri utenti dal comportamento volutamente o accidentalmente dannoso dell'applicazione. Questa difesa è fornita dal totale isolamento in cui una macchina virtuale incapsula la o le applicazioni in esecuzione su di essa. Infine, un vantaggio in un certo senso collaterale, ma certo non marginale dell'isolamento fornito dall'utilizzo della virtualizzazione è la possibilità di configurare l'ambiente di esecuzione di un'applicazione secondo i desideri dell'utente senza dover in alcun modo temere che specifiche versioni di sistema operativo o di librerie possano collidere con le necessità di altri utenti.

3. UN INQUADRAMENTO "STORICO" DEL FENOMENO CLOUD COMPUTING: EVOLUZIONE...

Come accennato, molto spesso, il Cloud Computing è visto come un'evoluzione del Grid Computing. È però importante notare una di-

¹ *Application Programming Interface*.

stinzione a livello concettuale tra i due “fenomeni”. Secondo gli obiettivi iniziali definiti più di dieci anni fa dai padri del Grid, Ian Foster e Carl Kesselmann, si sarebbe andati verso un’infrastruttura computazionale in grado di far leva sulla potenza di calcolo inutilizzata delle macchine in stato idle genericamente connesse a Internet. In pratica, nell’accezione originaria del Grid con la famosa analogia tra la rete elettrica e la potenza di calcolo che diventa slegata dalla localizzazione fisica dell’utente, si tenderebbe ad avere dei “micro produttori” di “computing” aggregati in un’organizzazione virtuale attraverso un *middleware* capace di fornire la visione di un unico super-computer virtuale in cui l’utente stesso condivide le proprie risorse di calcolo. Al contrario, il Cloud Computing riporta a un’idea di “macro produttori” di “computing” indipendentemente dal tipo di cloud (*application, platform* o *infrastruttura*). Infatti, l’utente utilizza la Cloud fornita dal provider che, generalmente, si tratta di un centro di calcolo, che può anche essere frutto dell’aggregazione di centri sparsi per il globo, di proprietà esclusiva del provider. Questa differenza concettuale è però molto sfumata a causa dell’evoluzione del Grid Computing che si è avuta a partire dalla fine degli anni ’90. Infatti, i principali risultati e progetti più significativi, in alcuni casi diretti dagli stessi Foster e Kesselmann, che hanno finito per essere considerati propriamente il Grid Computing, hanno riguardato l’aggregazione di centri di supercalcolo che, guarda caso, solitamente sono l’ossatura delle Cloud. Prima di evidenziare questa somiglianza vista come linea evolutiva, per completezza di informazione, va detto che il concetto originario di Grid Computing non è andato completamente smarrito. Sviluppi in questo senso seppur considerati marginali rispetto alla corrente principale sono le Desktop Grid che hanno avuto come precursori *seti@home* (e.g. BOINC, XstreamWeb e il progetto europeo EDGeS) e quelli derivanti dalla convergenza tra Peer To Peer e Grid Computing [23] come WOW [25]. Riprendendo la linea evolutiva, l’utilizzo di tecnologie Web-based per l’accesso a un’infrastruttura di calcolo distribuita e l’utilizzo della virtualizzazione dell’hardware come base per l’infrastruttura di calcolo distribuita sono i principali aspetti alternatamente presenti nel-

le principali realizzazioni di Grid Computing antecedenti alla comparsa del Cloud Computing che inducono a vedere questo fenomeno come un’evoluzione che raccoglie e armonizza in un’unica infrastruttura/piattaforma questi aspetti tecnologici.

La convergenza tra Grid Computing e *Web Services* è stata ampiamente discussa e investigata già a partire dagli albori di queste due tecnologie. Tale sinergia si è unanimemente articolata nell’attribuire ai *Web Services* e, più astrattamente al modello *Service Oriented Architecture* (SOA), un ruolo chiave nell’accesso alle griglie computazionali.

La visione orientata ai servizi e l’utilizzo di tecnologie aperte e altamente standardizzate sembrano essere il miglior modo per semplificare l’accesso alle risorse di calcolo aggregate in una Grid. La specifica *Web Services Resource Framework* (WSRF), oppure la formalizzazione dei Grid Portal, hanno permesso una standardizzazione dei servizi offerti dalle Grid e della loro modalità di accesso. Questa visione orientata ai servizi, ha portato a pensare alla fruizione del Grid Computing come una *utility on-demand, Utility Computing*, in termini molto simili a quelli formulati nel lontano 1961 da John McCarthy del MIT: “*If computers of the kind I have advocated become the computers of the future, then computing may someday be organized as a public utility just as the telephone system is a public utility... The computer utility could become the basis of a new and important industry*”.

È ancora importante sottolineare che così come avviene adesso per il termine Cloud, a suo tempo anche per il termine Grid si è avuto un periodo transitorio in cui molte infrastrutture software si dichiaravano essere Grid sebbene avessero poi scopi e strutture assai diversi. Dopo più di un decennio esistono esempi di Grid funzionanti e operative che in modi differenti anticipano aspetti presenti nelle emergenti Cloud. Attualmente esistono Grid puramente orientate all’*High Performance Computing* (HPC) e altre prevalentemente orientate alla sperimentazione software che generalmente da’ comunque supporto all’HPC. Queste due tipologie di Grid hanno in comune l’aggregazione di risorse di supercalcolo costituite da *computational cluster* appartenenti a domini amministrativi diversi. Per quanto riguarda il

puro supporto all'HPC, il progetto EGEE [14] - il più imponente per numero di soggetti coinvolti - ha prodotto una Grid che aggrega 41.000 CPU provenienti da circa 150 cluster sparsi su tutto il globo. Tale aggregazione è ottenuta attraverso il *middleware gLite* che integra e lega software derivanti dai principali progetti di *middleware* per Grid come quelli provenienti dalla *Globus community* [15], da iniziative europee (*DataGrid*) e intercontinentali (*DataTag*). Simile a EGEE è il progetto *Open Science Grid* che adotta simili strumenti software, sovente sviluppati in cooperazione con EGEE stesso e ne condivide gli scopi. Queste Grid forniscono una piattaforma di calcolo utilizzabile per uno specifico insieme di applicazioni (una ventina, a volte le stesse, sia per EGEE che per *Open Science Grid*) appartenenti a vari domini come la fisica delle alte energie, fluido dinamica computazionale, chimica computazionale, astronomia-astrofisica, bioinformatica ecc.. Una certa applicazione, una volta sviluppata, viene installata su un certo numero di *cluster* con l'aiuto degli amministratori. Entrambe le grid usano dei *software client* customizzati per l'accesso alle risorse di calcolo e consentono la sottomissione di job computazionali con una limitata capacità di configurazione dell'ambiente di esecuzione che viene fornito staticamente dalla grid.

Simile a queste Grid ma orientata a uno sviluppo e una messa in linea delle applicazioni più snella è TeraGrid che aggrega una dozzina di differenti siti di *cluster* computazionali negli Stati Uniti e quindi opera su una scala dimensionale di una decade inferiore a EGEE. Rispetto alle Grid puramente orientate all'HPC, TeraGrid offre significativa capacità di configurazione dell'ambiente di esecuzione attraverso strumenti chiamati *ScienceGateways* che integrano in un portale Web oppure con delle API *Web Services-based* l'accesso per insiemi di strumenti (*e.g. storage*) e applicazioni scientifiche.

Una totale flessibilità di configurazione è perseguita da Grid5000 che aggrega rispettivamente nove siti di super calcolo sparsi sul territorio francese. Infatti, l'obiettivo di Grid5000 è il supporto della sperimentazione di software distribuito su larga scala piuttosto che al puro HPC. Ciò non toglie che tali software, molto spesso, sono orientati all'HPC. Grid5000 adot-

ta un modello basato sulla virtualizzazione dell'hardware. Un utente può configurare un'immagine di un sistema operativo con l'applicazione di interesse e metterla in linea su un insieme di macchine dotate di *hypervisor* previamente riservate ottenendo così un *cluster* di macchine virtuali ritagliato sulle esigenze della desiderata applicazione. L'introduzione della virtualizzazione ovviamente comporta un certo decremento delle prestazioni che comunque può essere tenuto sotto controllo con delle politiche di assegnazione fissa di risorse hardware per macchina virtuale. L'evidente vantaggio è la rapidità di *set-up* per esperimenti che tipicamente richiedono configurazioni complesse e altamente specifiche. L'accesso a Grid5000 avviene attraverso il protocollo SSH attraverso *gateway* specifici presenti in ciascun sito, dai quali poi è possibile operare con strumenti *command-line* per riservare, configurare e accedere alle risorse computazionali.

Le differenze evidenziate riflettono differenti esigenze: il puro supporto ad applicazioni scientifiche e il supporto alla sperimentazione per *distributed computing* su larga scala. In ogni modo, il Cloud Computing indubbiamente abbraccia i concetti evidenziati.

L'idea di aggregare risorse di supercalcolo distribuite geograficamente, trasversale a tutti i progetti di Grid, è evidentemente ripresa dal Cloud Computing sebbene con sfumature diverse. Infatti, non costituisce il target strutturale ma un'eventuale evidenza dettata dalla necessità di offrire un servizio di elevata scalabilità in grado di assorbire richieste da un sempre crescente numero di utenti.

Da progetti come TeraGrid viene ripresa l'idea di adottare potenti interfacce Web con tecnologie provenienti dal Web2.0 e API di facile integrazione software basate su *Web Services* per consentire una configurazione e un accesso semplice e standardizzato a un'infrastruttura di calcolo in realtà complessa. L'utilizzo massiccio della virtualizzazione dell'hardware per dare la massima flessibilità di configurazione dell'ambiente desiderato indubbiamente riporta all'esperienza di progetti come Grid5000.

Con il Cloud Computing, quindi, si tende a dare una grande rilevanza a un'interfaccia semplice e basata su tecnologie web (*i.e. Cloud Interface*), attraverso cui è possibile

RIQUADRO 3 - Infrastructure In-Cloud

Amazon EC2, abbreviazione di "Amazon Elastic Compute Cloud", è senza dubbio l'attuale leader mondiale nel campo del Cloud Computing. L'utente utilizza un browser per le iniziali operazioni di registrazione e *billing* e, successivamente, un insieme di comandi, con interfaccia grafica oppure *command-line*, per riservare *on demand* una certa capacità computazionale in termini di CPU, RAM e storage (<http://aws.amazon.com/ec2/#instance>) e poi installarvi e configurare molti tipi di Sistemi Operativi (<http://aws.amazon.com/ec2/#os>), il tutto con un preciso tariffario (<http://aws.amazon.com/ec2/#pricing>) che va dai 10 centesimi di dollaro all'ora per un'istanza di linux con le capacità più basse a 1,20 dollari per un'istanza di Windows su un *set-up* ad elevate prestazioni. I comandi sono dei programmi Java forniti da Amazon che via Web Services consentono l'interazione con la Cloud. Per dare un'idea della flessibilità di Amazon, basti pensare che sia possibile configurare quali porte aprire su una macchina riservata e poi accedervi "normalmente" via SSH, siccome ciascuna macchina può avere un IP pubblico raggiungibile dall'esterno. Inoltre è possibile integrare una propria applicazione direttamente con la Cloud attraverso l'uso delle API a loro volta utilizzate dai comandi citati in precedenza. Amazon fornisce un insieme di interfacce Web Services basate su WSDL (*Web Service Description Language*) chiamate EC2 WSDLs. La tecnologia su cui si basa il *back-end* della Cloud di Amazon è proprietaria. Nimbus ed Eucalyptus sono le risposte *open-source* ad Amazon. Entrambi i progetti provengono da gruppi di ricerca già attivi nel Grid Computing ed entrambi offrono un software che consente di creare una Cloud. Nimbus, proveniente dalla *Globus community*, implementa una parte dell'interfaccia EC2 WSDLs e l'interfaccia Grid WSRF e sostanzialmente consente di utilizzare come *back-end* un singolo *cluster* computazionale. Esempi di installazioni operative di Nimbus si trovano su <http://workspace.globus.org/clouds/>. Eucalyptus, sviluppato nel dipartimento di Computer Science dell'Università della California a Santa Barbara da cui recentemente è derivata un'omonima *spin-off* specializzata in Cloud Computing, consente di aggregare *cluster* multipli come *back-end* ed è compatibile con EC2 WSDLs. Un'installazione operativa di Eucalyptus è accessibile da <http://open.eucalyptus.com/wiki/EucalyptusPublicCloud>.

Platform In-Cloud

Il concetto di *platform in-cloud* si avvicina in modo naturale al paradigma di sviluppo delle applicazioni *enterprise oriented* fornito da J2EE o a una dei *frame work* sviluppati per fornire automaticamente la persistenza dei dati di un programma. A fronte di una serie di vincoli più o meno stringenti sulle caratteristiche degli oggetti manipolati dal programma, il *frame work* offre il vantaggio di garantire in modo "trasparente" la persistenza dei dati appoggiandosi ad un meccanismo di *backing storage*. Il parallelo che si ha con le *platform in-cloud* si concretizza nella capacità di queste ultime di garantire, a fronte del pagamento di una tariffa adeguata, il provisioning in automatico di un numero di nodi computazionali e di memorizzazione adeguato a sostenere il livello di carico dell'applicazione. Tra le *platform in-cloud* oggi più note, possiamo citare Google AppEngine, Microsoft Azure e Amazon Elastic MapReduce. Ciascuna di queste vincola in modo più o meno specifico lo sviluppatore. La prima, per esempio, pur fornendo anche un *runtime* dedicato al linguaggio Python, si appoggia sulle caratteristiche di virtualizzazione della Java JVM, sulle Java Persistence API e su Java Data Objects. Azure, al contrario, si appoggia pesantemente su .net, sql server e SOAP. La *platform in-cloud* di Amazon, infine, si basa sul *frame work open source* Hadoop (<http://hadoop.apache.org/>), lo stesso che viene utilizzato da Yahoo!

Application In-Cloud

Tra i molti esempi di *application In-Cloud* citiamo Salesforce e Ubikwiti (<http://www.ubikwiti.com/>) perché rappresentano un interessante risvolto del Cloud e del SaaS. Sono, infatti, applicazioni industriali - rispettivamente un CRM e un ERP - che vengono utilizzate da imprese che sostanzialmente mettono in *outsourcing* completamente una parte molto rilevante del proprio sistema informativo. L'accessibilità via Web, o meglio Web 2.0, consente un *set-up* veramente minimale lato *client* che sostanzialmente necessita solamente di un *browser* delegando a tali *provider* le problematiche relative alla gestione dell'applicazione.

accedere e utilizzare delle risorse computazionali organizzate in una "nuvola" (Cloud) di calcolo. Il termine Cloud è volutamente vago e sottende una tipologia di organizzazione dell'infrastruttura di calcolo slegata teoricamente da qualsiasi vincolo tecnologico. Attualmente, i *back-end* utilizzati per il Cloud Computing impiegano tecniche di virtualizzazione dell'hardware su cluster computazionali singoli (Nimbus [17]), multipli (Eucalyptus [18]) o aggregazioni di centri di calcolo come per la Cloud proprietaria di Amazon che consentono di istanziare dinamicamente uno o più sistemi operativi al di sopra delle risorse fisiche e di organizzare tali risorse in insiemi virtuali omogenei come, ad esempio, cluster computazionali oppure *data center* (riquadro 3). Il Cloud Computing può quindi essere considerato come un'evol-

uzione del Grid Computing in quanto eredita, mette insieme e rende omogenei in una singola visione concetti, tecnologie e intuizioni sviluppati nel corso degli anni in seno ai più importanti progetti di Grid Computing quali l'aggregazione di centri di supercalcolo, la semplificazione al loro accesso tramite tecnologie web e l'utilizzo di tecniche di virtualizzazione dell'hardware.

4. ...E RIVOLUZIONE

Al di là di aspetti puramente tecnici che, in effetti, accreditano un'ipotesi evolucionistica o, quantomeno, una diramazione originata dal Grid Computing e, in particolare, dal segmento dell'*Utility Computing*, il Cloud può essere considerato rivoluzionario per quanto riguarda il modello di busi-

ness. Sebbene si basi su uno schema esistente in ambito economico-finanziario, tale schema non è mai stato adottato prima per “vendere” *distributed computing*. Il modello è quello delle *utility* di larga scala dove, data un’infrastruttura in produzione, l’incremento del numero di utenti ha un costo quasi nullo ma moltiplica enormemente i profitti e al contempo contribuisce alla riduzione dei prezzi. Questo modello è universalmente utilizzato per fornire accesso all’elettricità, al gas, all’acqua e alla connettività a rete telefonica e Internet nelle abitazioni degli utenti finali. Il Cloud Computing aggiunge a questa lista CPU *time* e *massive storage*. Amazon, il soggetto che per primo ha commercializzato questa nuova *utility*, offre due tipi di servizio: Compute Cloud EC2 e Data Cloud S3. Il primo consente di prenotare, configurare e istanziare insieme di macchine per il periodo desiderato. Con il secondo si ha accesso a uno spazio di *storage* praticamente illimitato. L’unico requisito è avere una carta di credito.

Al contrario, il modello di business alla base del *Grid Computing* è *community-based*. Quando un’istituzione decide di unirsi a una Grid cede l’accesso esclusivo alle risorse di calcolo condivise ma, al contempo, acquisisce la possibilità di accedere a un numero di risorse potenzialmente molto più alto. Per esempio TeraGrid riunisce dodici centri di supercalcolo appartenenti ad altrettanti istituti di ricerca universitari in USA. Ai supercalcolatori condivisi hanno accesso tutti i partecipanti che guadagnano una potenziale potenza di calcolo irraggiungibile con un singolo *cluster*. L’accesso esclusivo ceduto a un insieme di utenti più ampio può ottimizzare l’utilizzo delle risorse che non restano più inattive e l’aumentata capacità computazionale consente di affrontare sfide e problemi di complessità altrimenti impossibili. In realtà sono stati proposti modelli di *Grid economy* per creare un’infrastruttura globale con il supporto del *trading*, della negoziazione, del *provisioning* e dell’allocazione di risorse sulla base del livello di servizio fornito, dei costi e delle richieste degli utenti. Sebbene siano stati anche applicati in pratica modelli economici per lo scambio di risorse, coordi-

nazione di risorse basate sulla teoria dei giochi, valute virtuali e intermediari [19], non c’è ancora stato uno sviluppo significativo della *Grid-economy*. Questo fatto è in realtà legato anche all’ambito, orientato alla ricerca, da cui provengono le Grid che induce una logica *project-based*, la quale stabilisce a priori il livello di coinvolgimento in termini di risorse dei partner in una Grid. Va notato che questo non esclude lo sfruttamento commerciale del *Grid computing* come testimoniano le attività di aziende come Entropia, Platform e l’italiana Nice che realizzano Grid private, ritagliate sulle esigenze dei propri clienti.

Da questo modello di business viene riflesso un utilizzo senz’altro rivoluzionario ed esclusivamente commerciale delle tecnologie già adottate nel *Grid*. Infatti, l’utilizzo di tecnologia Web-based congiuntamente alle tecniche di virtualizzazione dell’hardware nel *Cloud Computing* consente:

1. la fornitura di servizi computazionali con una granularità di tariffazione significativamente piccola;
2. l’adozione di *Service Level Agreements* (SLAs) affidabili anche a fronte della sopra citata granularità di tariffazione.

Nel *Grid*, l’adozione di queste tecnologie ha significati diversi che non sono legati direttamente allo sfruttamento commerciale e, inoltre, non sono stati armonizzati in una singola visione come nel *Cloud*. Se da un lato c’è una condivisione di intenti nell’adozione di interfacce basate su standard Web al fine di semplificarne l’accesso, che nel caso del *Cloud* includono anche il non trascurabile *billing* dell’*utility*, per quanto riguarda la virtualizzazione vi è un’evidente distinzione.

L’intersezione tra *Grid* e virtualizzazione dell’hardware ha migliorato grandemente la capacità di configurazione offerta agli utenti, ovviamente ove questa è richiesta come nella sperimentazione di *distributed computing* su larga scala. È chiaro, infatti, che l’uso di hardware virtualizzato non porti benefici prestazionali: a parità di hardware disponibile, il livello prestazionale ottenibile da ciascuna di *N* macchine virtuali è inferiore a $1/N$. Questo degrado, per quanto piccolo possa essere, è comunque dovuto alla presenza dell’*overhead* di virtualizzazione e

alla presenza di N istanze di sistema operativo. Quindi, per il Grid Computing, l'adozione della virtualizzazione significa principalmente la possibilità di generare configurazioni di test per lo sviluppo delle applicazioni che poi saranno eseguite sull'hardware reale. Al contrario, in ambito Cloud Computing, l'adozione della virtualizzazione è uno degli aspetti nodali. Questo fatto, quindi, deve sottolineare come esista un aspetto rivoluzionario nell'insieme di applicazioni che Cloud Computing si propone di affrontare. Infatti, se il target di Grid è nelle applicazioni di tipo Grand Challenges, Cloud Computing cancella questa deriva per riportare il fuoco sulle *web-application* vendibili anche loro stesse come servizi e, di fatto, ripristinando la visione di computazione come pubblica utilità che, seppure messa da parte dalle successive evoluzioni dei principali progetti di Grid, è stata la parola chiave del *Grid Book* [7]. Da questo punto di vista, in sintesi, la rivoluzione è forse più assimilabile ad una restaurazione degli obiettivi iniziali, ma rimane tuttavia un cambiamento di fuoco estremamente significativo.

5. NUVOLE O TAPPETO: MARKETING PER NASCONDERE I PROBLEMI IRRISOLTI?

Per quanto il Cloud Computing possieda alcuni aspetti rivoluzionari in termini di *business model*, esistono ancora diversi problemi che,

ereditati dal Grid Computing, rimangono sostanzialmente irrisolti e che si pongono come seri ostacoli ad un significativo livello di adozione del Cloud Computing.

Non forniremo qui una lista esaustiva, ma ci limiteremo a citarne due: uno acuito dall'innovativo *business model* proprio del Cloud Computing e uno strettamente ereditato dal Grid Computing.

Il primo, megalitico ostacolo alla diffusione del modello del Cloud Computing è rappresentato dal problema del *downtime*. Tutti ci ricordiamo la definizione di Lamport di un sistema distribuito: "*you know you have one when the crash of a computer you have never heard of stops you from getting any work done*".

Questa può riassumere la prima ragione di difficoltà dei sistemi di Cloud Computing: è estremamente difficile per un'azienda rinunciare completamente al controllo di una componente vitale del suo *core business*.

Seppure questo approccio possa derivare da una reazione non meditata, è pur sempre vero che tutti i principali sistemi di Cloud Computing sono incorsi negli ultimi anni in episodi di interruzione del servizio che, seppure nella maggior parte dei casi non siano stati catastrofici, hanno limitato significativamente l'operatività di chi da loro dipende (Figura 3 [21]). Per questa ragione e per il fatto che la reputazione di solidità si costruisce con estrema difficoltà ma si distrugge in un solo sfortunato incidente, l'a-

CCI	Date	Product	Provider	Severity	Incident Type	Incident Sub-Type	Exploit	Affected	Comments
CCI-0006	2008-01-07	Salesforce.com	Salesforce.com	High	Outage	Network Outage	No	All	Affected all instances and supporting infrastructure
CCI-0005	2008-10-18	AWS Services	AWS	High	Security	Man-in-the-Middle	No	All	Issue present since service launch
CCI-0004	2008-10-15	Gmail	Google	High	Outage	502 error	No	Unknown number of users	Lasted more than 24 hours
CCI-0002	2008-09-18	Google Docs	Google	High	Security	Session Hijacking	No	Some Thai Users	Limited to ISP(s) in Thailand
TBA	2008-09-15	App Engine	Google	Low	Outage	Performance Degradation	No	All	Datstore writes experienced elevated latencies and error-rates.
TBA	2008-09-02	Google Apps	Google	High	Security	User Impersonation	Yes [11]	All SSO users	Malicious service provider could impersonate a user at other service providers.
TBA	2008-06-26	FlexiScale	FlexiScale	Critical	Outage	Disaster Recovery	No	All	Full extended outage
TBA	2008-06-12	Gmail	Google	High	Outage	Change Management	No	Many	Users unable to use webmail due to issues with loading contacts between 14:00 and 16:00 PT
TBA	2008-06-06	The Linkup	Nirvanix MediaMax	Critical	Data Loss	Closure	No	20,000	Data claimed to be safe but inaccessible
TBA	2008-07-20	Amazon S3	AWS	Critical	Outage	Design Fault	No	All	Full outage for 8 (weekend) hours
CCI-0003	2008-07-10	MobileMe	Apple	Moderate	Outage	Migration	No	All	Scheduled outage window exceeded during upgrade to MobileMe
CCI-0003	2008-07-09	Mac	Apple	Info	Outage	Scheduled Outage	No	All	Full outage (except mail) during upgrade to MobileMe 18:00-00:00
TBA	2008-04-28	EC2	Amazon	Low	Outage	Degraded Performance	No	Small subset of instances	Result of a customer creating a large number of firewall rules and instances.
TBA	2008-02-15	Amazon S3	AWS	Low	Outage	Authentication Failures	No	All	Early morning outage (04:31-06:46 PST) caused by authentication service overload

FIGURA 3

Incidenti causa di downtime per sistemi Cloud nel 2008

dozione massiccia di sistemi di Cloud Computing per i servizi vitali di un'azienda è ancora piuttosto difficile.

Un secondo problema irrisolto per il Cloud Computing è quello del modello di programmazione. Seppure sia vero che Cloud Computing è stato spesso associato alle *web applications* e quindi ad un modello di programmazione di non estrema complessità, è altrettanto vero che questo modello (sia esso Map Reduce, sia esso Farmer Workers) si basa sull'intrinseca mancanza di comunicazione tra i *task* paralleli. Questa caratteristica, se anche è facilmente riscontrabile nella maggior parte dei processi di ricerca di *pattern* all'interno di un *data set* di grandi dimensioni, non è generalizzabile a tutte le applicazioni e rimanda quindi allo stesso problema con cui si è precedentemente scontrato il Grid Computing: la programmazione parallela è difficile.

6. CONCLUSIONI

Se si guarda oltre la nube (gioco di parole intenzionale) di marketing che oggi esalta il Cloud Computing (The Economist, nell'Ottobre 2008 scrive un articolo che descrive l'avvento del Cloud Computing con le stesse enfatiche parole usate alcuni anni orsono per il *WorldWideWeb*), un aspetto rivoluzionario del Cloud Computing può essere trovato nel modello di business da esso implicato. La capacità di fornire un ambiente di esecuzione che sia:

1. ritagliato su misura della vostra applicazione;
 2. isolato e protetto da interferenze di altre applicazioni;
 3. disponibile a richiesta in tempi molto rapidi;
 4. tariffato con granularità fine (e.g. ad ore);
- rappresenta effettivamente un passo significativo verso l'idea di computazione come servizio di pubblica utilità preconizzato nel *blue book* del Grid Computing [7] ed ancor prima da Leonard Kleinrock [22]. Nonostante questo, esiste ancora un insieme di problemi irrisolti, semplicemente ereditati dal Grid Computing, che limitano, ad oggi, l'uso del Cloud Computing e lo tengono ancora a significativa distanza dal traguardo di diventare la quinta *public utility*.

Bibliografia

- [1] Lin G., Dasmalchi G., Zhu J.: *Cloud Computing and IT as a Service: Opportunities and Challenges*. Proc. of the IEEE International Conference on Web Services, 23-26 Sept. 2008.
- [2] Erdogmus H.: Cloud Computing: Does Nirvana Hide behind the Nebula?, *IEEE Software*, Vol. 26, Issue 2, March-April 2009 p. 4-6.
- [3] Aa.vv.: *Twenty Experts Define Cloud Computing*. SYS-CON Media Inc, http://cloudcomputing.sys-con.com/read/612375_p.htm, 2008
- [4] Aa.vv.: *The Open Grid Forum*. <http://www.ogf.org/>
- [5] Aa.vv.: *Enter the Grid website*. <http://enterthegrid.com/>
- [6] Gentzsch W.: *Grids are dead! Or are they?* On Demand Enterprise feature article, June 2008, <http://www.on-demandenterprise.com/features/26060699.html?viewAll=y>
- [7] Foster I., Kesselman C.: *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1999.
- [8] Grossman R.L.: The Case for Cloud Computing. *IT Professional*, Vol. 11, Issue 2, March-April 2009, p. 23-27.
- [9] Dean J., Ghemawat S.: *MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters*. Proc. Of Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, San Francisco, CA, December, 2004.
- [10] Armbrust M., Fox A., Griffith R., Joseph A.D., Katz R., Konwinski A., Lee G., Patterson D., Rabkin A., Stoica I., Zaharia M.: *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/Eecs-2009-28.pdf
- [11] Aa.vv.: *Sito web di Google AppEngine*. <http://code.google.com/appengine/>
- [12] Aa.vv.: *Sito web di Microsoft Azure*. <http://www.microsoft.com/azure/windowsazure.aspx>
- [13] Aa.vv.: *Sito web di Amazon Elastic MapReduce*. <http://aws.amazon.com/elasticmapreduce/>
- [14] Aa.vv.: *The EGEE2 Project*. <http://egee2.eu-egee.org/>
- [15] Aa.vv.: *The Globus Project*. <http://www.globus.org/>
- [16] Aa.vv.: *Nimbus*. <http://workspace.globus.org/>
- [17] Aa.vv.: *Eucalyptus Systems*. <http://www.eucalyptus.com/>
- [18] Buyya R., Yeo C.S., Venugopal S., Broberg J., Brandic I.: Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5-th utility. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 25, 2009, p. 599-616.

- 0
-
- [19] Aa.vv.: *Amazon Elastic Compute Cloud*. <http://aws.amazon.com/ec2/>
- [20] Aa.vv.: *Cloud Computing: Incidents Database*. http://wiki.cloudcommunity.org/wiki/CloudComputing:Incidents_Database
- [21] Kleinrock L.: A vision for the Internet. *ST Journal of Research*, Vol. 2, n. 1, 2005, p. 4-5.
- [22] Foster I., Iamnitchi A.: *On Death, Taxes, and the Convergence of Peer-to-Peer and Grid Computing*. Proc. of the 2-nd International Workshop on Peer-to-Peer Systems, 20-21 February 2003, Berkeley, CA, USA.
- [23] Ganguly A., Wolinsky D.I., Boykin P.O., Figueiredo R.: *Improving Peer Connectivity in Wide-area Overlays of Virtual Workstations*. Proc. of the 7-th International Symposium on High Performance Distributed Computing, 23-27 June 2008, Boston, MA, USA.
- 1
- 0

MAURO MIGLIARDI è nato a Genova nel 1966. Dopo essere stato uno dei principali ricercatori del progetto HARNES per il meta e Grid computing presso la Emory University di Atlanta, è stato ricercatore universitario presso l'Università di Genova ed è ora Professore associato presso l'Università di Padova. Mauro Migliardi ha pubblicato oltre ottanta articoli scientifici soggetti a peer-review e ha tra i suoi principali interessi di ricerca le tecnologie e le metodologie per la progettazione e lo sviluppo di sistemi software distribuiti complessi. E-mail: mauro.migliardi@unipd.it

ROBERTO PODESTÀ si è laureato in Ingegneria Informatica nel 2003 e ha conseguito il dottorato in Scienze e Tecnologie dell'Informazione nel 2007 presso l'Università di Genova. I suoi interessi scientifici riguardano le architetture software distribuite e le tecniche di programmazione concorrente e parallela. Dopo una breve esperienza in Australia verso la fine del dottorato presso il GridsLab dell'università di Melbourne, è tornato a Genova collaborando in un progetto congiunto tra l'università e Telecom Italia. Nel settembre 2007, ha vinto un post-doc bandito dall'ERCIM (*European Research Institute for Informatics and Mathematics*) e si è quindi trasferito all'INRIA (*Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*) nella sezione a sud di Parigi. L'anno successivo è stato confermato all'INRIA con una posizione da expert engineer. La sua attività si concentra sulla progettazione di middleware all'interno del principale progetto francese di cloud computing. E-mail: ropode@gmail.com

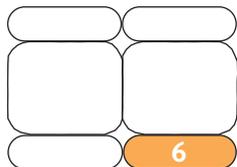
1

0



L'ITALIA DIGITALE VISTA DAL MONDO DELLE IMPRESE

Franco Patini
Fulvia Sala



Un recente Rapporto di Confindustria¹ sottolinea come, nel nostro Paese, lo sviluppo della Società dell'Informazione si sia realizzato in modo ancora incompleto: l'Italia sconta un ritardo pesante nella diffusione della banda larga, di Internet, nella disponibilità di servizi a valore aggiunto in rete. L'alfabetizzazione informatica è l'elemento che più spiega la scarsa diffusione di servizi innovativi. Per recuperare il ritardo di produttività occorrono misure che possano favorire investimenti nel capitale organizzativo, pubblico e privato, nel capitale infrastrutturale ma, soprattutto, nel capitale umano.

1. INTRODUZIONE

In Italia, dopo circa dieci anni dall'inizio della diffusione della rete Internet come fenomeno di massa, lo sviluppo della società dell'informazione, o della conoscenza, sembra essersi realizzato in modo ancora incompleto. I segnali al riguardo sono molteplici: solo un italiano su due accede, tramite Internet, ai servizi disponibili on line; la connessione a banda larga è presente in neppure il 40% delle famiglie; quasi un terzo delle aziende con meno di dieci dipendenti (che rappresentano il 95% del tessuto economico italiano) non dispone neppure di un PC.

Inoltre, le ultime valutazioni di EITO sul mercato ICT dimostrano che, mentre in Europa informatica e telecomunicazioni si spartiscono pressoché equamente il mercato, per l'Italia le

percentuali sono del 65% per le TLC e di solo il 35% per l'informatica. In termini assoluti, la dimensione del mercato italiano delle TLC è allineata con il peso del nostro Paese nell'Europa comunitaria, mentre è fortemente deficitario quello dell'informatica.

Queste poche indicazioni, sia pure nella loro schematicità, rendono ragione delle difficoltà dello sviluppo economico del nostro Paese e della sua ridotta capacità d'innovazione. Al di là di quello che avviene nella fascia alta della domanda, sia business che consumer, - che in questi anni ha saputo cogliere le opportunità offerte dall'ICT per innovare il proprio modo di comunicare, di fare business, di accedere a nuove conoscenze - fasce ancora molto ampie della popolazione e delle aziende sono fuori da questo processo, con il rischio di emarginazione rispetto allo sviluppo del contesto economico e sociale nel quale sono inseriti. In sostanza stiamo assistendo al consolidarsi di un *digital divide* legato ad aspetti socio demografici, quali: età media, reddito, scolarizzazione e cultura, anche nel senso dell'approccio dei manager italiani agli investimenti in ICT.

¹ **Osservatorio Italia Digitale 2.0: Servizi innovativi per il Paese** - a cura dell'Ufficio studi Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici con la collaborazione di Between e il contributo del Dipartimento per la digitalizzazione della Pubblica Amministrazione e l'Innovazione Tecnologica.

	2004	2008
Paesi "leader dell'innovazione"		
Svizzera + Svezia, Finlandia, Germania, Danimarca, Regno Unito	0,425	0,473
Paesi "al passo con l'innovazione"		
Austria + Irlanda, Lussemburgo, Belgio, Francia, Olanda	0,333	0,371
UE27	0,298	0,330
Paesi "moderatamente innovatori"		
Cipro + Islanda, Estonia, Slovenia, Repubblica Ceca, Norvegia, Spagna, Portogallo, Grecia	0,257	0,327
Italia	0,218	0,246
Paesi "in via di recupero"		
Malta, Ungheria, Slovacchia, Polonia, Lituania, Croazia, Romania, Lettonia, Bulgaria, Turchia	0,133	0,142

TABELLA 1
*European Innovation
 Scoreboard*
 (Fonte: Elaborazioni
 Inno Metrics per la
 Commissione Europea
 su dati Eurostat e altri)

L'European Innovation Scoreboard 2008, recentemente pubblicato dalla Commissione europea, dimostra come il nostro Paese stia ancora scontando un forte ritardo, a livello europeo e mondiale, negli indici di innovazione: l'Italia si colloca, infatti, come ultimo tra i Paesi "moderatamente innovatori" (Tabella 1).

Per recuperare il ritardo di produttività dell'Italia un primo presupposto è lo sviluppo di investimenti nel capitale organizzativo pubblico e privato. Il piano *e-Gov* 2012, presentato recentemente dal Ministero per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione, si presenta come una straordinaria opportunità per ridurre l'inefficienza della burocrazia, diminuire i costi, dematerializzare e standardizzare i processi. È fondamentale che, in un pur difficile momento per le economie nazionali, siano individuate quelle risorse che consentano l'avvio del miglioramento del capitale organizzativo delle Pubbliche Amministrazioni. Anche nelle imprese, specie le più piccole, occorre una ridefinizione degli investimenti organizzativi, soprattutto mediante una forte innovazione di processo.

Un ulteriore presupposto al recupero di produttività del nostro Paese è dato dagli investimenti in infrastrutture di rete. Occorre una maggiore capacità di banda e una migliore copertura territoriale perché allargare la banda significa allungare la filiera dei servizi e

dei contenuti offerti e consentire una riduzione del *digital divide*. È quindi auspicabile che vengano rispettati gli impegni governativi nello sviluppo della banda larga.

La ridefinizione dei processi organizzativi e gestionali e gli investimenti in infrastrutture e tecnologie, richiedono necessariamente, per la loro efficacia, un adeguamento delle capacità e delle competenze dei cittadini italiani; queste ultime sono, infatti, ancora insufficienti per la *knowledge society*, e, come tali, rappresentano una condizione vincolante affinché le nuove tecnologie possano produrre i loro effetti sulla produttività del sistema.

Questo scenario è delineato, con dovizia di dati, da un rapporto presentato recentemente da Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici. Lo studio, realizzato in collaborazione con il Dipartimento per la digitalizzazione della PA e l'innovazione tecnologica, analizza la diffusione e l'uso dei servizi innovativi on-line in Italia attraverso indagini e focus specifici; in questa prima fase: famiglie, imprese, comuni, scuole, sanità, infrastrutture di banda larga. Tutti segmenti che, secondo l'associazione degli industriali, rivestono un ruolo strategico per migliorare il sistema Paese e dove il ritardo, nell'utilizzo in modo diffuso e innovativo dei servizi in rete, rischia di rendere problematica l'uscita dell'Italia dalla crisi.

2. LA RETE È ABILITATA DA MENO DEL 50% DEGLI ITALIANI

Secondo l'indagine di Confindustria, il 38% delle famiglie italiane è "analfabeta" dal punto di vista dell'uso degli strumenti informatici e di

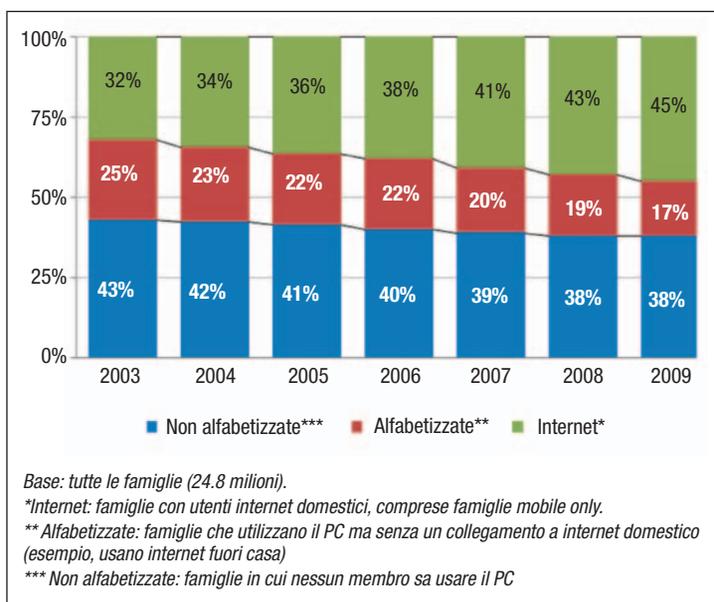


FIGURA 1

Alfabetizzazione ICT delle famiglie italiane (Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi su dati Between 2009)

Internet (Figura 1) Ad esse si somma un ulteriore 17% di famiglie che, pur essendo considerate alfabetizzate perché uno o più membri sa utilizzare il PC, non dispone di un collegamento domestico a Internet. La percentuale di famiglie da raggiungere con servizi innovativi on-line, rimane quindi superiore al 50%.

A spiegazione di questi dati, valgono alcuni elementi forniti da Istat [2]: tra i motivi per cui non si naviga in Internet da casa, le famiglie indicano in primo luogo (41%) la mancanza di capacità, con una quota decisamente più elevata (61%) nelle famiglie di soli anziani (Tabella 2). La seconda ragione, addotta dalle famiglie, è data dallo scarso interesse per Internet (25%). Nell'arco degli ultimi due anni è comunque diminuita sensibilmente la percentuale di chi non utilizza Internet perché lo ritiene inutile (40% nel 2006, 25% nel 2008), a conferma dell'evoluzione della rete da protocollo di comunicazione a infrastruttura di erogazione di servizi, nell'area pubblica e privata; è aumentata invece la quota di persone che non hanno accesso a Internet per scarsa competenza d'uso (32% nel 2006 contro il 41% del 2008). Ciò evidenzia come sia urgente e ancora eccessivamente trascurata la necessità di dotare la

	Accede da altro luogo	I contenuti sono pericolosi	Internet non è utile	Alto costo degli strumenti di connessione	Alto costo del collegamento	Mancanza di capacità	Altri motivi
FAMIGLIE CON ALMENO UN MINORENNE							
2006	18,4	6,9	29,3	19,8	18,5	15,1	18,1
2008	18,9	6,4	17,7	23,2	26,6	19,2	20,0
FAMIGLIE DI SOLI ANZIANI DI 65 ANNI E PIÙ							
2006	0,9	0,7	44,3	2,0	1,8	51,3	15,1
2008	1,4	0,7	29,1	3,2	3,1	61,2	16,9
ALTRE FAMIGLIE							
2006	17,8	1,4	41,0	9,9	10,1	25,2	13,4
2008	20,4	1,6	25,1	13,8	14,7	31,8	15,5
TOTALE							
2006	12,2	2,3	39,6	9,3	9,1	31,9	14,9
2008	12,9	2,2	25,2	11,6	12,6	40,6	16,9

TABELLA 2

Famiglie che non hanno accesso ad Internet da casa per motivo e tipologia familiare. Anni 2006 e 2008. L'informazione viene rilevata ogni due anni (Fonte: Istat)

cittadinanza di alfabetizzazione digitale che consenta al maggior numero possibile di persone l'accesso ad applicazioni in rete. È sempre Istat a indicare come oltre il 60% degli utenti di personal computer non abbia mai seguito corsi relativi al suo utilizzo.

L'alfabetizzazione informatica, in termini qualificati, deve riguardare innanzi tutto i **giovani**: sono loro che guidano la diffusione degli utenti Internet e a loro vanno quindi indirizzati tutti quegli sforzi che sono necessari per portarli in misura sempre maggiore *on line*; sotto questo aspetto la scuola rappresenta una piattaforma cruciale per lo sviluppo della società dell'informazione: sia per l'arricchimento delle competenze e degli *skills* degli studenti, sia per una maggiore efficienza nelle attività gestionali e organizzative delle scuole e, infine, per una maggiore circolazione dei contenuti didattici e l'aggiornamento dei docenti.

Le iniziative in ambito ICT risentono della frammentazione del sistema scolastico, composto di una serie di strati di responsabilità, che coinvolgono un ampio ventaglio di decisori, con compiti differenti: dallo Stato alle Regioni, dalle Province ai Comuni, e ai singoli istituti scolastici indipendenti. Ciò crea una frammentazione delle singole responsabilità che tende a scaricare sulla base (dirigenti d'istituto e docenti) le decisioni finali relative ai piani formativi e alle attività didattiche, ovvero i due tasselli fondamentali, insieme agli aspetti infrastrutturali, dello sviluppo dell'uso dell'ICT nelle scuole. La conseguenza è lo sviluppo disomogeneo di iniziative volte a stimolare l'uso delle tecnologie e dei contenuti digitali nell'istruzione, a volte dettate più dall'iniziativa del singolo che da piani integrati di sviluppo.

Il Governo sta cercando di superare questa disomogeneità dando un impulso infrastrutturale all'introduzione dell'ICT nelle scuole: il Ministero per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione e il MIUR hanno avviato una serie di iniziative volte a stimolare l'introduzione dell'ICT e l'acquisizione qualificata di competenze informatiche. A tale riguardo va, ad esempio, ricordato il progetto di riordino dell'istruzione secondaria di secondo grado, che vedrebbe l'inserimento dell'informatica come materia curriculare in tutte le scuole secondarie superiori.

Competenze informatiche adeguate dovreb-

bero essere fornite anche alle **persone** già inserite **nel mondo del lavoro**. Solo il 18% degli utenti informatici è stato formato a spese del datore di lavoro, contro un 30%, a livello europeo, dato criticato, peraltro, dalla Commissione Europea, in quanto eccessivamente esiguo. Inoltre, secondo l'*European Innovation Scoreboard*, l'Italia, nell'Europa25, si colloca al 21° posto come formazione continua della forza lavoro.

In questo contesto, molto importanti sono le indicazioni che provengono dal Rapporto ISFOL 2009 nonché dal Rapporto della Commissione d'indagine sulla formazione, presieduta da De Rita. In entrambi i documenti si sottolinea l'importanza di un rilancio della formazione, come elemento fondamentale di competitività nella nuova economia. Viene inoltre messo in risalto il ruolo dell'impresa come luogo e motore di apprendimento ed è evidenziata l'importanza di investire nelle persone e nelle competenze riscoprendo e ottimizzando la valenza culturale ed educativa del lavoro. Importante anche quanto è indicato sulla certificazione formale intesa come un'effettiva verifica delle conoscenze, a prescindere dai corsi frequentati che, da soli, non possono rappresentare una prova per l'acquisizione di tali abilità.

La scarsa competenza informatica dei lavoratori comporta non solo un ritardo nell'accesso ad applicazioni innovative, ma rappresenta anche un costo per le aziende e per la collettività.

“La certificazione formale deve interessare la reale verifica delle conoscenze, delle competenze e delle esperienze di un lavoratore a prescindere dai corsi frequentati che possono al più costituire mezzo e non prova per l'acquisizione di esse”.

In base a quanto rilevato nel progetto “Il costo dell'ignoranza informatica” [4], sviluppato da AICA e SDA Bocconi, il tempo che viene perso per difficoltà d'uso degli strumenti informatici comporta – a livello individuale – un costo annuo di circa 2500 €. Se moltiplichiamo questo valore per il numero totale di utenti, ne deriva un costo annuo, per l'intero sistema economico italiano, di circa 17 miliardi di euro. Una cifra talmente rilevante che, pur considerandola un indicatore di larga massa, si pone il problema di come riuscire

TABELLA 3**Il ritardo digitale**

(Fonte: Elaborazioni
Confindustria Servizi
Innovativi e Tecnologici
su dati Eurostat e altri)

Indicatore	Italia	Francia	Germania	Spagna	Regno Unito
Cittadini					
Famiglie con Internet fisso	42%	62%	75%	51%	71%
Famiglie con Broadband	39%	61%	56%	45%	62%
Utenti internet (negli ultimi 3 mesi)	47%	63%	75%	57%	70%

a ridimensionarla; una delle strade da perseguire con fermezza, è sicuramente l'investimento in formazione.

Oltre a coloro che sono già inseriti nel mondo della scuola o del lavoro, vi sono ampi strati della popolazione - quali anziani, disoccupati, casalinghe - che devono essere messi nelle condizioni di trarre vantaggio dalle opportunità offerte dall'ICT.

Il tema della **e-inclusion** è oggetto di grande attenzione da parte dell'Unione Europea, che ha posto il valore della coesione sociale fra i propri modelli di sviluppo. Si ritiene, quindi, fondamentale che tutti quei fattori socio ambientali (età, livello d'istruzione, distribuzione geografica) che già oggi tendono ad escludere strati della cittadinanza da un ruolo attivo nel contesto sociale, non siano amplificati dalla mancanza di capacità d'accesso alle tecnologie digitali.

Le iniziative atte a garantire la partecipazione di tutti i cittadini all'innovazione digitale dovrebbero vedere la compartecipazione, in termini finanziari, sia del settore pubblico che di quello privato. In tempi di crisi economica è comunque chiaro come le priorità delle imprese private siano altre, per cui il settore pubblico diventa oggi il protagonista principale nella definizione e nell'implementazione di politiche adeguate: l'**e-inclusion** rappresenta quindi un'area in cui fondamentale è il ruolo che deve assumere la pubblica amministrazione. In Italia, a oggi, sono quattro le regioni che hanno avviato programmi di formazione per la cittadinanza basati sul programma **eCitizen**². Queste iniziative che, prese singolarmente, risultano molto importanti, testimoniano co-

munque il carattere non sistemico e non coordinato che caratterizza oggi, in Italia, l'intervento pubblico nei processi formativi. Caratteristiche evidenziate anche dal già citato Rapporto della Commissione d'indagine sulla formazione che, a tale riguardo, suggerisce la necessità di una maggiore cooperazione interistituzionale.

Un contesto quale quello italiano, in cui è carente l'alfabetizzazione informatica e, più in generale, la cultura di nuovi strumenti telematici, sconta un ritardo, rispetto ai principali competitor europei, nella diffusione della banda larga (Tabella 3) e nell'utilizzo dei servizi on line più innovativi.

A giugno 2009 erano 10,5 milioni le famiglie con connessione ad Internet fissa, pari al 42% del totale. Le famiglie italiane provviste di una connessione in banda larga "fissa" sono arrivate a 9,7 milioni (Figura 2), pari al 92% delle famiglie on-line, crescendo a un tasso annuo superiore al 10%. Da notare in particolare che l'80% dell'aumento è dovuto al passaggio di circa 800 mila famiglie che avevano già Internet, ma con connessioni più lente.

L'adozione di Internet da parte delle famiglie italiane nel corso dell'ultimo anno è stata inoltre sostenuta dalla disponibilità di nuovi collegamenti in banda larga mobile (via **connect card** e/o chiavette USB). Si stima che un ulteriore 4% delle famiglie italiane sia ormai connesso attraverso le reti mobili. In ogni caso permane un forte ritardo digitale rispetto ai principali Paesi europei.

Una prima ragione di questo ritardo va cercata nel profilo socio-demografico delle famiglie: Internet e la banda larga entrano soprattutto

² **e-Citizen** è un progetto europeo, promosso in Italia da AICA, strutturato per fornire un livello base di conoscenze relative soprattutto all'area Internet; il programma intende rivolgersi soprattutto alle persone che vogliono acquisire quel livello base di abilità necessario per accedere alla molteplicità dei servizi on-line, sia in ambito pubblico che privato.

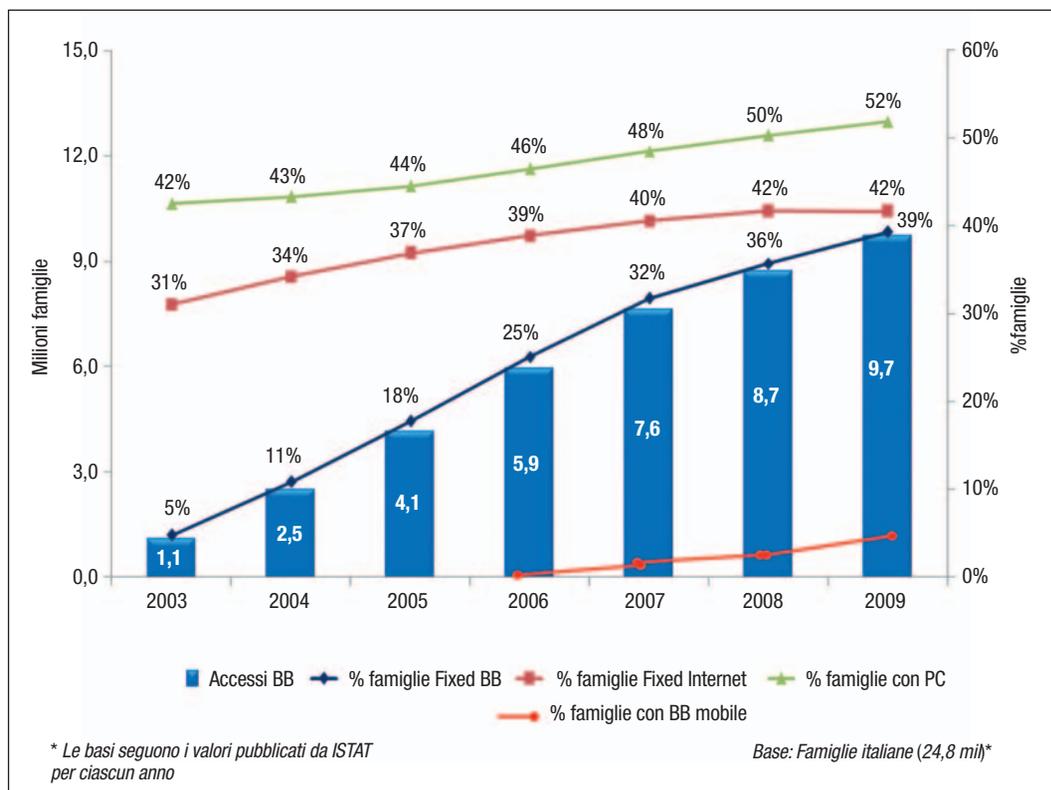


FIGURA 2
 Diffusione della banda larga nelle famiglie
 (Fonte: Osservatorio Banda Larga - Between, giugno 2009)

nelle famiglie con una forte componente giovanile, un livello culturale sviluppato e un reddito medio alto. Soprattutto per il primo aspetto (età media) l'Italia sconta un problema demografico rispetto al resto dell'Europa.

Vi è poi un fattore di localizzazione geografica. Oggi l'accesso a Internet a banda stretta riguarda ancora il 6% delle famiglie *on-line*, che si trovano molto spesso in aree non urbane o in centri di piccola dimensione. Dati che confermano l'esistenza di un "divide orografico - di localizzazione" che concorre a determinare le scelte di connessione. Il livello di copertura della banda larga è infatti allineato a quello europeo nelle aree urbane e suburbane, mentre permane un divario significativo nelle aree rurali. Si è stimato che, per il 12% della popolazione, l'accessibilità ai servizi a banda larga non solo risulta essere un problema attuale, ma rischia di continuare ad esserlo anche in futuro. Un contributo alla riduzione di tali differenze dovrebbe venire dalla riduzione dei costi d'accesso alla banda larga satellitare e dai recenti investimenti infrastrutturali nel *WiMax* e nella banda larga mobile in alcune regioni.

Nel nostro Paese, c'è un ulteriore livello di cri-

ticità. Secondo un rapporto 2009 delle università di Oxford e Oviedo, le velocità effettive italiane sono nella fascia più bassa dei paesi europei e, fra tre - cinque anni, saranno obsolete in rapporto alle nuove esigenze degli utenti Internet.

Non vi sono, attualmente, elementi promettenti che facciano pensare a un miglioramento della situazione nel medio termine. È recente il rinvio del piano governativo che prevedeva stanziamenti per portare i 20 Mbit al 96% della popolazione, entro il 2012, e garantire almeno i due *megabit* alla parte restante. Le nuove connessioni a banda larga, legate all'implementazione dei sistemi VDSL2, che forniranno servizi *broadband* con velocità superiori ai 50 Mbit/s, arriveranno, nel medio periodo, solo nelle metropoli del Centro Nord, creando nuove forme di divario infrastrutturale. Mentre la Germania prevede di estendere le nuove connessioni al 75% delle case entro il 2014, e la Francia a 4 milioni di case nel 2012 (con un investimento di 10 miliardi di euro), in Italia non c'è, al riguardo, alcun piano di sostegno pubblico.

Con riferimento all'uso della rete, le famiglie che usufruiscono della banda larga sono caratterizzate da un significativo ricorso ai ser-



vizi *on-line*. L'uso più diffuso di Internet riguarda l'area della comunicazione: l'*e-mail* è utilizzata presso il 95% delle famiglie con banda larga. Il passo successivo è rappresentato dall'utilizzo delle applicazioni transattive (Figura 3): *eCommerce* (35%), relazioni con le banche (49%) e con la Pubblica Amministrazione (39%). In particolare, per quanto riguarda i servizi di *egovernment*, il 43% delle famiglie con Internet accede ai siti dei comuni, prevalentemente per scaricare moduliistica; il 35% delle famiglie usa i servizi erogati *on-line* dalle scuole, mentre un 27% ha accesso ai servizi sanitari, per lo più a carattere informativo che transattivo.

Lo stadio più evoluto nel percorso di adozione di Internet è, infine, rappresentato da un approccio sempre più interattivo degli utenti in rete, grazie al quale si pubblicano propri contenuti sul *web* (*upload* proprie foto, *blog* personali) o si creano reti di relazioni attraverso *social network* (Figura 4). In particolare i so-

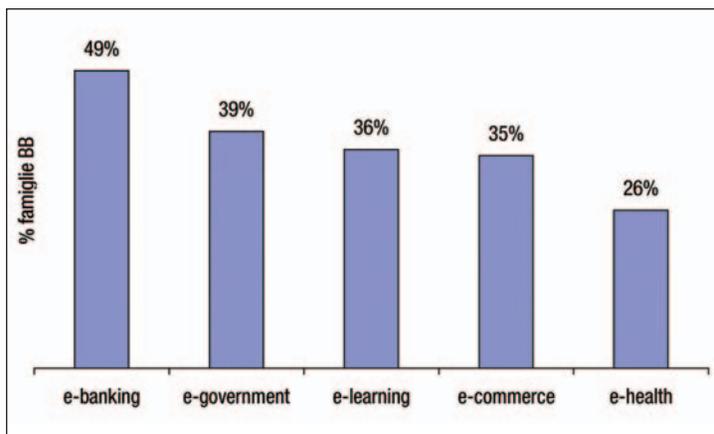


FIGURA 3

Diffusione delle applicazioni transattive nelle famiglie che utilizzano la banda larga (Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between 2009)

cial network hanno registrato una crescita importante e unica tra tutti i servizi *on-line*: appena un anno fa le famiglie utenti di *social network* erano il 19% contro il 68% di oggi.

Lo stretto rapporto tra servizi *on-line* e famiglie provviste di banda larga indica che l'uso della rete sta evolvendo da un approccio meramente comunicativo a uno che può configurarsi come "la parte abilitata della rete", nel quale si diffonde l'uso di servizi e contenuti sempre più interattivi e di elevata qualità. D'altro canto la maggiore disponibilità di contenuti e servizi *web 2.0* aumenta l'esigenza di avere collegamenti veloci.

3. GLI INVESTIMENTI ICT DELLE PMI NON SONO ANCORA ASSOCIATI A OBIETTIVI DI BUSINESS

Lo scenario italiano, a livello d'impresa, registra ancora un significativo *digital divide* nell'uso dell'ICT; se la diffusione di piattaforme di base, nelle imprese sopra i 50 dipendenti, è allineato a quello europeo, il ritardo si coglie, invece, nella piccola dimensione, caratteristica dell'imprenditoria italiana più che altrove.

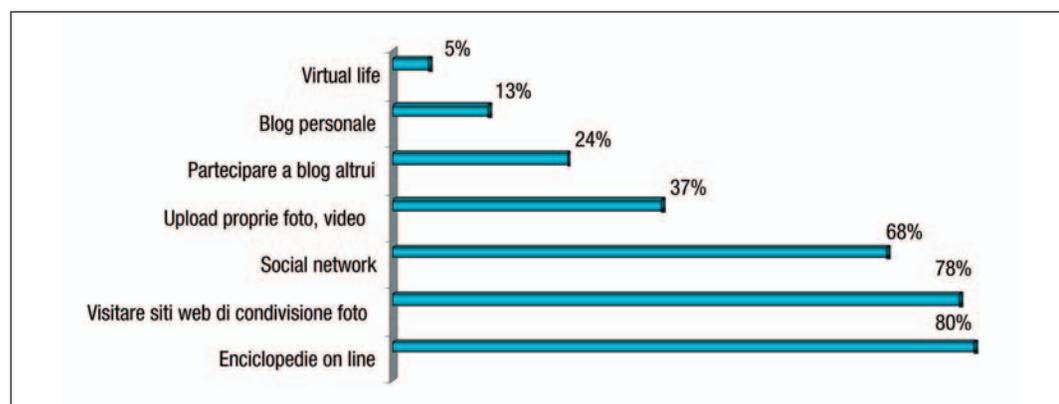
Il 29% delle aziende con meno di dieci addetti è ancora privo di un *personal computer* e il 48% non ha la connessione in banda larga (Figura 5).

Si può quindi parlare di *digital divide* manageriale più che territoriale: non è la localizzazione geografica a spiegare il non accesso ad Internet, bensì la scarsa informatizzazione delle aziende più piccole con una cultura manageriale non ancora legata all'uso delle nuove tecnologie, che porta ad una pericolosa sottovalutazione del ruolo dell'ICT come strumento a supporto della gestione del *business*.

FIGURA 4

Diffusione dei servizi *web 2.0* nelle famiglie broadband

(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between 2009)



Sul tema PMI-Innovazione ci sono numerose azioni di “sistema” per incoraggiare l’innovazione nelle PMI. Tra le altre è degna di nota l’iniziativa Assinform: “Sviluppo della domanda IT”, caratterizzata da un particolare focus sulle PMI italiane, molto operativa e con ipotesi concrete “cantierabili” e di prossima pubblicazione.

Nelle piccole imprese, con meno di dieci dipendenti, (il 95% del totale) la barriera è ancora nell’approccio all’IT prima che all’*on-line*: solo il 70% delle aziende più piccole sono informatizzate, contro valori vicino al 100% nelle classi dimensionali superiori. Una volta che l’informatica è entrata nelle microimprese, sia l’accesso ad Internet che l’uso della banda larga sono molto spesso presenti: Internet nel 64% delle aziende, la banda larga nel 52%. Maggiori resistenze si incontrano, in queste piccole realtà, nell’adozione di piattaforme *on-line* a valore aggiunto: siti *web* (31%), *intranet* (9%) o *extranet* (3%).

L’utilizzo e l’offerta di servizi *on-line* è una prassi che si sta diffondendo, nelle aziende italiane, con notevoli discontinuità. Sia che si consideri l’accesso ai servizi transattivi offerti da terze parti (*eBanking*, *eGovernment*) sia che si esamini lo sviluppo di servizi interattivi da parte delle stesse aziende (vendite e acquisti *on-line*), l’aspetto dimensionale rappresenta, ancora una volta, la linea di demarcazione

fra utenti o sviluppatori più o meno intensivi. I servizi *on-line* più utilizzati riguardano i rapporti con il sistema bancario e la Pubblica Amministrazione, ovvero i due principali interlocutori delle aziende per la gestione della loro attività, con tassi del 100% o di poco inferiori per le imprese da 50 addetti in su e comunque molto elevati per tutte le categorie dimensionali (Figura 6).

Nei rapporti *on-line* con le Pubbliche Amministrazioni centrali e locali, una volta che si è iniziato a utilizzare tali servizi, l’accesso diventa molto esteso, sia in termini di gamma dei servizi utilizzati che di penetrazione dell’uso tra le diverse fasce dimensionali aziendali.

In particolare, scaricare e compilare moduli, riguarda la grande maggioranza delle aziende che utilizzano i servizi *on-line* della PA, mentre con percentuali decisamente inferiori vengono svolte attività più interattive, quali pagamenti *on-line*, attuazione e controllo di procedure amministrative. Ciò dipende in larga misura dal fatto che la maggior parte degli enti della P.A. offre *on-line* applicazioni spesso ancora poco interattive, come appunto il download della modulistica, ed è ancora carente l’offerta di applicazioni a maggior valore. Vi possono inoltre essere altre motivazioni, quali problemi di *privacy* o di sicurezza delle transazioni.

Molto meno sviluppato è invece l’uso di applicazioni aziendali, ovvero l’acquisto e la vendita

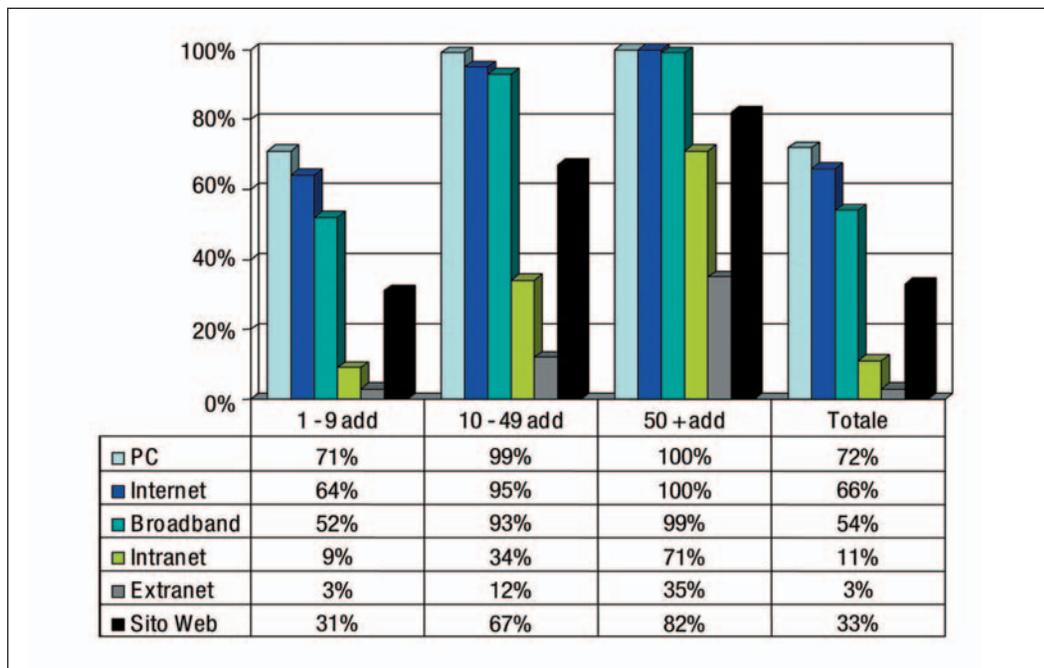
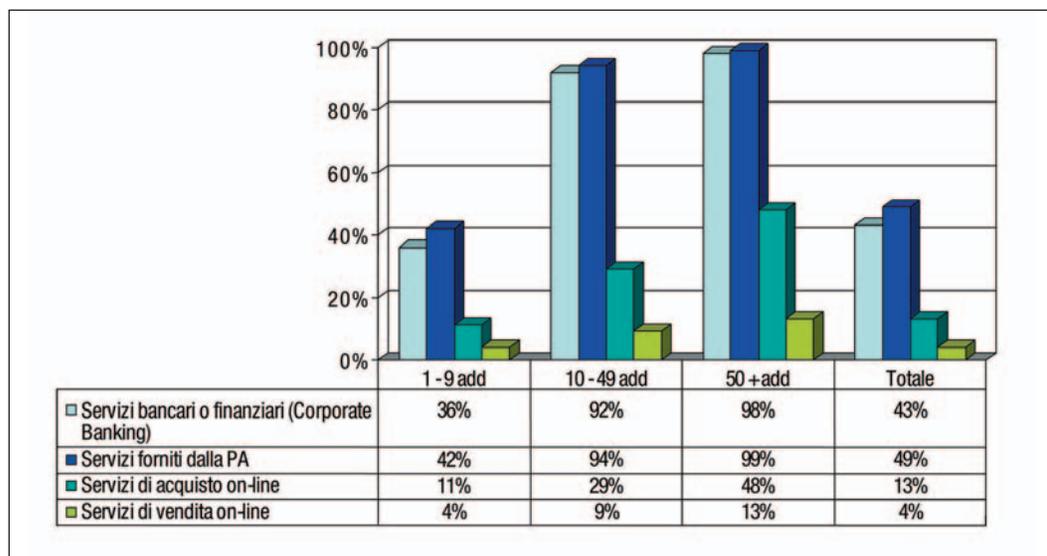


FIGURA 5
Dotazione tecnologica delle aziende: piattaforme e servizi internet
(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between, 2008)

FIGURA 6

Servizi on-line transattivi utilizzati

(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between, 2008)



on-line di beni e di servizi. Le imprese italiane rivelano, cioè, una tendenziale inerzia a cogliere le opportunità offerte dalla rete e rimangono prevalentemente legate a logiche tradizionali di integrazione con i clienti e gli altri operatori. Se l'acquisto in rete, almeno nelle imprese medie e grandi, è ormai una realtà consolidata, la vendita on-line è quasi inesistente nelle fasce dimensionali più piccole, e anche per le grandi aziende (oltre 250 dipendenti) non supera il 17% del totale di queste imprese.

Infatti, il dato sulla percentuale di imprese italiane che hanno ricevuto ordinativi on-line è il peggiore nell'UE15: un 2% contro un valore medio europeo che si attesta sul 18%, senza traccia di crescita negli ultimi anni.

È ormai acquisito come i processi innovativi e le nuove forme organizzative di impresa siano condizionati da un uso evoluto dell'informatica, basato su efficaci integrazioni e condivisioni collaborative con clienti, fornitori, partner. Nelle aziende italiane è ancora bassa la possibilità data dalle aziende ai propri interlocutori di interagire in rete; è stato infatti stimato che una percentuale variabile tra il 16% ed il 50% delle aziende, con punte del 63% fra quelle con più di 250 dipendenti, dia a soggetti esterni la possibilità di accedere ad applicazioni on-line residenti in sezioni riservate del proprio sistema informativo. I clienti sono i soggetti con i quali l'azienda interagisce on-line più frequentemente (gli unici interlocutori nelle aziende di piccola dimensione). Salendo di dimensione aumenta il peso percentuale di altri

soggetti, in particolare dei fornitori; l'attenzione è sempre posta sulle attività commerciali ma l'intero ciclo di attività dell'azienda viene reso più efficiente grazie all'on-line.

Considerando i servizi in rete messi a disposizione dalle aziende sul proprio sito web (Figura 7), è una prassi diffusa tra tutte le classi dimensionali quella di offrire informazioni sui propri prodotti e servizi, inclusi in alcuni casi anche i listini prezzi. Per applicazioni più interattive, e quindi integrate con le applicazioni aziendali, si ritrova il divario tra microimprese e le altre classi dimensionali: ciò vale per gli ordini on-line e soprattutto per i servizi post vendita (presenti nel 2% dei casi tra le imprese sotto i 10 dipendenti, fino al 21% tra quelle con più di 50 dipendenti). È quindi appannaggio di un numero minore di aziende il passaggio dalla fase informativa a quella esecutiva: ordini, pagamenti e assistenza post vendita.

Le imprese italiane manifestano quindi un grave ritardo nei processi di diffusione delle tecnologie e applicazioni informatiche quale effetto di una carenza formativa e della scarsa diffusione di una cultura legata all'uso delle nuove tecnologie. È evidente la necessità di uno sviluppo di competenze informatiche e di professionalità con una forte capacità di interpretazione dell'innovazione tecnologica. Questo conduce all'esigenza di programmi formativi e di qualificazione dei profili professionali; occorre anche la convergenza di tutti gli attori interessati – istituzioni pubbliche, imprese, formazioni e università – verso iniziative che favorisca-

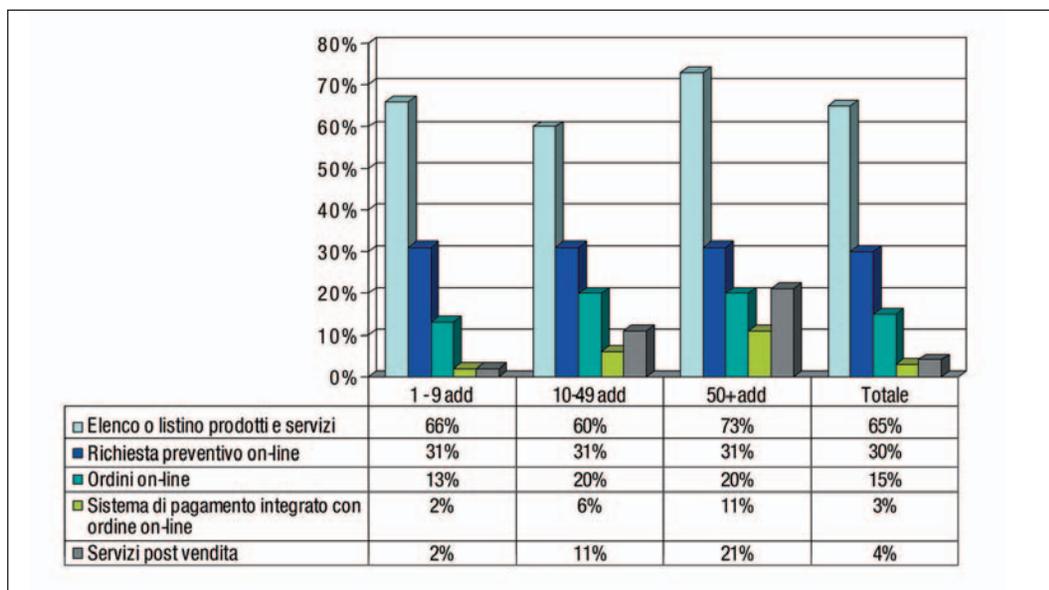


FIGURA 7

Servizi offerti dal sito web aziendale (Base: aziende con sito web).

(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between, 2008)

no il monitoraggio dei fabbisogni e lo sviluppo delle competenze secondo modelli condivisi.

4. E-GOVERNMENT: INFORMATIZZAZIONE SENZA INTERAZIONE

Negli scorsi anni la P.A. ha fatto investimenti e sforzi organizzativi importanti per migliorare una serie di servizi *on-line*: una classifica europea relativa a 20 servizi di *eGovernment* pienamente disponibili *on-line*, vede l'Italia al di sopra della media UE27 e allineata ai principali paesi occidentali.

Il livello di disponibilità dei servizi, comunque, varia sia in funzione della tipologia di ente erogatore che in funzione dell'interlocutore (cittadino o impresa) e del grado di interattività del servizio stesso. Il processo di digitalizzazione è quindi ancora molto disomogeneo. Il ricorso ai servizi *on-line* da parte dei cittadini, per interagire con la P.A., è ancora nettamente inferiore alla gran parte dei paesi europei; superiore alla media continentale è invece l'utilizzo di tali servizi da parte delle imprese, anche se, rispetto al grado di interattività caratterizzato dalla possibilità di inviare pratiche direttamente *on-line*, il segmento delle imprese mostra un certo ritardo: sintomo, da un lato, di una mancata rispondenza della P.A. ad alcuni servizi ma anche di un ritardo culturale delle nostre imprese. Quando ci si riferisce alla Pubblica Amministrazione, tuttavia, si deve tenere conto dell'e-

strema eterogeneità dei soggetti pubblici che rientrano in questo macro settore. Nello studio di Confindustria è stata approfondita l'analisi di Comuni, Scuole e Strutture Sanitarie.

Il filo conduttore del processo di innovazione che coinvolge questi soggetti pubblici è il processo di digitalizzazione delle attività. Tale processo si declina in modi e tempi diversi, secondo la tipologia delle Pubbliche Amministrazioni: nei Comuni si parla di dematerializzazione dei rapporti con aziende e cittadini, nelle scuole si portano in rete le relazioni all'interno del sistema scolastico e verso gli studenti e le famiglie, nella sanità si sviluppano applicazioni di sanità elettronica. La digitalizzazione della P.A. può ridurre in maniera significativa il costo della burocrazia che, in Italia, vale il 4,6% del P.I.L. Il processo innovativo è in atto da tempo ma ha ricevuto uno stimolo molto importante dal recente Piano Industriale per la P.A. promosso dal Ministero per la Pubblica Amministrazione e Innovazione. Da parte delle imprese c'è molta attenzione per questa iniziativa che rappresenta una buona opportunità per accelerare la penetrazione delle tecnologie nelle famiglie e nelle imprese mediante un accesso crescente a servizi pubblici digitalizzati. La Pubblica Amministrazione è infatti uno dei principali interlocutori, sia per le aziende che per i cittadini, e può avere, per dimensioni e per ruolo, un peso considerevole nel processo di sviluppo del paese: sia perché acquirente di servizi e tecnologie, sia perché impegnata in un processo molto ampio di



innovazione, che può attivare un effetto di trascinamento su tutti i soggetti. Sotto il primo punto di vista la qualità della domanda pubblica è, infatti, una leva fondamentale per aumentare la competitività delle imprese e i loro investimenti in Ricerca e Innovazione. A tale riguardo è auspicabile un maggior ricorso alle esternalizzazioni di attività *non core* delle Pubbliche Amministrazioni, accompagnato dal superamento del fenomeno degli affidamenti diretti, senza gara, ad imprese di proprietà pubblica; una completa liberalizzazione dei mercati non comporterebbe oneri sul bilancio dello Stato e potrebbe generare occasioni positive, di maggiore efficienza e produttività.

I **Comuni** rappresentano un interlocutore chiave di cittadini e aziende. Per valutare correttamente l'approccio all'innovazione digitale dei Comuni, occorre innanzitutto considerare un dato dimensionale: più del 70% dei comuni italiani ha meno di 5.000 abitanti e rappresenta meno del 20% della popolazione. Ne consegue che la maggior parte delle amministrazioni comunali ha strutture molto ridotte e un numero limitato di interlocutori, siano individui o aziende. Inoltre, i Comuni con meno di 2.000 abitanti hanno in media 8 dipendenti, che salgono a 29 nei Comuni tra 2.000 e 10.000 abitanti. Con un'organizzazione così ridotta, non stupisce quindi che solo il 19% delle amministrazioni comunali abbia un ufficio o un servizio di informatica, e ciò non può non impattare sulle modalità con le quali l'ICT si diffonde nella loro operatività. Un esempio in questo senso è la diffusione dello Sportello unico informatizzato. La normativa originale (DL 112/98) conferiva ai Comuni tutte le funzioni amministrative concernenti la realizzazione, la cessazione, la riattivazione, la localizzazione di impianti produttivi, funzioni suddivise fra diverse Amministrazioni. Tuttavia, a oggi, questa piattaforma non ha ancora avuto la diffusione attesa; si stima infatti che non più del 20% dei Comuni si siano dotati dello sportello unico telematico, anche per le difficoltà riscontrate dalle Amministrazioni comunali a gestire le relazioni con un insieme così ampio di soggetti, molto diversi tra loro.

In generale, comunque, l'adozione dell'ICT risulta diffusa, anche se con grandi differenze tra le singole realtà. Il problema non è l'informatizzazione di base: tutti i Comuni sono informatizzati, accedono a Internet, nella maggior parte dei casi con collegamenti a banda larga, e in misura significativa (82%) hanno un sito *web*. La digitalizzazione sembra essere avvenuta però soprattutto per questioni amministrative, per dialogare in rete con gli enti centrali della PA (Agenzia delle Entrate, Anagrafe, INPS, CdC ecc.), mentre i servizi in rete per gli utenti sono ancora poco diffusi. In sostanza, il livello attuale di informatizzazione dei Comuni italiani, per quanto siano numerosi i casi di eccellenza, sembra indotto più dal dover soddisfare una serie di adempimenti *on-line* rispetto a vari enti della pubblica amministrazione, che da uno stimolo sentito dagli amministratori nei confronti degli utenti, cittadini o imprese.

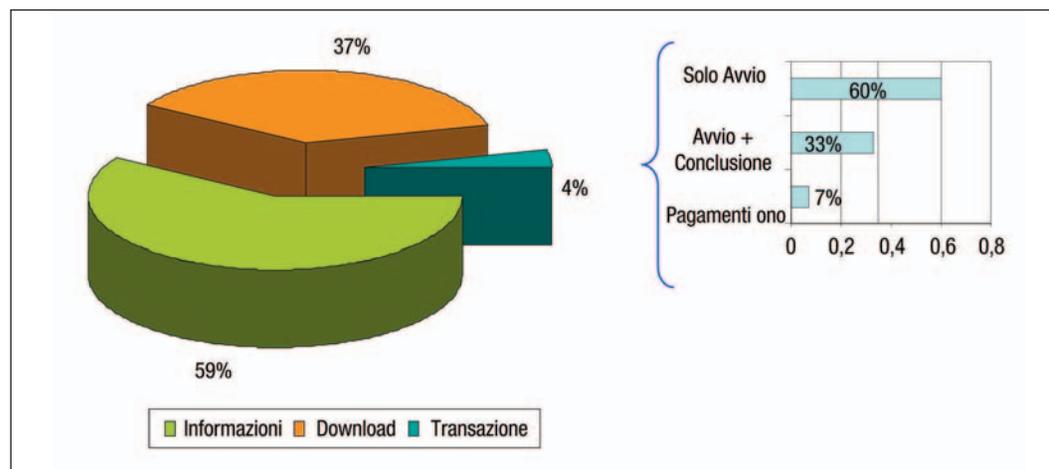
Il livello di interattività dei Comuni risulta ancora molto basso (Figura 8): l'offerta di servizi è ancora molto spesso limitata ai soli contenuti informativi, come accade per il 59% dei siti *web* dei Comuni. Il 37% dei Comuni consente invece di scaricare moduli e solo il 4%

Il livello di interattività dei Comuni risulta ancora molto basso (Figura 8): l'offerta di servizi è ancora molto spesso limitata ai soli contenuti informativi, come accade per il 59% dei siti *web* dei Comuni. Il 37% dei Comuni consente invece di scaricare moduli e solo il 4%

FIGURA 8

Il livello di interattività dei siti dei Comuni (Base: Comuni con sito web)

(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between, 2008)



mette a disposizione applicazioni veramente interattive, quali l'avvio e/o conclusione di pratiche, pagamenti *on-line*.

Una situazione analoga è presente nel **mondo della scuola**. Le scuole italiane, pur presentando una dotazione tecnologica di base di buon livello (Figura 9), sono ancora indietro nel processo di implementazione delle funzioni più cooperative offerte dalla tecnologia nei rapporti con le famiglie e gli studenti. Non a caso nel piano *eGovernment 2012* due elementi chiave sono l'informatizzazione della relazione scuola – famiglia e la divulgazione delle informazioni fra scuole.

Per quanto riguarda l'offerta di servizi in rete, la loro disponibilità su larga scala è garantita, innanzi tutto, dalla diffusione dei siti *web* delle scuole, presenti ormai in oltre il 70% degli istituti. Considerando le applicazioni sviluppate dalle scuole, è evidente, in primo luogo, una disponibilità praticamente generalizzata di informazioni sulla scuola e sul piano formativo dell'offerta.

Per quanto riguarda l'area delle relazioni interattive è stata avviata, in primo luogo, la relazione con i docenti: sia attraverso la pubblicazione di indirizzi *e-mail* (40%), sia attraverso specifiche aree del sito dedicate alla comunicazione con gli insegnanti (20%). I siti *web* sono ancora da sviluppare nelle prestazioni più interattive: collaborazione tra studenti (13%), registro elettronico (7%), iscrizioni e pagamenti *on-line* (2%). Vi sono comunque significative differenze fra istituti di diverso ordine e grado, come conseguenza di uno sviluppo disomogeneo di iniziative atte a favorire l'uso di tecnologie e contenuti informatici nel mondo scolastico.

I PC sono dunque entrati nelle scuole, ma poco nelle aule e molto di più nei laboratori e negli uffici amministrativi; il collegamento ad Internet non sembra ancora uno strumento di lavoro integrato nell'insegnamento. Occorre dunque stimolare un approccio che veda l'ICT più calato nella didattica; ciò deve avvenire all'interno di una *policy* che faccia da quadro a una serie di iniziative relative a tutti i soggetti coinvolti (istituzioni pubbliche, docenti, studenti e loro famiglie, editoria, imprese) e che porti a un superamento della frammentazione e dello spontaneismo che troppo spesso caratterizza le iniziative in corso. L'industria ICT, ad esempio, dovrebbe impegnarsi nel rendere economicamente

sostenibili soluzioni tecnologiche che aiutino il processo di digitalizzazione della scuola. Fondamentale anche il coinvolgimento dei docenti: al riguardo vanno definiti tempi, responsabilità e incentivi per l'applicazione nella didattica di nuovi contenuti digitali e va reso obbligatorio l'adeguamento delle competenze mediante il conseguimento di un patentino informatico. Importanti sono anche lo sviluppo di nuovi modelli didattici – cognitivi – pedagogici e la creazione di contenuti digitali didattici.

Difficilmente il sistema scolastico potrà trovare autonomamente le risorse e le competenze indispensabili per effettuare quel salto di qualità, nel processo di informatizzazione, che è oggi necessario: gli investimenti richiesti potrebbero essere reperiti anche in una logica di *project financing* tra istituzioni e imprese.

All'interno del processo di modernizzazione della Pubblica Amministrazione, **la Sanità** rappresenta uno degli snodi critici più importanti, sia per le caratteristiche peculiari del settore, per la relazione diretta fra il suo funzionamento e la qualità della vita, ma anche per i numeri che la accompagnano: nel 2009 una spesa sanitaria stimata in circa 145 miliardi di euro, una rete composta da circa 250.000 unità locali e circa 1.4 milioni di addetti. In un contesto di invecchiamento della popolazione e di una crescente domanda quantitativa e qualitativa, si delinea sempre più la necessità, per il sistema sanitario, di controllo della spesa pubblica, di obiettivi di efficienza e di riduzione dei costi dei servizi sanitari.

L'evoluzione digitale rappresenta una delle

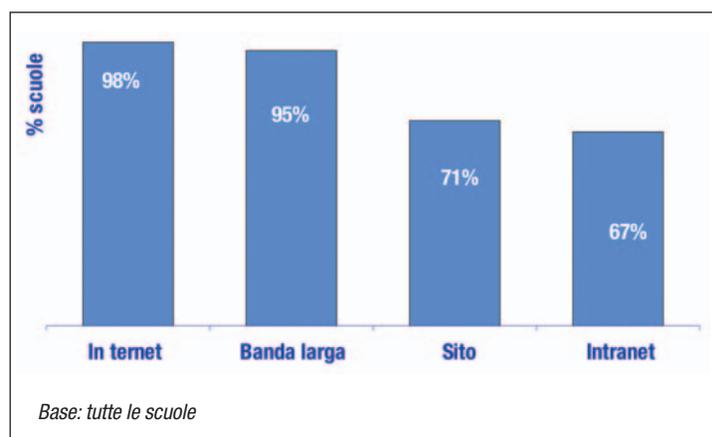


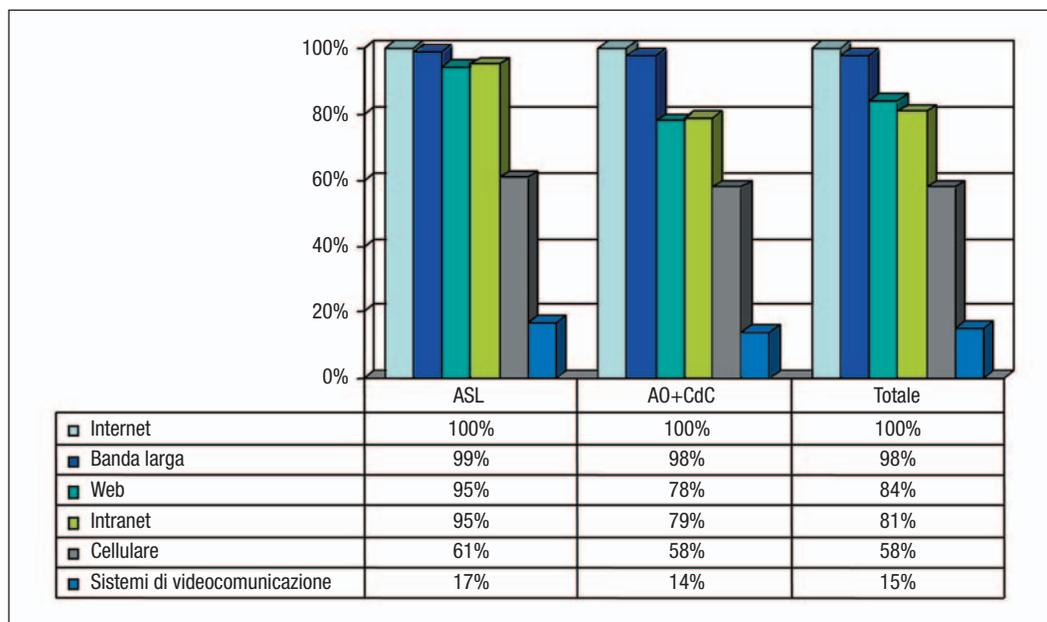
FIGURA 9

Dotazione ICT nelle scuole. (Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between, 2008)

FIGURA 10

Diffusione delle piattaforme ICT per tipologia di struttura sanitaria

(Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between 2008)



principali linee guida di sviluppo del settore, come viene ribadito nel Piano *e-Government* 2012 che prevede di digitalizzare alcuni servizi elementari (prescrizioni e certificati di malattia digitali, sistemi di prenotazione *on-line*) e creare le infrastrutture per un'erogazione di servizi sanitari sempre più vicini alle esigenze dei cittadini (fascicolo sanitario elettronico e innovazione delle strutture delle aziende sanitarie). Lo sviluppo delle applicazioni di sanità elettronica richiede comunque una diffusione capillare di piattaforme ICT di base, che ne rappresentano il pre-requisito logico e funzionale. Da questo punto di vista, per quanto riguarda le piattaforme di base, le strutture sanitarie italiane dimostrano un livello di sviluppo significativo (Figura 10).

Passando a considerare le applicazioni sviluppate sui siti *web* delle aziende sanitarie che ne sono dotate (l'84% del totale), si nota ancora un'apparente difficoltà ad andare oltre un'impostazione *web 1.0*, centrata sull'offerta di informazioni (sulla struttura sanitaria o di carattere medico) e su un livello di interattività limitato al *download* di modulistica e alla possibilità di inviare *e-mail* ai reparti/direzioni sanitarie. Un approccio di questo tipo non sfrutta, se non in piccola parte, le opportunità offerte dal *web*: applicazioni più calate nell'operatività sono, infatti, ancora poco sviluppate, soprattutto per ciò che riguarda la possibilità di effettuare tramite la rete prenotazioni, pagamenti e ritiro esami (Fi-

gura 11). La stessa situazione si riproduce nel livello di apertura a soggetti esterni alla struttura sanitaria: solo il 23% delle strutture dotate di sito *web* prevede l'accesso ad aree riservate per mezzo di *password*. Nella maggior parte dei casi si tratta di applicazioni destinate ai medici di famiglia (69%), mentre la categoria meno considerata è quella dei cittadini, ossia degli utenti finali del servizio sanitario (21%).

I servizi di sanità elettronica a supporto dei processi di cura (come tele radiologia, tele assistenza, tele cardiologia, tele consulto, tele monitoraggio) sono sviluppati da meno di un terzo degli operatori, soprattutto ASL e strutture ospedaliere ad esse collegate.

In ogni caso il grado di innovazione è molto eterogeneo all'interno del sistema sanitario; questo può dipendere sia da un livello di coordinamento ancora limitato tra le iniziative sviluppate, sia da un'obiettivo eterogeneità dei bisogni che la sanità elettronica può soddisfare e, quindi, di piattaforme associate a tali bisogni. Una maggiore integrazione dell'ICT nell'attività sanitaria richiede che siano risolte alcune questioni ancora aperte: dall'ingegnerizzazione delle piattaforme applicative, agli aspetti di standardizzazione e interoperabilità, alle conoscenze e competenze necessarie all'interno delle strutture sanitarie.

Uno studio, condotto da AICA e Università Bocconi nel settore sanitario [5], ha dimostrato come quasi la metà dei dipendenti delle Aziende

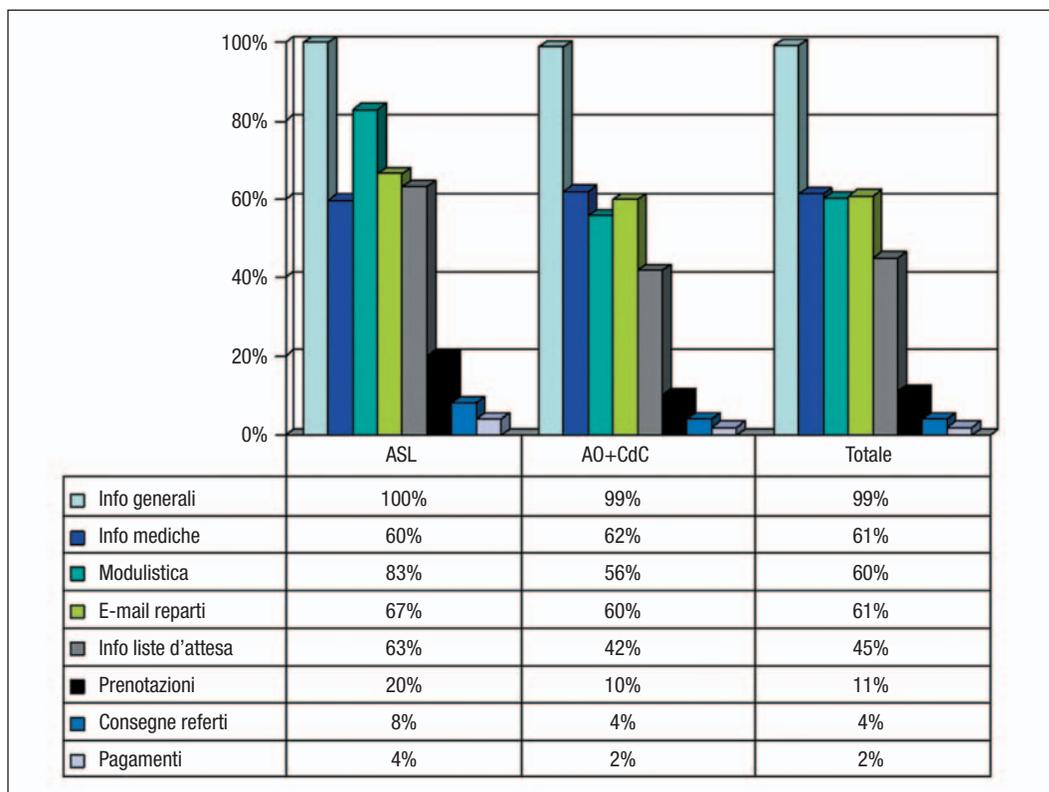


FIGURA 11
 Applicazioni disponibili sul sito web per tipologia di struttura sanitaria
 (Fonte: Elaborazioni Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici su dati Between 2008)

Sanitarie e Ospedaliere usi strumenti informatici: tuttavia sei utenti su dieci lamentano una preparazione non adeguata; gli operatori sanitari dimostrano, cioè, ancora un livello insufficiente di formazione ICT e un'incompleta consapevolezza del cambiamento culturale che l'e-health implica per la gestione della salute.

5. CULTURA DIGITALE E SERVIZI INNOVATIVI PER USCIRE DALLA CRISI

La crescita di un sistema economico rappresenta l'esito dell'utilizzo di quantità maggiori di fattori produttivi oltre che di un loro utilizzo più efficiente. La maggiore efficienza riflette cambiamenti culturali, organizzativi e, più in generale, tutto ciò che va al di là della semplice immisione nei circuiti produttivi, di volumi maggiori di capitale e lavoro. Negli ultimi quindici anni le tecnologie ICT hanno svolto un ruolo centrale nel processo di sviluppo di tutti i Paesi. Sia perché esse hanno assunto un ruolo pervasivo in tutti i settori dell'economia, sia perché le nuove tecnologie hanno, di fatto, modificato radicalmente il funzionamento dell'economia. Sussistono comunque elementi di complementa-

rietà che devono essere soddisfatti perché le nuove tecnologie possano produrre i loro effetti sulla produttività del sistema; in particolare: investimenti nella qualificazione dei lavoratori, nei cambiamenti organizzativi e in innovazione. All'interno della drammatica crisi che l'Italia sta oggi fronteggiando, la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie e servizi sono gli elementi base per ricostruire la nostra competitività e quindi il nostro futuro. L'attuale momento di crisi non deve perciò penalizzare gli investimenti in innovazione perché la ripresa economica, quando arriverà, si concretizzerà in un aumento della domanda di beni e servizi a maggior contenuto di innovazione. Superata la crisi, il nostro Paese rischia di trovarsi con un capitale privato – fisico e umano – depauperato dal forte calo degli investimenti e dall'aumento della disoccupazione; occorre, quindi, puntare a conseguire una più alta crescita nel medio periodo. La sfida competitiva si gioca sulla capacità di recuperare velocemente il gap finora accumulato sul versante del capitale organizzativo (non solo nella Pubblica Amministrazione ma anche in alcuni settori imprenditoriali), del capitale fisico e del capitale umano. Per questo, all'interno del Coordina-

mento Servizi e Tecnologie di Confindustria, sono stati avviati gruppi di lavoro, con la partecipazione di oltre cento persone, per lo sviluppo di proposte innovative concrete: progetti pre - competitivi per l'innovazione del Paese in aree quali sanità, turismo, logistica, energia, PMI. Per tutti i settori, il modello di sviluppo è quello basato sull'innovazione delle tecnologie informatiche e delle comunicazioni elettroniche, sui servizi *Internet based* e sulle connessioni a banda larga, *wired o wireless*.

Per supportare prodotti e servizi innovativi è fondamentale un piano di sostegno all'infrastruttura di comunicazione: estensione della banda larga in aree non connesse, miglioramento delle reti esistenti per sostenere le comunicazioni ultra veloci e avvio degli investimenti in reti di nuova generazione.

L'elemento centrale, per il successo e la produttività dell'innovazione tecnologica, è rappresentato comunque dalle competenze ICT. Occorre evitare che la velocità di diffusione di nuove applicazioni e servizi in rete generi ulteriori divari rispetto alla velocità con cui si formano le professionalità e, in genere, si diffonde la cultura informatica nel nostro Paese.

Riprendendo quanto scritto dal Ministro del lavoro nella prefazione del Rapporto della Commissione sulla formazione, è importante che le persone possano dimostrare, e vedano certificate, quelle abilità acquisite in situazione di apprendimento non solo formale.

“l'attenzione deve essere diretta alle conoscenze, abilità e competenze che la persona ha acquisito in situazioni di apprendimento non solo formali, che è in grado di dimostrare e che ha il diritto di vedere certificate”.

L'impegno di AICA, in stretta collaborazione con Confindustria e con le componenti più attive e sensibili della pubblica amministrazione, è quella di creare un ponte di collegamento e di scambio tra le esigenze del mondo produttivo e il sistema formativo. Le forme concrete dell'impegno di AICA si chiamano ECDL, per la certificazione delle competenze di base dell'utente, ECDL Sanità, per rispondere alle esigenze di aggiornamento degli operatori sanitari; eCitizen, per promuovere l'accesso alle reti da parte dei cittadini; EUCIP che definisce le competenze e i profili professionali nel settore informatico.

Bibliografia

- [1] Osservatorio Italia Digitale 2.0: *Servizi innovativi per il Paese*. A cura dell'Ufficio studi Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici con la collaborazione di Between e il contributo del Dipartimento per la digitalizzazione della pubblica amministrazione e l'innovazione tecnologica, settembre 2009.
- [2] ISTAT: *Statistiche in breve Cittadini e nuove tecnologie*. Anno 2008 e anno 2009.
- [3] Sito web: <http://www.sbs.ox.ac.uk/newsandevents/Documents/Broadband%20Quality%20Study%202009%20Press%20Presentation%20%28final%29.pdf>
- [4] Camussone P.F., Occhini G.: *Il costo dell'ignoranza nella società dell'informazione*. Ed. ETAS, 2003.
- [5] Borroni E., Camussone P.F., Occhini G.: *L'ignoranza informatica: il costo nella Sanità*. Ed. McGraw Hill, 2004.

FULVIA SALA, dopo una laurea in Matematica, conseguita a Milano, ottiene un Master in Statistica presso l'Università di Berkeley, California. Lo sviluppo professionale avviene prevalentemente all'interno di una grande azienda informatica dove ricopre ruoli direttivi nell'ambito del marketing e della pianificazione, quali: responsabile della Direzione Marketing Operativo e responsabile della Direzione Marketing e Pianificazione Strategica. In qualità di libera professionista ha svolto attività di docenza nell'area marketing e collabora con AICA dove è responsabile dell'area progetti e ricerche. In tale ruolo, congiuntamente a SDA Bocconi, ha avviato, dal 2003, il progetto "Il costo dell'ignoranza informatica" che ha visto, ad oggi, la pubblicazione di più studi relativi a diversi settori di mercato.

E-mail: fulvia.sala@aiconet.it

FRANCO PATINI, Presidente di CPI Progetti SpA, azienda di IT, che opera sull'intero territorio nazionale con i suoi 100 dipendenti nelle aree dei progetti software, delle tecnologie Internet, dell'e-business e dei servizi connessi. Rappresentante per l'Italia, dal 2003, nello "e-skills Forum" – oggi: e-skills and e-learning group - comitato scientifico della Comunità Europea per gli skills nell'ICT e per la loro diffusione nella "Società della Conoscenza". Consigliere di Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici, Federazione che raccoglie più di 700.000 imprese per circa 2.200.000 lavoratori della "Società della Conoscenza", aderenti a Confindustria. Consigliere con delega per il "capitale umano e la formazione". Consigliere di Assinform - associazione che in Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici raccoglie le imprese di IT - con la delega per il "capitale umano e la formazione". Membro del Consiglio Direttivo di AICA, Associazione (professionale) Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico.

E-mail: f.patini@cpiprogetti.it

ICT E INNOVAZIONE D'IMPRESA

Casi di successo

Rubrica a cura di

Roberto Bellini, Chiara Francalanci

La rubrica *ICT e Innovazione d'Impresa* vuole promuovere la diffusione di una maggiore sensibilità sul contributo che le tecnologie ICT possono fornire a livello di innovazione di prodotto, di innovazione di processo e di innovazione di management. La rubrica è dedicata all'analisi e all'approfondimento sistematico di singoli casi in cui l'innovazione ICT ha avuto un ruolo critico rispetto al successo nel business, se si tratta di un'impresa, o al miglioramento radicale del livello di servizio e di diffusione di servizi, se si tratta di una organizzazione pubblica.



Monitoraggio dei costi energetici per grandi utenti Il “cruscotto” di Proclesis

Eugenio Capra

1. INTRODUZIONE

Il problema dell'efficienza energetica è sempre più sentito dalle aziende, sia per ragioni di *Corporate Social Responsibility*, che per motivi di costo, visto che l'energia elettrica rappresenta una spesa sempre più significativa. La figura 1 mostra i consumi annui di energia elettrica per alcune grandi aziende italiane, appartenenti a diversi settori. Assumendo un costo unitario dell'energia di 12 centesimi di Euro per kWh, si può per esempio notare come la bolletta dell'azienda di telecomunicazioni qui citata ammonti a 307 milioni annui, pari all'1% del fatturato, incidenza che è più che raddoppiata nel caso del settore finanziario.

La Comunità Europea e il governo italiano hanno inoltre recentemente sviluppato diverse normative volte ad incentivare l'efficienza energetica in ambito industriale (si veda [1] per una panoramica dell'orientamento in materia dell'Unione Europea, le principali direttive UE di riferimento: 2001/77/CE, 2005/32/CE, 2006/32/CE, e il Decreto del 20 luglio 2004 del governo italiano sui Titoli di Efficienza Energetica o certificati bianchi).

La stessa *Information Technology* è responsabile di più del 2% delle emissioni globali di CO₂ [2, 4], un apporto pari a quello dell'industria aeronautica. Questo ha generato il fenomeno del cosiddetto *Green IT*, di cui tanto si è parlato in questi ultimi tempi.

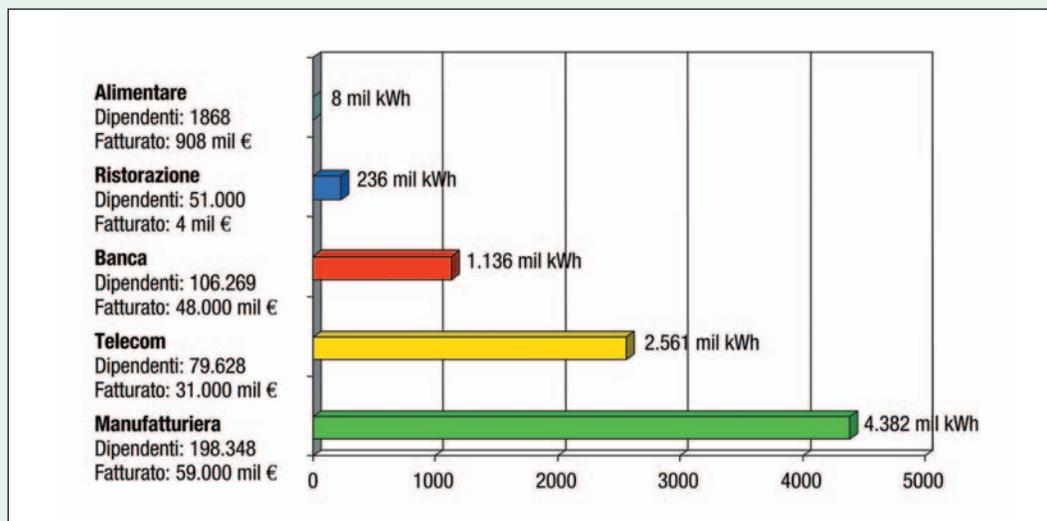
In realtà, anche se l'IT è responsabile del 2% dei consumi, non bisogna dimenticare che esso può giocare un ruolo molto significativo per monitorare ed ottimizzare il restante 98%, cioè i consumi di tutti gli altri processi di *business*. In questa accezione si parla di *IT for a greener business*, cioè di utilizzo dell'IT per l'efficienza energetica in altri processi.

Una delle principali funzioni che l'IT può giocare, è quella di aiutare a monitorare e analizzare i consumi di un'azienda, passo iniziale necessario ancora prima di intervenire per ottimizzare.

Una ricerca del Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano [3] ha rivelato come l'85% dei responsabili IT di un campione di 140 aziende italiane non sappia quale sia il consumo energetico delle proprie infrastrutture. Nonostante non vi siano dati statistici certi, è molto probabile che la stessa sconcertante situazione si ripeta anche per i consumi delle altre

FIGURA 1

Consumo annuo di energia elettrica di alcune grandi aziende italiane
(Fonte: bilanci sociali e siti web delle singole aziende)



tipologie di infrastrutture, specialmente nel caso di aziende grandi, complesse e sparse sul territorio. In molti casi non vi è una visione unitaria dei costi sostenuti, ma soprattutto non si ha una visione analitica, cioè non si è in grado di abbinare i consumi alle utenze o alle tipologie di utenze.

- Quali sono le utenze che consumano più energia?
- Ci sono utenze di consumo anche fuori dall'orario di esercizio?
- Quali sono i profili di utilizzo delle utenze?
- Dove è necessario focalizzare gli sforzi di ottimizzazione?
- Le bollette pagate corrispondono ai consumi reali?

Queste sono solo alcune delle domande a cui sarebbe opportuno poter rispondere per avviare un serio piano di ottimizzazione dell'efficienza energetica in azienda.

Mantenere nel tempo il controllo del proprio profilo di consumi è fondamentale per accorgersi di eventuali variazioni, per poterle analizzare, comprenderle e, se necessario, correggerle. A questo scopo non è sufficiente un'analisi una tantum, in quanto i consumi spesso non sono costanti nel tempo, poiché le abitudini delle persone e l'utilizzo degli strumenti, qualsiasi essi siano, possono cambiare. Occorre istituire all'interno dell'azienda un processo strutturato che porti ad un controllo costante dei consumi energetici e del relativo budget, e all'individuazione delle eventuali azioni correttive da intraprendere. Proclisis ha avviato un progetto, abilitato da una piattaforma IT, che va proprio in questa direzione.

2. PROCLESIS

Proclisis è una piccola azienda con sede a Segrate (MI), nata nel 1995. Il *core business* di Proclisis è l'offerta di servizi tecnologici in ambito informatico con la *mission* di fornire sempre un servizio di alta qualità, seguendo il cliente in tutte le fasi dei progetti, i quali possono quindi essere definiti "chiavi in mano". I principali servizi offerti da Proclisis sono:

- servizi di cablaggio e *networking* per la realizzazione di connessioni per *data center* e reti locali, fino ad arrivare all'allestimento di *server farm* e WAN;
- servizi di fonia e di installazione telefonica, con possibilità di monitoraggio dettagliato del traffico;
- realizzazione di applicazione di tipo *client/server*;
- sviluppo di siti web e applicazioni *web-based*;
- sistemi di sicurezza, *backup* e *disaster recovery*.

Un servizio particolarmente innovativo sviluppato e offerto da Proclisis è l'*auditing* delle bollette telefoniche, che vengono importate e integrate in un apposito *datawarehouse* e analizzate da specifici motori di calcolo. Ogni cliente può poi accedere ad una pagina web personalizzata dove i dati di consumo e di costo delle utenze telefoniche sono consultabili a diverso livello di dettaglio. Il servizio permette di individuare anomalie (esempio, canoni relativi a linee telefoniche disattivate) e solitamente porta risparmi significativi ai clienti.

È proprio ispirandosi a questo servizio di *auditing*, focalizzato sulle utenze telefoniche, che Proclisis ha pensato di realizzare un progetto

che consenta di monitorare e analizzare in chiave critica i consumi energetici di un'azienda.

3. L'APPROCCIO

Proclesis nel corso del 2009 ha sviluppato un innovativo sistema per il monitoraggio e l'*auditing* dei consumi energetici, chiamato *Energy Saving Project (ESP)*, grazie anche al contributo del progetto Dinameeting promosso da Regione Lombardia. Il progetto Dinameeting ha permesso ad un insieme di PMI lombarde di usufruire gratuitamente di un consulente per 6 mesi, con il ruolo di *ICT Temporary Manager*, per favorire la nascita e lo sviluppo di progetti ICT innovativi.

L'approccio di Proclesis si basa su un principio molto semplice: "conosci il tuo nemico". Per poter ottimizzare i processi aziendali e ridurre i consumi energetici, è necessario innanzi tutto conoscere i consumi, analizzare i dati, identificare eventuali anomalie nei profili di consumo e confrontarsi con dei *benchmark*, con lo scopo di identificare le aree dove intervenire.

Il progetto ESP si basa sul confronto di dati di consumo elaborati in tre modi diversi:

- stime di consumo basate su *benchmark* raccolti da Proclesis e informazioni sul numero e sulla tipologia di utenze presenti presso il cliente;
- analisi delle bollette;
- misure empiriche di consumo effettuate tramite opportuni sensori.

La stima *bottom-up* del consumo, che combina un inventario delle principali utenze presenti, effettuato tramite interviste e rilevazioni presso i locali dell'azienda cliente, con i *benchmark* di consumo e di utilizzo raccolte da Proclesis in un apposito database, permette di stimare quello che dovrebbe essere il consumo di energia dell'azienda in caso di funzionamento ottimale.

L'inventario delle utenze nella maggior parte dei casi è meno complesso di quanto possa sembrare: luci, riscaldamento, condizionamento e dispositivi IT coprono quasi il 90% dei consumi della maggior parte delle aziende di servizio.

L'analisi delle bollette fornisce valori consuntivi su quello che è stato il consumo complessivo. In molti casi il dato sui costi energetici effettivamente sostenuto è molto frammentato, in quanto le aziende hanno più contatori (magari perché sono sparse sul territorio) e quindi pagano un alto numero di fatture diverse. L'ap-

proccio di Proclesis si basa sull'inventario dell'*asset* costituito dai contatori e sul consolidamento dei dati in un unico *database*, in modo da poter determinare il consumo energetico complessivo.

Se questo valore è molto superiore a quello fornito dalla stima *bottom-up* significa che è necessario effettuare degli approfondimenti per arrivare ad identificare le anomalie. Queste anomalie possono essere causate da errate applicazioni del contratto di fornitura in fase di fatturazione, oppure da un utilizzo anomalo di alcune utenze (per esempio, luci che rimangono accese).

La prima tipologia di problema viene identificata dal motore di analisi di Proclesis che opera direttamente sui dati estratti dalle bollette.

Per la seconda tipologia di problema si ricorre alla misura diretta dei consumi, che viene effettuata per un periodo di tempo significativo (almeno 1 mese) per quelle utenze il cui consumo è difficile da stimare. Questo tipicamente avviene per utenze con consumo non prevedibile (per esempio, il consumo di un server dipende fortemente da come viene utilizzato), il cui uso è soggetto ad anomalie o al comportamento dell'utente (per esempio, luci che non vengono spente, impianti di condizionamento), oppure per le utenze di cui non sono stati raccolti *benchmark* di consumo.

Lo strumento informatico messo a punto da Proclesis permette di acquisire i dati sopra descritti, integrarli e confrontarli in modo semplice e veloce, cosicché si possa individuare facilmente le potenziali aree di intervento.

4. LA PIATTAFORMA ENERGY SAVING PROJECT (ESP)

A sostegno del progetto ESP, Proclesis ha implementato una piattaforma software in grado di raccogliere, integrare e analizzare i dati e di presentarli in modo efficace al cliente. Il software è fruibile in modalità *Software As A Service (SAAS)* tramite pagine web personalizzate e connessioni HTTPS, per garantire privacy e sicurezza. Le elaborazioni vengono effettuate sui server di Proclesis, che in questo modo può garantire il *backup* dei dati e il continuo aggiornamento del software. La piattaforma software offre diverse funzionalità, che sono brevemente descritte di seguito.

4.1. Creazione di scenari di simulazione basati su benchmark di consumo

Il sistema vanta un *database* che cataloga le principali tipologie di utenze normalmente presenti in azienda, suddivise per categoria. Per ogni tipologia di utenza sono memorizzati il consumo di targa, il consumo in modalità "off" e il consumo medio in base al profilo standard di utilizzo. Ovviamente ogni particolare settore industriale è caratterizzato da diverse tipologie di utenze, ma il fatto che tutta l'applicazione sia erogata in modalità SAAS permette un continuo aggiornamento di questi *benchmark* (Figura 2).

Un apposito modulo della piattaforma ESP consente di catalogare le principali utenze dell'azienda cliente, opportunamente suddivise per categoria - piano, palazzo e sede - per poter raccogliere le informazioni in modo strutturato anche nel caso di aziende aventi più sedi sparse sul territorio. Ad ogni utenza è possibile associare anche un orario tipico di utilizzo (per esempio, le luci sono accese dalle 8.00 alle 18.00 in inverno, dalle 17.00 alle 18.00 in autunno, oppure i forni di un supermercato sono usati mediamente per 4 h al giorno).

L'applicazione ESP è a questo punto in grado di simulare *bottom-up* i consumi e i costi attesi, sulla base delle ipotesi inserite, che si riferiscono a profili di utilizzo "razionali".

4.2. Acquisizione automatica dei dati di consumo

Come accennato in precedenza, vi sono tuttavia alcune utenze il cui consumo è intrinsecamente poco prevedibile (per esempio, il consumo di un server dipende dal carico di lavoro, il consumo di una cella frigorifera dipende dalla temperatura esterna e da quante volte viene aperta la porta), oppure vi possono essere delle utenze di cui si vogliono monitorare in dettaglio i consumi in quanto si pensa che siano causa di inefficienze. In questo caso occorre misurare direttamente il consumo attraverso opportuni sensori. Esistono in commercio moltissimi sensori di consumo di energia elettrica, che si differenziano principalmente in base alle seguenti dimensioni:

□ tipologia di sensore: dispositivi da inserire tra spina e presa, oppure pinze amperometriche per misurare in modo non invasivo la corrente direttamente dai quadri di alimentazione, laddove non siano presenti spine e prese (Figura 3);

The screenshot shows the ESP web application interface. The main content area is divided into several sections:

- Anagrafica:** Fields for Name (ABBATEGRASSO 1), Group (Gruppo 1), Type (Meda), Region (Lombardia), Province (Milano), City (ABBATEGRASSO), and other administrative data.
- Consumo:** A section for recording consumption data, including a reference year (2009) and a table for monthly consumption (1°bm to 6°bm) for both 'Consumo rilevato per bimestre' and 'Consumo fatturato per bimestre'.
- Ipotesi di consumo:** A section for defining consumption hypotheses, including a table for 'Apparati della filiale' with columns for Quantity, Typology, Brand, Model, and Use.

Consumo rilevato per bimestre	Consumo fatturato per bimestre
1°bm 2°bm 3°bm 4°bm 5°bm 6°bm	1°bm 2°bm 3°bm 4°bm 5°bm 6°bm
2.911 2.913 3.232 3.108 2.914 2.596	

Quantità	Tipologia	Marca	Modello	Uso
3	Accessori network	Rittal	GRK 35	2
1	Monitor	Geo Microsystems	MS000002 161502	2
12	Server	Antec	Sonata III	non definito
4	Server	Asus	MC500L	non definito
1	Server	Acer	Ampire 5500C	non definito

FIGURA 2
Esempio di schermata per l'inserimento delle utenze aziendali

- precisione della misura;
- potenza massima;
- corrente monofase/trifase;
- modalità di raccolta dei dati: lettura istantanea tramite display, memorizzazione dello storico dei dati su supporti SD, lettura tramite rete WiFi o GSM.

La scelta del sensore dipende dal contesto, in particolare dalle utenze che si vogliono misurare e dalla loro accessibilità, così come la frequenza di campionamento e la durata dell'osservazione. La piattaforma ESP mette in ogni caso a disposizione un modulo in grado di raccogliere i dati nei diversi formati, integrarli e caricarli in unico *datawarehouse*.

4.3. Auditing bollette

Il modulo per l'*auditing* delle bollette permette di importare in modo automatico il tracciato elettronico delle bollette fornito dagli enti che distribuiscono l'energia. I dati vengono quindi caricati in un unico *datawarehouse* e sono consultabili via web dal cliente, a diversi livelli di dettaglio. Questo permette di avere una visione sintetica dei consumi e della spesa effettivamente sostenuta.

Inoltre uno specifico motore di calcolo facilita l'individuazione di errori di rendicontazione o di errata applicazione delle condizioni del contratto (per esempio, costi fissi, tariffe bi-orarie).

4.4. Integrazione dei dati

Come già accennato, la piattaforma ESP è in grado di integrare tutti i dati, sia quelli provenienti dalle bollette opportunamente importati, che quelli dai sensori, che i risultati delle simulazioni *bottom-up*. I dati di consumo vengono memorizzati in un apposito *DB Consumi* specifico per ogni cliente, mentre le analisi *bottom-up* si basano su di un unico *DB benchmark*, continuamente aggiornato da Proclisis. La figura 4 mostra sinteticamente i diversi moduli dell'architettura.

4.5. Reportistica e analisi dei dati

La piattaforma mette a disposizione un modulo per la generazione automatica di report personalizzabili dall'utente e strumenti che facilitano l'analisi e il confronto dei dati provenienti dalle diverse fonti (Figura 5). Questi strumenti consentono di individuare facilmente consumi inattesi e anomali (per esempio,

consumo notturno superiore a quello diurno, consumi inattesi nei *week-end*), picchi di consumo oppure forti discrepanze tra il consumo stimato in base ai *benchmark* e il consumo effettivo. Questo permette di accorgersi dell'esistenza di problemi e di identificare aree di potenziale intervento per migliorare l'efficienza energetica.

L'applicazione dispone anche di funzionalità per analisi *what-if* che permettono di stimare i risparmi potenziali conseguenti a particolari interventi di ottimizzazione.

4.6. Alert

Il sistema dispone anche di un sistema di *alert* per segnalare immediatamente situazioni



FIGURA 3

Esempio di sensore di consumo a pinze amperometriche per corrente trifase

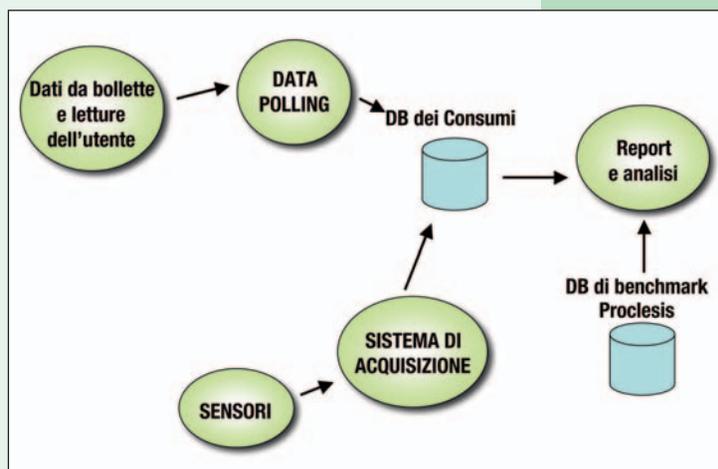


FIGURA 4

Schema complessivo dell'architettura ESP

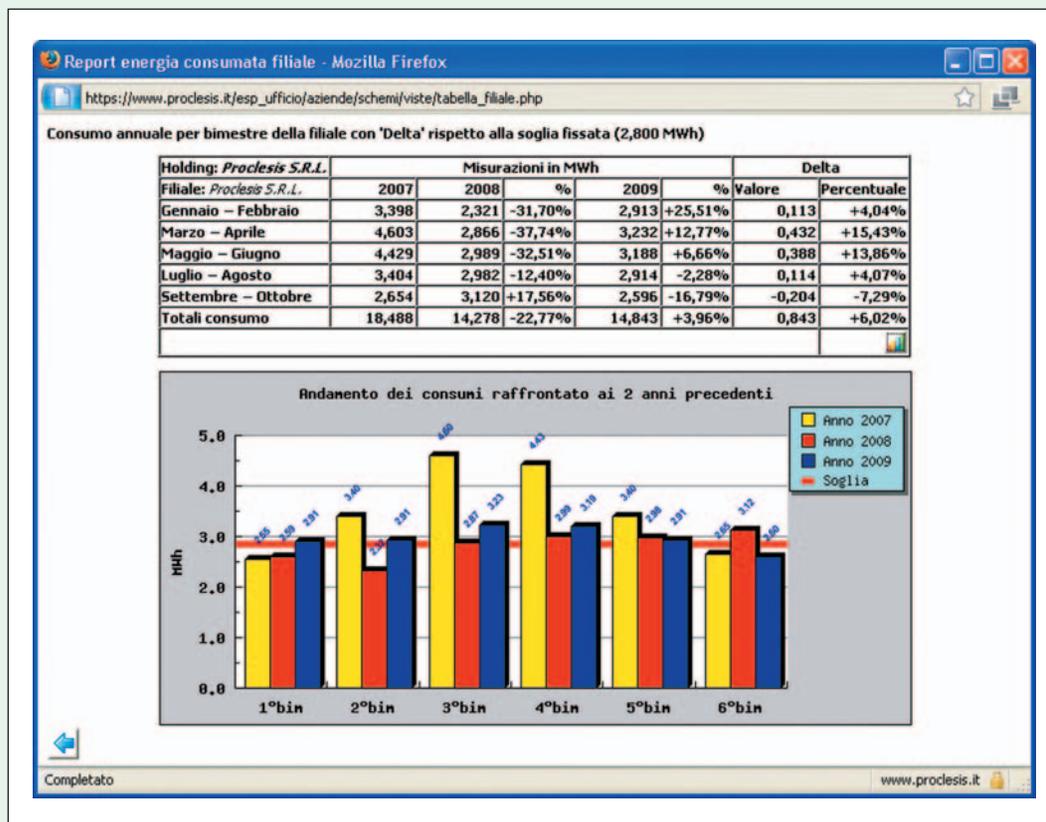


FIGURA 5
Esempio di report

anomale. Per ogni edificio, negozio o filiale è possibile definire una *baseline* di consumo, tramite la simulazione *bottom-up* oppure tramite l'analisi storica delle bollette. Nel caso i consumi rilevati dai sensori superino la *baseline* di una soglia fissata dall'utente, il sistema è in grado di generare degli *alert* automatici per permettere interventi tempestivi (per esempio, se vengono lasciate accese le luci la sera o l'impianto di condizionamento nel *week-end*, o se un macchinario improvvisamente comincia a consumare molta più energia rispetto alla norma).

5. DAL SOFTWARE AL SERVIZIO

Il progetto ESP rappresenta un caso emblematico di come sempre più il valore aggiunto non derivi dal pacchetto software in sé, ma dal servizio che viene costruito attorno ad esso.

Al di là del fatto che l'applicazione ESP è fruibile via web in modalità SAAS, lo stesso approccio che ne è alla base richiede la realizzazione di un progetto ad hoc per ogni realtà tramite personale specializzato. A seconda del caso specifico sono, infatti, necessarie diver-

se personalizzazioni, tra cui l'aggiornamento del *DB benchmark* per includere le particolari utenze e lo sviluppo dei filtri richiesti per l'*import* automatico delle bollette.

Occorre poi effettuare un'analisi degli edifici ai fini di inserire a sistema l'inventario delle utenze principali per le simulazioni *bottom-up*. Un primo confronto tra i dati consuntivi e le simulazioni permetterà di identificare le utenze che richiedono un approfondimento, per le quali sarà necessario installare la rete di sensori, opportunamente collegati con la piattaforma ESP.

La personalizzazione dei report e l'analisi dei dati per poter sviluppare raccomandazioni concludono la prima fase del progetto tipico di *Energy Saving*. In uno scenario ideale, terminata la fase di *set-up* le misurazioni e le analisi dovrebbero diventare regolari e continue, anche per monitorare l'efficacia delle eventuali azioni di ottimizzazione dell'efficienza energetica intraprese.

Proclisis sta proponendo questo approccio per l'efficienza energetica a diverse tipologie di clienti, incluse banche, aziende operanti nella grande distribuzione, ospedali e aeroporti.

Bibliografia

- [1] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm
- [2] Brown E.G., Lee C.: *Topic Overview: Green IT*. Forrester Research report, novembre 2007.
- [3] Capra E., Caleffi A.: *A survey on IT managers green awareness*. Pan Pacific Microelectronics Symposium & Tabletop Exhibition, 2010.
- [4] Murugesan S.: *Harnessing Green IT: Principles and Practices*. *IT Professional*, Vol. 10, n. 1, 2008, p. 24-33.

EUGENIO CAPRA è docente a contratto di Sistemi Informativi e ricercatore PostDoc presso il Politecnico di Milano, dove ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione nel 2008 e la laurea in Ingegneria Elettronica nel 2003. Come parte dei suoi studi di dottorato è stato Visiting Researcher presso la Carnegie Mellon West University (NASA Ames Research Park, CA) da settembre 2006 a marzo 2007. Ha lavorato come business analyst per McKinsey & Co. dal 2004 fino al 2005, svolge servizi di consulenza in ambito di gestione e innovazione dei processi IT. Le sue attività di ricerca principali riguardano il Green ICT, i modelli manageriali in ambiente open source e l'impatto dell'IT sui processi di business. Su questi temi ha scritto diversi articoli a livello sia nazionale che internazionale.
E-mail: eugenio.capra@polimi.it

ICT E DIRITTO

Rubrica a cura di

Antonio Piva, 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.



Giochi e scommesse in rete

David D'Agostini, Antonio Piva

1. INTRODUZIONE

Nel 1866 Fedor Dostoevskij pubblicò "Il giocatore", un romanzo che, partendo da una propria esperienza autobiografica, consentì all'autore di analizzare il gioco d'azzardo in tutte le sue forme, soffermandosi sulle diverse tipologie di giocatore, con profonda introspezione nel suo stato d'animo, tratteggiandone l'emozione della vittoria, la sete di guadagno e i moti di disperazione.

Qualsiasi attività che presenti un margine di incertezza si presta a scommesse sul suo risultato finale, tuttavia tradizionalmente i giochi d'azzardo più conosciuti sono quelli praticati nei casinò, come la roulette nel libro di Dostoevskij.

Da questo capolavoro della letteratura russa sono trascorsi quasi 150 anni, eppure i temi trattati risultano essere di estrema attualità, considerata la notevole diffusione che il gioco d'azzardo ha avuto grazie alle nuove tecnologie.

Il fenomeno del "gambling" risulta in forte crescita: oltre ai casinò on line esistono sale virtuali in cui si gioca a poker, al bingo o a qualsiasi gioco sia riproducibile in via telematica; così come sono sempre più numerosi i siti con le recensioni di tali attività, i forum di discussione dedicati ad appassionati scommettitori e le comunità di giocatori organizzate sui vari *social networks*.

Per alcune persone, il gioco d'azzardo, da una semplice passione è diventato un vero e proprio lavoro che permette significativi guadagni; per

altre, invece, è solo un modo diverso di spendere il denaro mettendo alla prova la propria abilità.

L'inarrestabile evoluzione tecnologica dei giochi on line è cominciata negli anni '90 e sembra ormai assodato che lo sviluppo di nuove tecnologie "mobile" rappresenta il futuro dell'industria del gioco. Entro la fine del 2010 si prevede che il numero di apparecchi mobili con accesso a internet raggiunga 1 miliardo e che il gioco su tali dispositivi tocchi i 20 miliardi di dollari di fatturato.

Il settore dei giochi on line si è evoluto con l'arrivo delle *console* portatili di nuova generazione, dall'iPhone al Blackberry passando per vari tipi di smartphones e PDA, portando allo sviluppo di numerose applicazioni da scaricare e installare.

Un ulteriore fattore che contribuisce al successo del gioco on line è l'offerta di connessioni mobili veloci e sicure, da un lato grazie agli apparecchi di terza generazione 3G, dall'altro per la possibilità di giocare sui cellulari grazie al bluetooth, ai raggi infrarossi, ed al Wi-Fi.

C'è chi ipotizza che in un futuro non lontano i nuovi computer saranno commercializzati già dotati di software per il gioco online.

Ma tali giochi on line sono legali? Come viene disciplinato questo fenomeno dalla normativa?

La rete internet non ha confini, pertanto consente, in linea teorica, di esercitare ovunque un'attività -nella fattispecie il gioco d'azzardo - raggiungendo potenzialmente tutto il mondo; per valutarne la liceità sarà necessario conside-

rare la legislazione del Paese in cui tale attività viene esercitata.

2. NEGLI STATI UNITI E NELL'UNIONE EUROPEA

Per quanto riguarda gli Stati Uniti (in cui si trova il 70% di tutti i giocatori online) non esiste alcuna norma federale che proibisca esplicitamente il gioco online o qualunque altra attività ad esso collegata sia nel Paese che all'estero.

Il gioco online viene disciplinato da leggi degli Stati federati: il Nevada, la Louisiana, il Michigan e l'Illinois attualmente proibiscono il gioco online, e molte altre legislazioni stanno per introdurre simili provvedimenti. La California, il Massachusetts, il South Dakota e lo Utah hanno bandito determinate forme di gioco online, mentre continuano a permetterne altre.

Si precisa però che tali leggi in realtà non proibiscono agli operatori locali di accettare le scommesse *on-line*, essendo allo stesso tempo conformi alle leggi dello stato. Dato che i cittadini americani giocano principalmente ai casinò legali, sembrava molto improbabile che i governi statali o il governo federale stabilisse una struttura legale completa che confluisse nella totale proibizione del gioco online, con addirittura l'istituzione di procedimenti legali contro gli stessi operatori. Tutto ciò è cambiato nel 2006.

Negli Stati Uniti il "*Federal Wire Act*" del 1961 proibiva esplicitamente ai cittadini di uno Stato di fare scommesse (le sole 'scommesse sportive', non occupandosi di altre forme di gioco) in un altro Stato, usando le linee telefoniche.

Una delle conseguenze fu la restrizione dell'uso delle carte di credito per quei cittadini americani che volessero effettuare scommesse al di fuori del loro stato di residenza; i pagamenti online hanno poi dimostrato come fosse difficile regolamentare questo settore per il governo federale americano.

Negli ultimi anni il Senato degli Stati Uniti ha approvato una legge nota come "*Internet Gambling Enforcement Act 2006*", in virtù della quale è ille-

gale per ogni istituzione finanziaria americana processare le transazioni originate da o direzionate verso qualunque operatore di giochi in rete. A prescindere dalle serie implicazioni finanziarie di aziende che avevano investito pesantemente nel mercato americano, l'effetto di tale legge è difficile da stabilire. Molti grandi casinò e operatori in rete hanno continuato ad accettare i giocatori americani; quindi per il momento sembra che la possibilità dei cittadini statunitensi di effettuare puntate nei casinò o sale da poker on-line sia soltanto modificata e non totalmente proibita.

Per quanto riguarda l'Unione Europea, come noto, nel mercato unico dei servizi trovano applicazione i principi della libertà di stabilimento e della libera prestazione di servizi¹: ogni imprenditore europeo può costituire una società nel Paese in cui intende offrire i propri servizi oppure prestare gli stessi al di là delle frontiere, in un altro paese dell'UE, anche senza stabilirvi una sede, per esempio in via telefonica o telematica oppure con attività di marketing diretto.

Si consideri che, per sua espressa previsione, la Direttiva 2000/31/CE sul commercio elettronico² regola, ma non disciplina, i giochi d'azzardo che implicano una posta pecuniaria, i giochi di fortuna, compresi il lotto, le lotterie, le scommesse, i concorsi pronostici e gli altri giochi nei quali vi è una prevalenza dell'elemento aleatorio.

In assenza di una normativa europea, alla Corte di Giustizia³ è stato più volte chiesto se fossero o meno legittime quelle normative nazionali che impediscono o limitano i servizi di *gambling* proposti via internet da imprese comunitarie in altri Paesi membri.

La Corte, con una celebre pronuncia del 2007⁴, ha affermato che è illegittima, in quanto costituisce una restrizione alla libertà di stabilimento nonché alla libera prestazione dei servizi, una normativa nazionale che vieta l'esercizio di "*attività di raccolta, di accettazione, di registrazione e di trasmissione di proposte di scommesse in assenza di concessione o di autorizzazione rilasciate dallo Stato membro*".

La vicenda prendeva le mosse dal rifiuto di uno

¹ Si vedano rispettivamente gli artt. 43 e 49 del Trattato CE.

² Direttiva attuata in Italia dal decreto legislativo 9 aprile 2003, n. 70.

³ La Corte di Giustizia è un'istituzione comunitaria con sede in Lussemburgo avente il compito di garantire che la legislazione dell'UE sia interpretata e applicata in modo uniforme in tutti i paesi dell'Unione.

⁴ Sentenza 6 marzo 2007 nelle cause C-338/04, C-359/04 e C-360/04.

Stato membro (in violazione del diritto comunitario) di concedere a una società europea l'autorizzazione a esercitare un'attività organizzata di raccolta di scommesse.

In tale fattispecie gli articoli 43 CE e 49 CE sono stati interpretati nel senso che non danno la possibilità ad una normativa nazionale di escludere dal settore dei giochi di azzardo gli operatori costituiti sotto forma di società di capitali le cui azioni sono quotate nei mercati regolamentati.

Pertanto, ai giudici nazionali venne demandato il compito di verificare se la normativa del proprio Paese, limitando il numero di soggetti che operano nel settore dei giochi d'azzardo, risponde realmente all'obiettivo mirante a prevenire l'esercizio delle attività in tale settore per fini criminali o fraudolenti.

Tuttavia, la Corte di Giustizia con una recente decisione⁵, pur partendo da premesse simili, ha dichiarato che il settore del gioco è competenza esclusiva degli stati membri: pertanto i paesi dell'Unione Europea hanno il diritto di restringere l'offerta di giochi d'azzardo su Internet, anche tenuto conto delle particolarità connesse a tale attività, in quanto ciò risulta giustificato dall'obiettivo di lotta contro la frode e la criminalità.

In particolare il menzionato art. 49 CE non impedisce a uno Stato membro di adottare una legge che vieti ad operatori stabiliti in altri Stati membri (nel caso in esame la Bwin International Ltd) di offrire giochi d'azzardo tramite Internet sul territorio.

Di conseguenza, si riscontra una grande divergenza da Paese a Paese nell'Unione Europea.

Nell'Unione europea il *gambling* on-line è permesso in quasi tutti i 27 Paesi membri che in prevalenza hanno preferito regolamentare il settore, invece di proibirlo.

I Paesi scandinavi - Germania, Austria, Francia e Irlanda - sono esempi di Paesi che hanno testimoniato il livello di crescita più alto in termini di creazione di club di casinò on-line.

Il miglioramento dei servizi di accesso a internet nell'Est europeo ha portato, in maniera quasi naturale, ad una crescita di partecipazione ai siti di gioco on-line in quei Paesi.

Nella maggior parte degli stati europei viene esercitato un controllo sul gioco on line grazie

ad un sistema di licenze: in molti casi le leggi nazionali obbligano i casinò a ottenere specifiche licenze che comportano determinate regole sulla pratica del gioco on-line.

Per esempio nei Paesi Bassi i casinò on-line risultano legali; tuttavia, la normativa olandese sul gioco (*The Dutch Gaming Act*) non permette ai cittadini olandesi di giocare ai casinò on line che non abbiano ottenuto una licenza di gioco olandese.

Nel Regno Unito la legislazione, non solo riconosce l'attività in sé, ma sostiene e incentiva operatori stranieri ad andare nel Regno Unito per fare attività. Il vantaggio di tale atteggiamento verso il gioco online è che lo Stato è così in grado di regolamentare l'attività in maniera efficace, permettendo alle autorità pubbliche britanniche di affrontare questioni importanti come la frode e il riciclaggio di denaro.

Da ultimo, in ordine di tempo, l'Estonia ha approvato il proprio *Gambling Act* in cui si prevede che i casinò on-line debbano essere collocati esclusivamente in server situati nel Paese. In precedenza la legge proibiva ai server estoni di ospitare siti di gioco, ma in virtù di tale provvedimento accadrà il contrario, vale a dire che i siti internet di giochi e scommesse collocati al di fuori del Paese non saranno accessibili.

Evidentemente questo tipo di normative, oltre a consentire di controllare l'attività del *gambling*, permette di aumentare le entrate dello Stato in quanto i siti di gioco online sono tenuti a pagare tasse di concessioni governative, oltre alle imposte sull'utile realizzato (da ciò la scelta delle case da gioco virtuali di stabilirsi nei Paesi aventi le migliori condizioni economiche).

La Germania, in controtendenza, dal 1° gennaio 2008 ha bandito il *gambling* on-line, vietando non solo ogni forma di pagamento verso siti internet di gioco d'azzardo (indipendentemente da dove sia ubicato il server), ma anche la sola pubblicità di tali siti. Il "*German State Treaty on Gaming*" (che ha durata fino al 2012) sostanzialmente prevede un accordo degli stati tedeschi a supporto del monopolio nazionale del gioco su internet, ritenuto l'unico modo attuabile per proteggere i clienti. In realtà le verifiche dell'Unione Europea indicano che l'azione è motivata più da ragioni di natura finanziaria e dall'intento di proteggere il sistema di gioco statale dalla concorrenza autorizzata di operatori di casinò europei. Nell'autunno 2009 lo stato tedesco di Shleswig-

⁵ Sentenza 8 settembre 2009 relativa alla causa C-42/2007.

Holstein ha dichiarato di voler aprire il suo mercato del gioco a operatori privati, creando un precedente che pare verrà seguito da altri stati federati, evitando alla Germania il procedimento di infrazione da parte della Commissione Europea. In definitiva, i Paesi appartenenti all'Unione Europea godono di un certo grado di autonomia nel disciplinare il fenomeno in questione: di regola gli stati europei permettono ai propri cittadini di partecipare alle attività del *gambling* on-line.

3. LA SITUAZIONE IN ITALIA

Nel nostro ordinamento la raccolta abusiva delle scommesse (anche di quelle via Internet) è prevista dall'art. 4 della legge 13 dicembre 1989 n. 401. Tale disposizione⁶ sanziona da un lato chiunque eserciti abusivamente l'organizzazione di lotterie o di scommesse riservate allo Stato o ad altro ente concessionario; dall'altro chiunque (privo di concessione, autorizzazione o licenza ai sensi dell'art. 88 del Testo Unico delle Leggi di pubblica Sicurezza), accetti o raccolga scommesse di qualsiasi tipo, formalizzate in Italia o all'estero, per via telefonica o telematica.

L'applicazione di questa normativa ha dato luogo a procedimenti penali come quello che ha portato alla menzionata sentenza della Corte di Giustizia del 2009. In tale caso l'imputato gestiva un'attività di raccolta di scommesse mediante un

sito internet, in ambito nazionale e internazionale, che consentiva al giocatore di indicare all'operatore la scommessa e di effettuare il pagamento del denaro; l'operatore provvedeva a inviare, per via telematica, l'ordine ricevuto ai *bookmakers* stranieri, svolgendo la funzione di intermediario nella raccolta delle predette scommesse.

Per quanto concerne la disciplina dei giochi di abilità a distanza con vincita in denaro, il regolamento approvato con Decreto del Ministero dell'economia e delle finanze 17 settembre 2007 n.186 prevede una serie di garanzie a favore dei giocatori e di obblighi a carico del gestore del sito.

Il provvedimento pone regole precise che impediscono la partecipazione ai minorenni e detta le condizioni e i requisiti indispensabili cui ogni sito internet di *gambling* deve attenersi; in particolare per gestire tale attività in Italia è necessario ottenere l'autorizzazione dall'Amministrazione Autonoma dei Monopoli di Stato (AAMS)⁷, previa istanza corredata dal progetto della piattaforma di gioco (Riquadro 1).

Per essere approvata, la piattaforma di gioco deve avere requisiti tecnici tali da assicurare il colloquio in tempo reale con il sistema centralizzato e con il giocatore; la gestione delle formule di gioco e delle sessioni di gioco; l'assegnazione al giocatore delle vincite e dei relativi pagamenti; l'assistenza e l'informazione al giocatore e l'offerta di sessioni di gioco gratuite di apprendimento.

Deve essere garantita la correttezza, l'integrità, l'affidabilità, la sicurezza, la trasparenza e la riservatezza delle attività esercitate, nonché la correttezza e la tempestività del pagamento delle vincite.

Il sistema deve essere strutturato in maniera da consentire la memorizzazione e la tracciabilità dei dati relativi alle sessioni di gioco svolte per un periodo minimo di cinque anni e da facilitare l'accesso alle informazioni, per l'esercizio dell'azione di vigilanza e di controllo da parte dell'AAMS.

Il gestore del sito di *gambling* deve adottare sistemi software e hardware idonei a garantire la continuità del servizio, dotati di alta affidabilità,

Riquadro 1

Il progetto del gioco di abilità contiene i seguenti elementi:

- a.** la denominazione del gioco di abilità;
- b.** la quota della raccolta destinata al montepremi;
- c.** le specifiche formule di gioco;
- d.** gli importi del diritto di partecipazione;
- e.** il meccanismo di gioco;
- f.** le regole di determinazione e di assegnazione delle vincite;
- g.** le regole che disciplinano la partecipazione dei giocatori;
- h.** le informazioni rese disponibili al giocatore, riguardanti le singole sessioni di gioco svolte;
- i.** le modalità di gestione dei casi di malfunzionamento dei sistemi e delle reti di trasmissione.

⁶ Debitamente novellata dalla legge 23 dicembre 2000 n. 388, al fine di contrastare l'attività di raccolta delle scommesse *on-line*.

⁷ L'Amministrazione Autonoma dei Monopoli di Stato è un organo del Ministero dell'Economia e delle Finanze italiano al quale è attribuito il compito di gestire il settore del gioco pubblico in Italia (si veda il sito www.aams.it).

sviluppati e mantenuti secondo le metodologie e le tecnologie allineate ai migliori standard del settore.

Il regolamento vieta, altresì, espressamente l'installazione sul computer del giocatore di software, contenente codice malevolo o che reindirizza la connessione ad altri siti.

Infine, oltre ai consueti obblighi di legge previsti dal codice sulla privacy e dal relativo allegato B⁸, vi è l'obbligo di dotare la piattaforma di gioco di caratteristiche di sicurezza atte a garantire l'autenticazione della piattaforma stessa e la protezione da accessi non autorizzati e da intercettazione e alterazione dei dati scambiati (Riquadro 2).

Per gli ulteriori requisiti tecnici della piattaforma di gioco e delle reti di trasmissione dati, il suddetto regolamento ministeriale rinvia agli appositi provvedimenti dell'AAMS che esercita i poteri di vigilanza e di controllo sul concessionario, anche mediante controlli e ispezioni con accesso, anche senza preavviso.

Si ricorda che alla stessa AAMS spetta il potere di rimozione dei casi di offerta su internet (o su altre reti telematiche o di telecomunicazione) di giochi, lotterie, scommesse o concorsi pronostici con vincite in denaro in assenza di autorizzazione⁹.

La normativa prevede che AAMS comunichi ai fornitori di servizi di rete (categoria che comprende access provider, service provider e content provider) l'elenco degli operatori non autorizzati e i termini entro i quali interrompere agli stessi:

- i. l'allacciamento alla rete internet ovvero ad altre reti telematiche o di telecomunicazione;
- ii. i servizi di providing;
- iii. i servizi di content provider.

Il provider che trasmette i dati di un operatore non autorizzato o che gli fornisce accesso alla rete di comunicazione (*mere conduit*) ovvero che archivia elettronicamente, in via automatica e temporanea (*caching*) o meno (*hosting*) se non ottempera al provvedimento inibitorio dell'AAMS diventa direttamente responsabile delle informazioni trasmesse.

Eccezzuato tale obbligo, non sussiste in capo al

Riquadro 2

Al progetto del gioco di abilità sono allegati:

- a. la riproduzione della grafica adottata;
- b. la simulazione completa del gioco di abilità, su supporto informatico;
- c. le informazioni relative al gioco di abilità e le istruzioni riguardanti le modalità e il meccanismo di gioco, rese disponibili al giocatore tramite il sito del concessionario, nonché le misure di tutela del giocatore, specifiche del gioco medesimo;
- d. la documentazione attestante gli eventuali brevetti registrati e certificazioni acquisite.

provider un dovere generale di sorveglianza sulle informazioni che trasmette o archivia elettronicamente, né di ricercare attivamente fatti o circostanze che indichino la presenza di *gambling* non autorizzato.

Il fornitore di servizi di rete risulta, comunque, tenuto a informare tempestivamente l'AAMS qualora sia a conoscenza di attività di gioco esercitate da un operatore non autorizzato e a fornire tempestivamente le informazioni che ne consentano l'identificazione (indirizzi IP, utenze telefoniche, dati personali ecc.).

In caso di violazione di tali disposizioni, ferma restando l'eventuale responsabilità penale, viene applicata una sanzione amministrativa pecuniaria che va da 30.000 a 180.000 € per ciascuna violazione accertata. Inoltre il provider è civilmente responsabile nei confronti di terzi del contenuto dei servizi offerti nel caso in cui non abbia agito nei termini indicati dall'AAMS ovvero se, avendo avuto conoscenza di un'attività di gioco on line non autorizzato, non ne abbia informato la suddetta autorità.

Il blocco dell'accesso telematico ai siti di *gambling* non autorizzati (ovviamente valido nei confronti dei soli provider stabiliti nel territorio italiano) era previsto già nelle Leggi finanziarie 2006 e 2007¹⁰ che, prefiggendosi la finalità di contrastare la diffusione del gioco irregolare, l'evasione e l'elusione fiscale nel settore del gioco, nonché di assicurare l'ordine pubblico e la tutela del giocatore, hanno portato all'oscuramento migliaia di casinò in rete.

In buona sostanza gli internet provider sono te-

⁸ Il Disciplinare tecnico in materia di misure minime di sicurezza, già ampiamente trattato in diversi articoli della presente rubrica di Mondo Digitale.

⁹ Si veda il provvedimento del Ministero dell'Economia e delle Finanze del 7 febbraio 2006.

¹⁰ Si tratta rispettivamente della Legge 266/05 e della Legge 296/06.



AVVERTENZA - SITO NON RAGGIUNGIBILE

In applicazione del decreto dell'Amministrazione autonoma dei monopoli di Stato (AAMS) del 2 gennaio 2007, disciplinante la rimozione dei casi di offerta in assenza di autorizzazione, attraverso rete telematica, di giochi, lotterie, scommesse o concorsi pronostici con vincite in denaro, con il quale è stata data attuazione all'art. 1, comma 50, della Legge 27 dicembre 2006, n° 296, il sito richiesto non è raggiungibile poiché sprovvisto delle autorizzazioni necessarie per operare la raccolta di giochi in Italia.

L'elenco degli operatori autorizzati al gioco telematico è disponibile sul sito istituzionale www.aams.it.

FIGURA 1

Esempio di un sito oscurato dall'AAMS

nuti a reindirizzare (mediante *redirect* a livello di DNS) il dominio del casinò su una pagina dei Monopoli di Stato (Figura 1).

Non sono mancati, naturalmente, i rimedi suggeriti dai tecnici per aggirare tale misura: per esempio la modifica del file "hosts" del sistema operativo, oppure la modifica dei DNS in modo da mascherare la connessione con un DNS straniero.

Da ultimo si segnala che il terremoto in Abruzzo, tra i tanti effetti, ha avuto una forte ripercussione sul mercato dei giochi (e anche sul *gambling* on-line): infatti, la legge 133/08 ha previsto che i

giochi, le lotterie e i concorsi pronostici con vincite in denaro dovranno contribuire al sostegno per le zone terremotate per circa 500 milioni di euro all'anno.

In tale legge viene, quindi, legittimato il poker on-line (con l'introduzione della modalità non a torneo, finora proibita) con l'applicazione di un'imposta del 20% sulla raccolta residua rispetto alle vincite.

Forse Dostoevskij non sarebbe d'accordo, ma almeno in questo caso viene perseguita una finalità meritoria.

DAVID D'AGOSTINI, avvocato, master in informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie, docente all'Università degli studi di Udine. Presiede la Commissione informatica dell'Ordine degli avvocati di Udine, è responsabile dell'area "Diritto& informatica" della rivista "Il foro friulano". Presiede l'Organismo di vigilanza di Autovie Venete SpA.

E-mail: studio@avvocatodagostini.it

ANTONIO PIVA, laureato in Scienze dell'Informazione, Vice Presidente dell'ALSI (Associazione Nazionale Laureati in Scienze dell'Informazione ed Informatica) e Presidente della commissione di informatica giuridica. Docente a contratto di *diritto dell'ICT e qualità* all'Università di Udine. Consulente sistemi informatici e Governo Elettronico nella PA locale, valutatore di sistemi di qualità ISO9000 ed ispettore AICA.

E-mail: antonio@piva.mobi



PROFESSIONE ICT

Competenze e professionalità per l'innovazione digitale

Rubrica a cura di

Roberto Bellini, Federico Butera, Alfonso Fuggetta

Il tema dell'innovazione e della competitività del sistema Italia è all'ordine del giorno della discussione economica e di quella sulle politiche industriali; sono promosse iniziative istituzionali a supporto dell'innovazione e si auspica un maggiore contributo della ricerca a livello universitario e privato. Anche l'Unione Europea spinge sul tema dell'innovazione, in particolare sul ruolo che le tecnologie ICT possono svolgere sia nei sistemi industriali che nei sistemi di governo e sull'importanza che può avere la definizione di un *framework* comune delle competenze ICT, compatibile con quanto previsto dall'EQF - *European Qualification Framework* - recentemente approvato dall'Unione Europea (2006).

Mondo Digitale vuole sostenere la diffusione di una maggiore sensibilità sul contributo che le competenze e le professionalità relative alle tecnologie digitali possono fornire in termini di innovazione dei servizi e del business dell'Impresa e di servizi per la cittadinanza erogati dagli enti della Pubblica Amministrazione. Questa nuova rubrica è dedicata appunto all'approfondimento sistematico di tutti gli aspetti che riguardano i progetti di analisi e di miglioramento delle competenze per l'innovazione digitale, il monitoraggio dei bisogni di competenza richiesti dal mercato e la valutazione delle offerte di qualificazione e aggiornamento delle competenze proposte dalle istituzioni educative di base e dagli operatori della formazione professionale e permanente.

La rubrica analizzerà l'andamento del mercato del lavoro delle professionalità ICT, i casi di successo nella crescita di competenze del personale dei fornitori di tecnologie e servizi e degli specialisti ICT, sia delle imprese manifatturiere e di servizio che degli enti della Pubblica Amministrazione, nonché l'andamento delle retribuzioni a livello nazionale e internazionale, usando come riferimento i profili e le competenze dello Standard EUCIP che AICA promuove in Italia.

Un servizio originale di AICA per i professionisti ICT

Il percorso di auto potenziamento professionale

Carlo Tiberti

1. INTRODUZIONE

Il Percorso di autopotenziamento professionale (*self-empowerment*) è un'opportunità che AICA offre a tutti i professionisti di informatica interessati a ottenere un miglioramento della propria posizione professionale, sia in termini di competenze e professionalità, che in termini economici.

Il "percorso" proposto si realizza attraverso la fruizione integrata di una serie di servizi basati sullo standard di competenze e profili professionali EUCIP (*European Certification of Informatics Professionals*).

Nell'articolo viene presentato l'ipotetico caso di

Ugo Rossi, un professionista ICT che opera in qualità di Analista Programmatore presso una società milanese e che intraprende il percorso di autopotenziamento professionale per valorizzare e sviluppare le proprie competenze e quindi la propria professionalità e carriera. Abbiamo chiesto ad Ugo Rossi di raccontare la sua esperienza in prima persona.

2. LA MIA STORIA PROFESSIONALE

Mi chiamo Ugo Rossi, ho 35 anni di età e lavoro in una società di servizi milanese del settore credito/assicurazioni. Sono nato a Roma dove ho conseguito il diploma di *Perito Elettronico* e mi

sono successivamente trasferito a Milano per laurearmi in Ingegneria presso il Politecnico di Milano. Una volta laureato ho deciso di rimanere a vivere a Milano iniziando a lavorare in qualità di sviluppatore software in una piccola realtà informatica.

Alla ricerca di maggiori opportunità di sviluppo personale, dopo qualche anno ho cambiato datore di lavoro e trovato impiego presso una software house dove mi sono occupato di sviluppare, testare e integrare tra loro diverse applicazioni software che l'azienda rilasciava ai propri clienti dopo un'adeguata personalizzazione. Il lavoro si è dimostrato professionalmente molto interessante e stimolante ma, essendo la realtà aziendale piccola e poco sviluppata, di fatto, non erano possibili reali opportunità di crescita professionale e di carriera.

Ho quindi deciso di rimettermi nuovamente sul mercato trovando impiego in un'azienda che offre servizi finanziari ai propri clienti, dove ho potuto dimostrare la mia responsabilità, professionalità e intraprendenza. Sono inquadrato contrattualmente come impiegato e con un ruolo che personalmente ritengo sia quello di un *analista programmatore*.

Nell'ultimo periodo, gli impegni di lavoro sono diventati sempre maggiori e mi sono ritrovato ad avere responsabilità, oltre che tecnico-operative, anche di tipo manageriale; devo, infatti, coordinare alcuni miei collaboratori nei differenti progetti di lavoro nei quali sono coinvolto.

Questo nuovo ruolo professionale, molto più prossimo a quello di *gestore di progetti informatici* rispetto a quello di *analista programmatore* che ritengo di ricoprire, anche se nessuno in

azienda me lo ha mai comunicato, mi appassiona molto. Proprio per capire meglio quale sia il profilo professionale che l'azienda mi potrebbe riconoscere, ho deciso di usufruire del servizio di autopotenziamento professionale predisposto da AICA, con l'obiettivo di poter qualificare correttamente le mie specifiche competenze e il livello retributivo che mi potrebbe essere riconosciuto.

3. IL RICONOSCIMENTO DEL MIO PROFILO PROFESSIONALE ATTUALE E OBIETTIVO

Comincio il percorso di autopotenziamento professionale utilizzando il servizio *Profilo di Prossimità* che mi permette di sapere a quale profilo mi avvicino di più, a partire dalle competenze informatiche che possiedo.

Terminato il questionario posso leggere il mio Report Personale e scopro che la figura professionale a cui risulterà più "vicino" ("prossima" secondo la terminologia EUCIP), sulla base delle competenze tecniche da me dichiarate, è quella di *System Integration and Testing Engineer* con una copertura pari al 72%. La figura professionale che ritenevo di ricoprire (*Analista Programmatore*) è invece molto più lontana: su questa il mio punteggio è, infatti, pari solo al 43%.

Scopro invece, almeno apparentemente, di non essere troppo distante, da un punto di vista delle competenze possedute, dalla professione di *IS Project Manager*, il mestiere che attualmente svolgo de facto in azienda e che desidererei potesse diventare la mia vera professione. La mia prossimità verso quello che il Servizio indica come il mio profilo obiettivo è, infatti, del 65% (Figura 1).

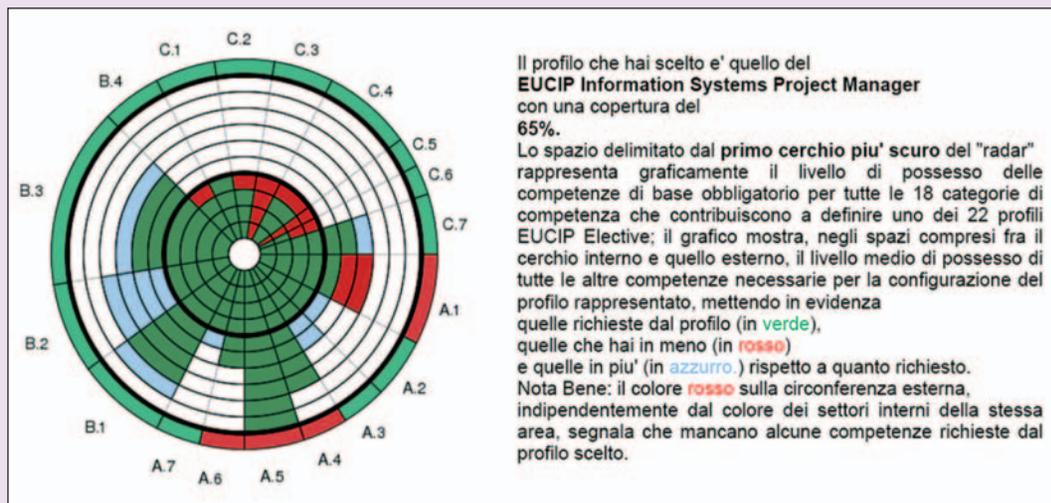


FIGURA 1
Prossimità di Ugo Rossi al Profilo EUCIP IS Project Manager

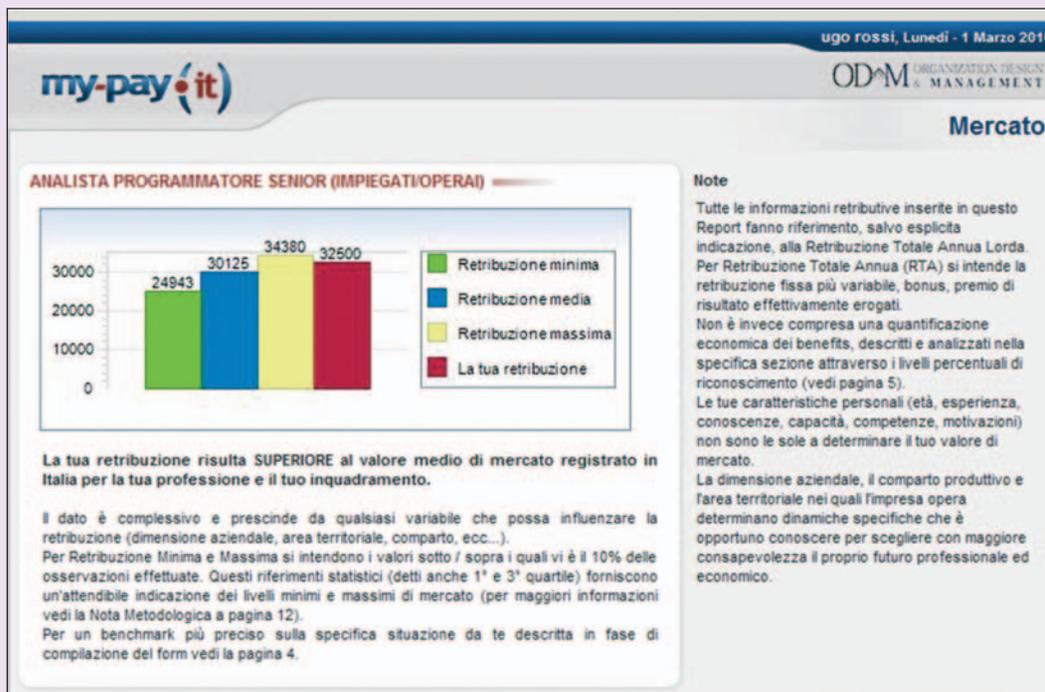


FIGURA 2
Retribuzione di Ugo Rossi comparata con le retribuzioni medie degli Analisti Programmatori

Analizzando in dettaglio i risultati indicati nel grafico mi faccio un'idea molto chiara di quali siano i miei punti di forza e quali quelli di debolezza. Più in dettaglio, per potere esercitare con professionalità il mestiere *IS Project Manager* EUCIP dovrei approfondire a livello teorico le categorie di competenza:

- a1.01 *Business activity and business process modelling needs;*
 - a4.01 *New technology opportunities and the matching of these to business;*
 - a4.02 *Package selection and implementation lifecycle;*
 - a5.07 *Cost Management;*
 - a5.12 *Procurement Management;*
 - a6.01 *Managing business change;*
- e dovrei inoltre maturare esperienze di applicazione (per esempio, in contesti complessi come quelli dell'azienda presso la quale lavoro) relativamente alle categorie di competenza:
- a5.08 *Quality Management;*
 - a5.09 *Human Resource Management;*
 - a5.10 *Communication Management;*
 - a5.11 *Risk Management;*
 - a5.13 *Project Management Tools.*

4. LA MIA SITUAZIONE RETRIBUTIVA

Utilizzando il servizio *My Pay AICA* decido di verificare se la mia retribuzione sia in linea con le

retribuzioni del mercato e, inoltre, di verificare cosa potrei guadagnare se svolgessi a pieno titolo la professione di *IS Project Manager* (il mio profilo obiettivo).

Il servizio conferma (Figura 2) quello che il mio responsabile già mi aveva a suo tempo anticipato, e cioè che il mio livello retributivo annuo lordo (€ 32.500) risulta essere leggermente superiore alle retribuzioni medie del mercato (€ 30.125); mi fa molto piacere scoprire che l'azienda presso cui lavoro premia il mio impegno quotidiano riconoscendomi una retribuzione adeguata.

Mi voglio comunque togliere ogni dubbio, per cui vado anche a verificare quale sarebbe la mia retribuzione come *IS Project Manager*, a parità di contesto di lavoro (anzianità, dimensione aziendale, regione). Risulta che come *IS Project Manager* la mia attuale retribuzione (Figura 3) sarebbe inferiore rispetto alla retribuzione media del mercato (€ 35.163). Questo, di fatto, conferma che il nuovo ruolo professionale al quale ambisco richiede maggiori competenze informatiche e, di conseguenza, viene anche retribuito maggiormente.

Per ulteriori approfondimenti relativi alla retribuzione di questa professione, consulto il *Rapporto AICA 2009, Il Valore delle Competenze ICT* e scopro per esempio che, se lavorassi a Roma invece che a Milano, il mio stipendio sarebbe del 3,5%

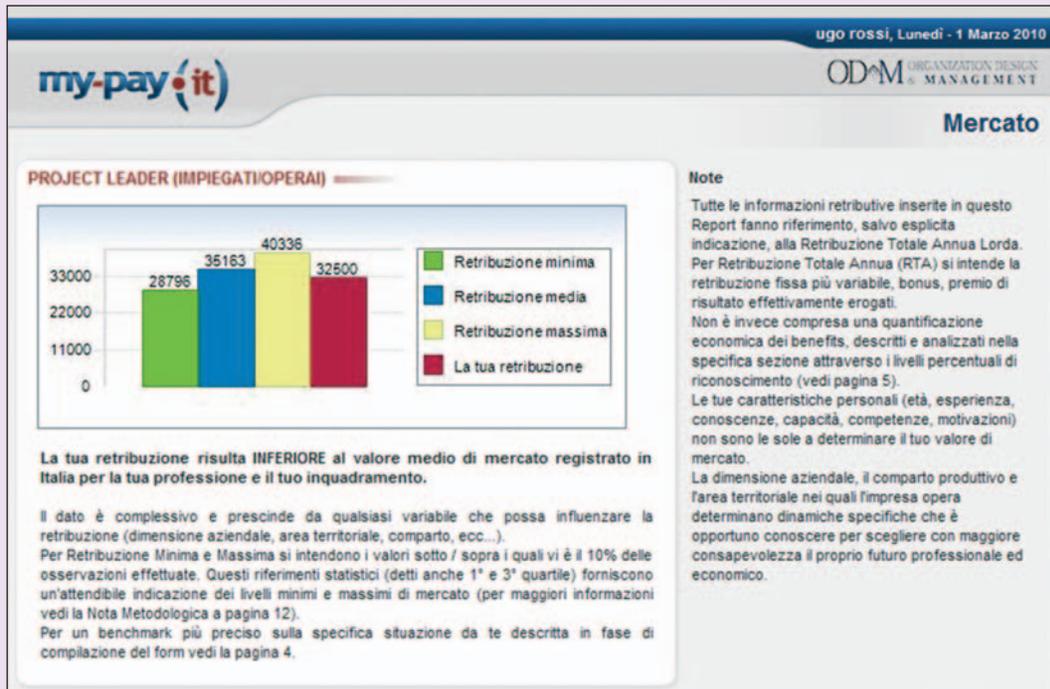


FIGURA 3
Retribuzione di Ugo Rossi comparata con le retribuzioni medie degli IS Project Manager

circa inferiore (Figura 4) rispetto a quello che guadagnerei a Milano. Ci avevo fatto un pensiero, di tornare a Roma, ma dopo questa verifica smetto di pensare a questa ipotesi! Ora mi rimane da fare l'ultima verifica: quale sarebbe l'impegno e il costo per completare un percorso formativo o di lavoro che mi possa portare a ricoprire anche formalmente il ruolo obiettivo a cui aspiro?

5. IL PERCORSO PROFESSIONALE DI SVILUPPO DELLE COMPETENZE

Mi metto dal punto di vista peggiore: supponendo di dover fare passo passo tutto il percorso formativo per diventare un *IS Project Manager*, quali sono le tappe formative da pianificare? Scopro così, grazie al *Percorso di qualificazione suggerito* (esempio, nella Figura 5) che nel mio caso, per acquisire le competenze di *IS Project Manager* posso seguire diversi corsi di formazione. Un esempio è il corso "Alta Formazione in Project Management" erogato dall'Università Cattolica e dal Centro di Competenza ADFOR di Milano, che permette di coprire in maniera ampia e approfondita le competenze delle categorie A5.07, A5.08, A5.09, A5.10, A5.11, A5.12, A6.01, rispetto alle quali ero risultato essere carente. Il corso ha una durata complessiva di 18 giorni e un prezzo di € 3.500 + IVA.

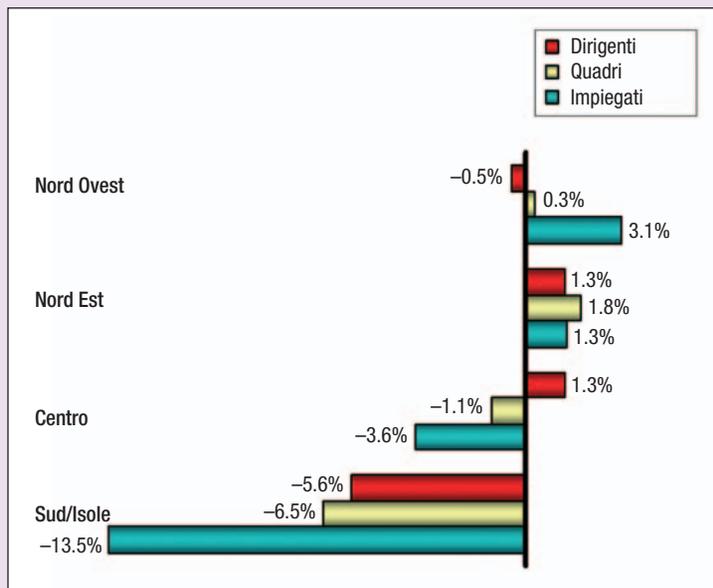
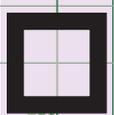


FIGURA 4
Retribuzione media di IS Project Manager per area geografica

Per l'acquisizione delle altre categorie di competenza rispetto alle quali la mia analisi ha identificato delle carenze (nel mio caso le categorie A1.01, A4.01, A4.02 e A5.13) posso, nella stessa maniera, usufruire di altri corsi di formazione. A questo punto sono a conoscenza di un concreto percorso formativo con costi e tempi definiti che potrei anche proporre alla mia impresa con



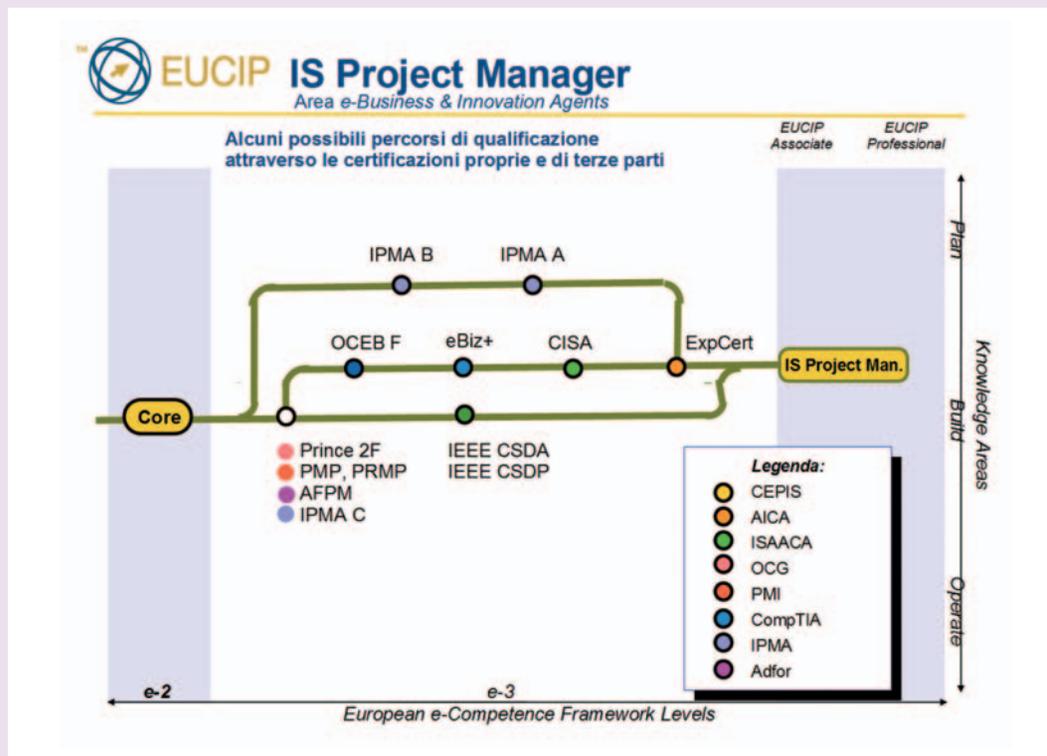


FIGURA 5
Possibili percorsi di qualificazione EUCIP IS Project Manager

evidenti vantaggi per entrambi (aumento della mia motivazione e completamento delle competenze disponibili in azienda per lo svolgimento del mio attuale ruolo “de facto”).

Il percorso di autopotenziamento mi permette infine di completare lo sviluppo della mia professionalità fornendomi anche tutte le indicazioni necessarie per acquisire la certificazione EUCIP Elective per il profilo desiderato. Prendo atto che dovrei spendere un altro migliaio di euro per acquisire questa certificazione, ma avrei anche il beneficio di poter diventare molto più visibile, dato che, navigando sul sito AICA, ho fatto un’ultima interessante scoperta: tutti coloro che si sono certificati vengono inseriti nella Vetrina appositamente messa a disposizione da AICA.

5. CONCLUSIONI

Quello di Ugo Rossi è un caso esemplificativo che ha mostrato come, attraverso il percorso di autopotenziamento professionale, AICA e i Competence Center EUCIP mettano a disposizione una serie di servizi di alto valore che permettono ai professionisti ICT di orientare la pro-

pria carriera, acquisire competenze tecniche fondamentali, migliorare la propria posizione professionale o addirittura orientarsi verso una carriera diversa.

Tutti i servizi sono basati sullo standard di competenze e profili professionali EUCIP e si configurano come un vero e proprio “percorso” attraverso il quale il professionista acquisisce consapevolezza dei suoi punti di forza e di debolezza (*skill gap*) riuscendo a valorizzare al meglio le competenze tecniche in suo possesso.

La chiave per questo passaggio è costituita dalla possibilità di identificare un profilo obiettivo, diverso da quello che il professionista ha attualmente, e verso il quale il professionista può decidere di orientarsi, seguendo percorsi di qualificazione in cui vengono valorizzate anche le certificazioni di fornitori come Microsoft, Cisco, IBM, Oracle ecc..

Il percorso si completa poi con il supporto e le indicazioni necessarie per il conseguimento della certificazione EUCIP Elective relativa al profilo desiderato, che rende immediatamente riconoscibile e valorizzabile sul mercato il professionista certificato.

STANDARD EUCIP E SERVIZI AI QUALI SI FA RIFERIMENTO NEL TESTO

- ❑ **EUCIP (European Certification of Informatics Professionals):** lo standard europeo del CEPIS per le competenze dei professionisti ICT, un sistema completo di servizi e certificazioni, indipendente dai fornitori, di riferimento nel mondo delle professioni informatiche, dell'impresa e della formazione.
- ❑ **Profilo di Prossimità:** il servizio si basa sull'utilizzo di un'applicazione on-line predisposta da AICA che permette, tramite la compilazione di un questionario con 155 domande, di verificare la propria prossimità (in termini di competenze) ad ognuno dei profili professionali dello standard EUCIP; i 22 profili professionali EUCIP, riconosciuti e validi in tutta Europa, coprono con buona approssimazione l'intero spettro delle professioni informatiche.
- ❑ **My-Pay AICA:** il servizio on-line fornisce un Report personalizzato con il posizionamento della propria retribuzione rispetto al mercato del lavoro, secondo i profili professionali rilevati da OD&M e riconducibili ai Profili Elettivi dello Standard EUCIP. Offre un raffronto statistico della propria retribuzione valutata in relazione ai valori minimi e massimi rilevati nel mercato del lavoro e contestualizzati rispetto a: profilo professionale, sesso, età, dimensione d'impresa, settore di appartenenza e area geografica. Il Report che si ottiene è composto da 13 pagine, ed è arricchito da alcune linee guida utili per impostare una revisione della propria posizione.
- ❑ **Rapporto AICA 2009: "Il Valore delle Competenze ICT":** indagine annuale realizzata da AICA che si propone di fornire alle imprese e agli stessi professionisti dell'ICT un quadro informativo sulle caratteristiche e sulle dinamiche delle retribuzioni degli operatori del settore dell'*Information & Communication Technology*, inquadrare secondo lo Standard EUCIP.
- ❑ **Disegno Percorsi Professionali di sviluppo delle competenze EUCIP:** il servizio è destinato a supportare i professionisti ICT nella definizione del piano di sviluppo delle competenze necessarie al raggiungimento di uno specifico Profilo Professionale identificato tra i 22 Profili Elettivi previsti dallo Standard EUCIP, in coerenza sia con le esigenze dell'organizzazione presso cui lavora, sia con gli obiettivi individuali di miglioramento professionale. Il servizio si propone pertanto di determinare lo sforzo necessario per l'acquisizione delle competenze mancanti, rilevate dal Servizio Profilo di Prossimità.
- ❑ **Percorso di Qualificazione esemplificativo:** per ognuno dei 22 profili professionali dello standard EUCIP sono disponibili una serie di percorsi di qualificazione (esemplificativi e non esaustivi di tutte le certificazioni presenti) che tengono conto delle competenze fornite dalle certificazioni ICT più diffuse sul mercato, al fine di fornire al professionista interessato ad uno dei profili EUCIP uno schema di riferimento tramite cui acquisire le competenze tecniche necessarie.
- ❑ **Percorso di Certificazione EUCIP:** il servizio si propone di aiutare i professionisti ICT nel Percorso di Certificazione EUCIP delle proprie competenze professionali. Prevede un supporto individuale per la realizzazione del Portfolio Professionale (attraverso l'integrazione di curriculum di studi, esperienze pregresse, certificazioni informatiche già acquisite), per la valutazione delle esperienze lavorative e formative pregresse e per l'identificazione di corsi ed esami accreditati EUCIP che consentono di conseguire "punti" validi per la certificazione del Profilo EUCIP atteso.

CARLO TIBERTI, laureato in Psicologia del Lavoro e delle Organizzazioni presso l'Università di Padova, dopo un'esperienza presso la Direzione HR di Brembo Spa, dal 2005 opera in AICA. Impegnato in progetti inerenti lo sviluppo e l'applicazione dello standard di profili, servizi e certificazioni professionali EUCIP (*European Certification of Informatics Professionals*), fornisce anche supporto alle aziende Centri di Competenza EUCIP per l'erogazione sul mercato dei relativi servizi. Ha curato la realizzazione dei Rapporti di Scenario: "Rapporto AICA 2009, le Retribuzioni dei Profili ICT in Italia" e, per la parte inerente le professioni EUCIP, dell'Indagine Retributiva 2009 di Assintel: "Osservatorio dei profili professionali nell'IT".
E-mail: carlo.tiberti@aicanet.it

ECDL FOR PROBLEM SOLVING UN PASSO AVANTI VERSO LA SCUOLA DIGITALE

L'articolo presenta il progetto **ECDL for Problem Solving** di AICA: una certificazione delle competenze di uso dello strumento informatico "foglio elettronico" nella risoluzione di problemi tipici delle materie del triennio conclusivo delle scuole superiori. L'articolo discute in primo luogo l'approccio *problem oriented* che sta alla base di *ECDL for Problem Solving*, ovvero l'uso dello strumento informatico contestualizzato nelle materie di studio. Vengono poi definite le caratteristiche della certificazione, le competenze necessarie per ottenerla, le metodologie utili per acquisire tali competenze.

1. INTRODUZIONE

Il programma **ECDL** continua a svolgere un ruolo fondamentale nell'alfabetizzazione informatica del nostro Paese, diffondendo la conoscenza strumentale di base del computer. Ciò è avvenuto anche nella scuola, dove l'ECDL ha supplito per molto tempo alla totale assenza dell'informatica – sia come disciplina sia come supporto strumentale – nei piani di studio dell'istruzione secondaria, dai licei a gran parte degli istituti tecnici.

Solo ora, nel quadro della riforma della scuola secondaria di 2° grado che entrerà in vigore con l'anno scolastico 2010-11, l'informatica ha trovato esplicito e formale riconoscimento. Essa è, infatti, presente nei programmi del biennio di tutti gli indirizzi di studio, come parte integrante dell'insegnamento di matematica.

Nel nuovo contesto, risulta quanto mai tempestivo e opportuno il progetto denominato *ECDL for Problem Solving* avviato da AICA. Questo progetto costituisce, in sostanza, un completamento della formazione informati-

ca di base per gli studenti della scuola secondaria, introducendo un'ulteriore prospettiva culturale e didattica. Infatti, si passa dalla *conoscenza strumentale del computer* (acquisita con l'**ECDL Core**) all'*uso del computer per risolvere problemi attinenti le varie materie curriculari*.

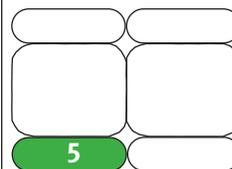
Più specificamente, il progetto è rivolto agli allievi del triennio conclusivo della scuola secondaria e introduce un ulteriore livello di certificazione denominato **ECDL for Problem Solving** (in acronimo **ECDL4PS**): tale livello si concentra sullo strumento informatico che, fra quelli di larga diffusione, mostra la maggiore versatilità – il **foglio elettronico** – e ne affronta l'utilizzo per la risoluzione di tipici problemi curriculari del suddetto triennio.

In quest'ottica, **ECDL4PS** costituisce il logico completamento del programma **ECDL** nella scuola secondaria. La gradualità ottimale suggerita è dunque la seguente:

□ **ECDL Start** (4 moduli) nella scuola secondaria di primo grado;



Nello Scarabottolo



do di insegnamento e di verifica della capacità dello studente di elaborare soluzioni creative a problemi non elementari specifici del singolo contesto curricolare, per ciascuno dei due strumenti informatici – foglio elettronico e basi di dati. L'attività dei suddetti gruppi ha portato alla pubblicazione di sei testi didattici editi da McGraw-Hill Italia, cui si è aggiunto il testo predisposto da un gruppo di lavoro che ha sviluppato due supporti prototipali all'auto-valutazione delle capacità di *problem solving* raggiunte dagli studenti.

Sebbene non abbia portato alla definizione di un particolare tipo o livello di certificazione – soprattutto a causa dell'eterogeneità delle discipline universitarie e della conseguente difficoltà di formulare domande di esame trasversali – il progetto IT4PS ha incontrato notevole interesse da parte dei docenti e degli studenti universitari coinvolti nella sperimentazione.

Dall'esperienza di IT4PS nasce ECDL4PS, che come già detto si indirizza a un'utenza più giovane – quella degli studenti del triennio conclusivo delle scuole medie superiori – sia perché con il passare degli anni il livello di alfabetizzazione informatica dei giovani continua a crescere, sia soprattutto perché, in un contesto di discipline più omogeneo come quello delle scuole medie superiori, è possibile individuare argomenti comuni sui quali definire uno schema di certificazione.

3. ECDL4PS E PROBLEM SOLVING

Il nome stesso del progetto che ha portato alla definizione della certificazione ECDL4PS e i frequenti riferimenti al *problem solving* meritano alcune considerazioni per sgomberare il campo dalla sensazione di uso improprio o, peggio, di uso “propagandistico” delle parole chiave *problem solving*.

In effetti, il termine *problem solving*, oggi così diffuso, fa riferimento ad attività di ricerca internazionali di natura neuro-psicologica focalizzate sui meccanismi mentali che consentono a esseri dotati di intelligenza (naturale o artificiale) di affrontare e risolvere problemi, di qualsiasi natura essi siano.

Se si parte dalla suddetta considerazione – e si prendono in esame i lavori di ricerca degli anni '60 (ben discussi in [6]) centrati sulla soluzione

di problemi relativamente semplici e non contestualizzati nelle normali attività delle persone chiamate a risolverli, come il problema della “torre di Hanoi”, l'accostamento del *problem solving* alla certificazione ECDL4PS risulta senz'altro inappropriato: ciò che la certificazione si propone come obiettivo principale è infatti la capacità di utilizzare le potenzialità dello strumento foglio elettronico per risolvere problemi che presentino caratteristiche di calcolo numerico e/o di analisi di dati per le quali tale strumento si rivela particolarmente adatto.

Tuttavia, le attività di ricerca sul *problem solving* hanno messo in evidenza le differenze sostanziali fra la soluzione di semplici problemi “di laboratorio” e la soluzione di problemi più complessi e soprattutto più vicini alla vita quotidiana. Da queste attività, emerge come il *problem solving* consista di due processi strettamente correlati:

□ l'orientamento al problema, ovvero l'approccio motivazionale, attitudinale e affettivo del singolo individuo alla soluzione di problemi, e

□ le abilità di *problem solving*, ovvero le componenti cognitive e le capacità comportamentali necessarie per giungere effettivamente alla soluzione del problema.

Per questo motivo, diversi ricercatori americani ed europei hanno abbandonato il tentativo di individuare una teoria globale del *problem solving*, e si sono piuttosto focalizzati sullo studio di tecniche di *problem solving* in domini cognitivi specifici, nei quali sviluppare specifiche capacità di risoluzione [3, 4, 5, 8].

Con questa accezione del *problem solving*, la certificazione ECDL4PS risulta decisamente più “in sintonia”. Essa si propone, infatti, di fornire le componenti cognitive necessarie per affrontare in modo efficace l'applicazione del foglio elettronico alla soluzione di problemi presenti nelle discipline curriculari, ovvero di dare all'allievo le necessarie competenze per un utilizzo evoluto dello strumento foglio elettronico, ma soprattutto la conoscenza:

□ delle principali metodologie per l'applicazione del foglio elettronico a:

- problemi di calcolo numerico, spesso basati su algoritmi iterativi;
- problemi di analisi di dati, che richiedono la comprensione dei principali concetti statistici;



- problemi di simulazione, per valutare quali comportamenti conducano a raggiungere un certo obiettivo;
- delle principali tipologie di problemi curricolari per i quali l'uso del foglio elettronico si rivela opportuno, e dei limiti che tale uso comunque presenta rispetto ad altri strumenti tecnologici (esempio, un gestore di basi di dati) o metodologici (esempio, la soluzione analitica di un problema matematico).

4. ECDL4PS SCELTE DI PROGETTO

Come già detto, la popolazione ideale cui si rivolge la certificazione *ECDL4PS* è costituita dagli studenti del triennio conclusivo delle scuole superiori, che affrontano un panorama di argomenti curricolari sufficientemente ampio e approfondito per meglio apprezzare il supporto offerto da un utilizzo avanzato di uno strumento informatico estremamente flessibile e potente come il **foglio elettronico**.

A tali studenti si chiede pertanto di seguire una preparazione specifica all'uso del foglio elettronico in ottica *problem solving*, propedeutica al conseguimento della certificazione *ECDL4PS* che si ottiene superando un esame da sostenere indicativamente al termine del quarto anno o all'inizio del quinto anno della scuola secondaria.

Dal momento che la filosofia di fondo della certificazione *ECDL4PS* è la risoluzione di problemi specifici dei diversi contesti curricolari, è naturale impostare anche il suddetto esame in modo contestualizzato, prevedendo cioè test d'esame che richiedano l'applicazione del foglio elettronico a problemi specifici del curricula seguiti dai candidati alla certificazione.

In questa fase di lancio della certificazione *ECDL4PS*, e in considerazione della varietà di indirizzi scolastici previsti per le scuole superiori (con conseguente varietà dei contesti curricolari possibili) si è ritenuto opportuno iniziare da un ambito specifico che avesse però un'ampia valenza trasversale. Si è dunque deciso di partire dai **licei scientifici** e di considerare, in prima istanza, due discipline fondamentali, ossia la **matematica** e la **fisica**, in quanto discipline di base comuni a tutti i tipi di scuole superiori, a prescindere dall'indirizzo specifico.

La scelta dei licei scientifici è perfettamente in linea con il ruolo che il documento ministeriale sulla riforma della scuola assegna all'informatica in tali tipi di scuola superiore. Come sintetizzati in tale documento, infatti, a conclusione dei percorsi di apprendimento di ogni tipo di liceo, gli studenti devono:

“avere familiarità con gli strumenti informatici per utilizzarli nelle attività di studio e di approfondimento delle altre discipline; comprendere la valenza metodologica dell'informatica nella formalizzazione e scomposizione dei processi complessi, nell'individuazione di procedimenti risolutivi”.

Inoltre, la scelta della matematica presenta un'ulteriore valenza molto significativa: a prescindere dal suo valore euristico e pratico, va infatti sottolineato che nel nuovo regolamento della scuola secondaria l'informatica rientra tra i compiti didattici dell'insegnante di matematica e questo connubio non può che facilitare la definizione dei percorsi formativi necessari al conseguimento della certificazione *ECDL4PS*.

Da un punto di vista operativo, il progetto *ECDL for Problem Solving* è stato condotto in collaborazione tra AICA e Webscience srl, da tempo collaboratore di AICA nel contesto delle certificazioni. La prima fase del progetto – denominata Fase Pilota – ha visto il coinvolgimento di un certo numero di docenti di vari licei scientifici, con i quali si sono discusse le linee di base della nuova certificazione, si sono identificati e analizzati gli argomenti oggetto di esame, si sono predisposti alcuni *test-tipo* da utilizzare sia come strumenti di auto-valutazione per i candidati alla certificazione *ECDL4PS*, sia come traccia per la stesura degli effettivi test di certificazione.

5. LA CERTIFICAZIONE ECDL4PS

Come discusso ampiamente in [2], una delle caratteristiche fondamentali di un processo certificativo di competenze (informatiche e non) prevede che la valutazione *ex post* del fatto che il candidato abbia effettivamente acquisito tali competenze sia affidata a un **ente terzo indipendente**, non coinvolto direttamente nel processo formativo del can-

didato, i cui compiti fondamentali sono due:

1. definire *ex ante* conoscenze e competenze in un **syllabus** reso noto a tutti gli erogatori di formazione interessati;

2. definire la struttura e garantire la qualità (imparzialità, indipendenza, stabilità nel tempo) delle modalità di verifica *ex post* del raggiungimento degli obiettivi formativi, ovvero certificare che il soggetto fruitore possieda in misura adeguata le conoscenze e le competenze previste dal *syllabus*.

Nel caso della certificazione *ECDL4PS*, a differenza di quanto avviene per tutte le altre certificazioni informatiche offerte da AICA, il primo punto – ovvero la definizione del *syllabus* – è un'operazione che richiede di considerare due aspetti completamente differenti, che trovano integrazione proprio nell'approccio *problem oriented* di questa certificazione. Per poter proficuamente usare lo strumento foglio elettronico nelle proprie attività curricolari, lo studente candidato alla certificazione *ECDL4PS* deve infatti possedere sia adeguate competenze di uso strumentale del foglio elettronico, sia sufficienti competenze disciplinari negli ambiti di riferimento (matematica e fisica) che gli consentano di comprendere il problema proposto in sede di certificazione e di affrontarne la soluzione.

Quanto al secondo punto – ovvero alla definizione della procedura di certificazione vera e propria – l'aspetto più critico nel caso della certificazione *ECDL4PS* è la tipologia di test da sottoporre ai candidati. Si deve infatti trovare il giusto compromesso fra libertà del candidato di affrontare la soluzione del problema nel modo ritenuto più opportuno e standardizzazione del metodo di correzione per ridurre al minimo la discrezionalità del correttore e per avvicinarsi quanto più possibile ad una correzione automatica, per sua natura stabile nel tempo e priva di influenze soggettive.

5.1. I *syllabi* di *ECDL4PS*

Per quanto riguarda le competenze strumentali, *ECDL4PS* si prefigge come già detto di richiedere una capacità di uso approfondito dello strumento foglio elettronico, quindi si colloca in posizione intermedia fra la certificazione *ECDL Core* (orientata all'utente generico) e la certificazione *ECDL Advanced* (che prevede una conoscenza completa delle pos-

sibilità dello strumento informatico). Inoltre, la certificazione *ECDL4PS* deve privilegiare – come ovvio – alcuni degli aspetti strumentali, più funzionali alla risoluzione di problemi nelle aree disciplinari considerate.

Da queste considerazioni, emerge la proposta di **syllabus strumentale** riportata nella tabella 1, nella quale sono riportate in nero le competenze di base (già previste nel modulo 4 della certificazione *ECDL Core*) mentre sono evidenziate in rosso le competenze di livello più avanzato (presenti nel *syllabus* del modulo AM4 della certificazione *ECDL Advanced*).

Riguardo invece alle competenze disciplinari, la proposta *ECDL4PS* – come detto – si rivolge in questo stadio di evoluzione del progetto alla matematica e alla fisica presenti nel triennio conclusivo dei licei scientifici. Dall'analisi dei programmi ministeriali e dagli incontri con i docenti che hanno partecipato alla Fase Pilota prima menzionata, sono emersi i due **syllabi disciplinari** riportati nelle tabelle 2 e 3, rispettivamente per matematica e fisica.

A questo proposito, vale la pena sottolineare come i due suddetti *syllabi* disciplinari **non esauriscano assolutamente i contenuti curricolari delle due materie considerate**: il loro scopo non è infatti quello di definire quali competenze delle due materie siano da considerare il bagaglio culturale dei candidati, bensì soltanto quello di individuare alcune parti significative degli argomenti trattati nelle due materie che si prestino alla formulazione di problemi affrontabili con il foglio elettronico, e possano quindi essere utilizzati per la predisposizione delle domande cui rispondere in sede di esame di certificazione.

Il *syllabus* strumentale e i due *syllabi* disciplinari non sono però sufficienti a definire completamente le competenze necessarie per ottenere una certificazione come *ECDL4PS*, che vuole valutare la *capacità di risolvere problemi matematici e fisici con il foglio elettronico*: serve un terzo tipo di *syllabus* – che possiamo definire **syllabus di problem solving** – che specifichi quali tecniche di impostazione di un progetto su foglio elettronico devono essere note per poter affrontare adeguatamente la soluzione dei problemi proposti.

Una prima bozza di tale *syllabus* è riportata in tabella 4.

Sezione	Tema	Rif.	Argomento
1. Celle	1.1 Formato celle	1.1.1	Formattare le celle in modo da visualizzare i numeri con una quantità specifica di decimali.
		1.1.2	Formattare le celle in modo da visualizzare i numeri come percentuali.
		1.1.3	Applicare formati differenti ai contenuti delle celle.
		1.1.4	Copiare il formato in un intervallo di celle.
	1.2 Riferimenti celle	1.2.1	Distinguere tra riferimento assoluto e riferimento relativo.
		1.2.2	Copiare una formula in un intervallo di celle.
2. Formule	2.1 Formule e funzioni	2.1.1	Usare le funzioni per le operazioni matematiche di base: addizione, sottrazione, moltiplicazione, divisione.
		2.1.2	Usare le funzioni: =MEDIA() =MAX() =MIN() =ARROTONDA().
		2.1.3	Usare le funzioni matematiche e trigonometriche: =LOG(), =POTENZA() =SEN() =COSEN() =TAN() ecc.
		2.1.4	Usare le funzioni logiche: =SE() =E() =O().
		2.1.5	Usare le funzioni: =CONTA() =CONTA.SE() =SOMMA.SE() ecc.
		2.1.6	Usare le funzioni di data e ora: =OGGI() =GIORNO() =MESE() =ANNO() ecc.
		2.1.7	Usare le funzioni di ricerca e riferimento: =CERCA() =CERCA.ORIZZ() =CERCA.VERT() ecc.
		2.1.8	Creare funzioni a più livelli nidificati.
3. Grafici	3.1 Creazione di grafici	3.1.1	Creare un grafico a partire da una tabella di dati.
		3.1.2	Aggiungere, eliminare una serie di dati in un grafico.
		3.1.3	Collegare dati/grafici all'interno di un foglio di lavoro o tra fogli di calcolo diversi.
	3.2 Formattare grafici	3.2.1	Modificare la posizione di titolo, legenda, etichette dati di un grafico.
		3.2.2	Cambiare la scala sull'asse dei valori: numero massimo e minimo per la visualizzazione, l'intervallo di rilievo.
4. Analisi dei dati	4.1 Tabelle Pivot	4.1.1	Creare una tabella pivot o una tabella a campi incrociati utilizzando dei nomi di campi definiti.
		4.1.2	Modificare la sorgente dati e ricalcolare la tabella pivot o la tabella a campi incrociati.
		4.1.3	Filtrare, ordinare i dati in una tabella pivot.
		4.1.4	Raggruppare / presentare i dati in una tabella pivot o in una tabella a campi incrociati mediante un criterio predefinito.
		4.1.5	Usare tabelle di dati a una o due variabili / tabelle what-if.
	4.2 Ordinamento e copia	4.2.1	Ordinare i dati su una o più colonne contemporaneamente.
		4.2.2	Creare un elenco personalizzato ed eseguire un ordinamento personalizzato.
		4.2.3	Usare lo strumento di riempimento automatico per copiare o incrementare i dati.
	4.3 Filtri	4.3.1	Creare un filtro automatico. Usare le opzioni di ricerca / filtri avanzate.
	4.4 Simulazione	4.4.1	Usare lo strumento di analisi di simulazione per individuare quali dati producono il risultato desiderato.

TABELLA 1

Il syllabus strumentale ECDL4PS (competenze di uso dello strumento foglio elettronico)

Sezione	Rif.	Argomento
1. Geometria	1.1	Triangoli e loro proprietà
	1.2	Poligoni e loro proprietà
	1.3	Circonferenza e cerchio
	1.4	Proporzioni tra grandezze. Similitudine di triangoli e di poligoni
	1.5	Area di poligoni
	1.6	Geometria nello spazio: misure di aree e di volumi di solidi notevoli. Concetto di equivalenza nello spazio.
2. Algebra	2.1	Polinomi e loro operazioni
	2.2	Equazioni e disequazioni di primo grado
	2.3	Equazioni e disequazioni di secondo grado
	2.4	Equazioni e disequazioni grado superiore al secondo
	2.5	Equazioni e disequazioni con valore assoluto
	2.6	Equazioni e disequazioni irrazionali
	2.7	Sistemi di equazioni e di disequazioni
	2.8	Progressioni aritmetiche
	2.9	Progressioni geometriche
3. Geometria analitica	3.1	Il piano cartesiano: distanza di due punti, punto medio di un segmento, baricentro di un triangolo
	3.2	La retta e i fasci di rette
	3.3	Le coniche: parabola, circonferenza, ellisse e iperbole. Fasci di parabole e di circonferenze
	3.4	Luoghi geometrici. Equazioni parametriche di una curva
	3.5	Le trasformazioni geometriche nel piano cartesiano: simmetrie, traslazioni, rotazioni
4. Goniometria	4.1	Funzioni goniometriche: seno, coseno, tangente, cotangente
	4.2	Formule goniometriche: formule di addizione, sottrazione, duplicazione e bisezione
	4.3	Equazioni e disequazioni goniometriche
	4.4	Trigonometria: risoluzione dei triangoli
5. Funzioni reali di variabile reale	5.1	Concetto di funzione reale di variabile reale
	5.2	Dominio e codominio di una funzione
	5.3	Grafico di una funzione
	5.4	Funzioni algebriche: razionali, irrazionali, intere e fratte
	5.5	Funzione esponenziale. Equazioni e disequazioni esponenziali
	5.6	Funzione logaritmica. Equazioni e disequazioni logaritmiche
	5.7	Funzioni trascendenti: funzioni esponenziali e logaritmiche
	5.8	Risoluzione grafica di equazioni e disequazioni
	5.9	Trasformazioni elementari del grafico di funzioni
	5.10	Estremi di una funzione
6. Logica	6.1	Usare propriamente locuzioni della lingua italiana con valenza logica
7. Statistica	7.1	Concetto di media aritmetica, moda, mediana

TABELLA 2

Il syllabus disciplinare ECDL4PS di Matematica (conoscenze matematiche richieste)

Sezione	Rif.	Argomento
1. Grandezze fisiche	1.1	Teoria della misura
	1.2	Teoria degli errori e loro propagazione
	1.3	Proporzionalità diretta, inversa, quadratica
2. Meccanica	2.1	Cinematica monodimensionale: moto rettilineo uniforme, moto rettilineo uniformemente accelerato
	2.2	Caduta dei gravi: libera e su piano inclinato
	2.3	Moti bidimensionali: proiettili e moto circolare uniforme
	2.4	Misura statica di una forza
	2.5	Equilibrio di due o più forze applicate ad un punto
	2.6	Macchine semplici: leve
	2.7	Equilibrio di forze applicate ad un corpo rigido
	2.8	Principi della dinamica
	2.9	Misura dinamica delle forze
	2.10	Il moto dei pianeti. Leggi di Keplero e legge di gravitazione universale
	2.11	Quantità di moto
	2.12	Lavoro e potenza
	2.13	Energia potenziale, energia cinetica
	2.14	Principi di conservazione
	2.15	Statica dei fluidi: principio di Pascal, principio di Archimede
3. Onde	3.1	Moti armonici: pendolo e sistema massa-molla
	3.2	Onde meccaniche
	3.3	La riflessione
	3.4	La rifrazione
	3.5	L'interferenza
	3.6	Il suono
	3.7	Effetto Doppler
	3.8	Ottica: lenti e specchi sferici
4. Termodinamica	4.1	Temperatura: scale termometriche
	4.2	Le leggi dei gas
	4.3	La legge dei gas perfetti
	4.4	Il trasporto del calore: conduzione, irraggiamento
	4.5	Trasformazioni termodinamiche
	4.6	Cicli termodinamici
	4.7	Principi della termodinamica

TABELLA 3
*Il syllabus
disciplinare
ECDL4PS di Fisica
(conoscenze fisiche
richieste)*

5.2. I test di esame ECDL4PS

La Fase Pilota del progetto *ECDL4PS* ha dedicato particolare attenzione alla definizione del momento certificativo vero e proprio, ovvero alla tipologia di test da sottoporre ai candidati e alle linee guida da seguire da parte di chi – tipicamente docenti delle scuole interessate – dovrà sviluppare tali test.

Il risultato di questa fase del progetto ha portato alle seguenti assunzioni relativamente al momento della certificazione:

1. le domande che costituiranno il test di certificazione saranno inserite in un sistema informatizzato in grado di valutare automaticamente le risposte fornite dai candidati;

2. il test sarà composto da alcune domande (4 o 5) da svolgere nell'arco di 60 min; le domande avranno tutte lo stesso peso ai fini della valutazione finale e il candidato sarà libero di utilizzare il foglio elettronico su applicativi reali (Microsoft Excel™, OpenOffice Calc™ ecc.) per portare a termine ogni esercizio;

3. il test dovrà verificare le capacità dei candidati di applicare le proprie conoscenze per la risoluzione di problemi reali, riguardanti le materie di matematica e fisica, attraverso l'utilizzo del foglio elettronico; è indispensabile, dunque, che le domande non siano risolvibili in tempi brevi senza l'ausilio del foglio elettronico.

Sezione	Rif.	Argomento
1. Calcoli iterativi	1.1	Organizzazione spaziale di calcoli iterativi su foglio elettronico.
	1.2	Gestione di numeri variabili di iterazioni.
	1.3	Gestione di due livelli di iterazione nidificati.
2. Basi di dati	2.1	Utilizzo del foglio elettronico per memorizzare archivi di dati.
	2.2	Modalità di collegamento fra tabelle diverse.
	2.3	Uso delle funzioni di supporto alla gestione di basi di dati.
3. Riferimenti variabili	3.1	Tecniche di indirizzamento a celle di posizione variabile.
	3.2	Funzioni di supporto all'indirizzamento variabile.
4. Informazioni temporali	4.1	Modalità di gestione delle informazioni temporali nel foglio elettronico e relative conseguenze.
	4.2	Significato delle operazioni su informazioni temporali.
5. Analisi di simulazione	5.1	Uso dell'analisi di simulazione per il calcolo di funzioni inverse.
6. Gestione delle eccezioni	6.1	Impostazione della gestione di eccezioni (dati mancanti, inattesi, errati ecc.).
	6.2	Uso delle funzioni =VAL() per intercettare e gestire eccezioni.

TABELLA 4

Il syllabus di problem solving ECDL4PS (tecniche di progettazione di soluzioni su foglio elettronico)

Da queste assunzioni, deriva la necessità di linee guida particolarmente stringenti per la realizzazione delle domande di certificazione. In primo luogo, per consentire al candidato libertà di impostazione della propria soluzione ma al tempo stesso permettere una correzione automatica, ogni domanda deve prevedere un foglio elettronico composto da alcuni fogli di lavoro, che devono comprendere almeno:

□ un **Foglio Risoluzione** (a impostazione il più possibile libera) dove il candidato trova uno spazio a disposizione per la risoluzione del problema. Inoltre in questa sezione, è possibile inserire preventivamente alcune costanti e/o formule che il candidato dovrà utilizzare, qualora si ritenga necessario questo tipo di aiuto ai fini della risoluzione del problema;

□ un **Foglio Dati e Risultati** (a struttura rigida) dove il candidato ha uno spazio a disposizione per inserire i dati di ingresso e per derivare i corrispondenti risultati.

Per consentire la correzione automatica della soluzione proposta dal candidato – senza peraltro dover affrontare le complessità realizzative implicite in un'alimentazione automatica della soluzione stessa con diversi insiemi di dati di ingresso – si prevede di fornire al candi-

dato alcuni di tali insiemi di dati di ingresso (scelti in modo casuale da un “serbatoio” predefinito) e di richiedere al candidato stesso di fornire i risultati relativi a ciascun insieme.

In secondo luogo, la struttura stessa di ogni domanda deve seguire precise regole di realizzazione, onde portare a domande di difficoltà equivalente, sia in termini di comprensione sia in termini di risoluzione. A questo scopo, sono state definite le linee guida per la realizzazione di una domanda di esame riportate nella tabella 5.

La Fase Pilota del progetto ha anche prodotto un certo numero di domande campione, disponibili ai docenti interessati a svilupparne altre. Nei riquadri 1 e 2 a p. 38-41 sono riportati due esempi di tali domande, rispettivamente per la matematica e per la fisica, e si presentano alcune possibili soluzioni, che fanno un uso anche molto diverso delle potenzialità offerte dal foglio elettronico.

Nella Fase Pilota, è prevista la somministrazione di alcune di queste domande a un campione costituito da un centinaio di studenti di licei scientifici disponibili a partecipare alla sperimentazione per la messa a punto definitiva del processo di certificazione ECDL4PS.

6. LA FORMAZIONE ALLA CERTIFICAZIONE ECDL4PS

Come già sottolineato, la certificazione *ECDL4PS* prevede tre tipi diversi di competenze, corrispondenti ad altrettanti *syllabi*:

- una competenza approfondita di uso dello strumento foglio elettronico;
- una adeguata competenza disciplinare di matematica e/o fisica;
- la capacità di affrontare la soluzione di problemi di natura matematica e fisica con il foglio elettronico.

Se i primi due tipi di competenza possono essere acquisiti facendo riferimento a numerose fonti di informazioni didattiche – sia di tipo bibliografico, sia legato alle attività in aula – poco o nulla esiste relativamente alle metodologie per un proficuo utilizzo in ottica *problem solving* del foglio elettronico.

A tale scopo, un primo contributo sarà la pubblicazione da parte di AICA del testo didattico [7] specifico per la preparazione dei candidati alla certificazione *ECDL4PS*, impostato sulla base del *syllabus* di *problem solving* riportato nella tabella 5. In tale testo, saranno discussi i metodi più validi per impostare in modo efficiente e funzionale la soluzione di un problema mediante l'utilizzo del foglio elettronico. Nel riquadro 3 a p. 44 è riportato un esempio di discussione delle metodologie progettuali cui farà riferimento il testo suddetto.

Tuttavia, la necessità – imposta dai requisiti di imparzialità e di qualità costante nel tempo, tipici di una certificazione informatica – di effettuare una correzione automatica della soluzione mediante foglio elettronico a un problema, comporta inevitabilmente una notevole riduzione della libertà di impostazione

Testo della domanda	
Struttura	Le domande della certificazione devono tutte avere la medesima struttura, articolata in 3 sezioni. <ul style="list-style-type: none"> • Contesto: in questa sezione deve essere esposto il tema principale del problema ed il contesto in cui saranno calate le richieste. È importante progettare le domande in modo che siano contestualizzate in situazioni “reali”, in modo da rendere più <i>appealing</i> l'esame per il candidato. • Richieste: in questa sezione devono essere inseriti i singoli quesiti e la guida alla loro risoluzione. • Esempio di funzionamento: in questa sezione occorre indicare un insieme di dati di ingresso e i risultati che ci aspetta vengano generati dalla soluzione proposta dal candidato.
Lunghezza	Il testo di ogni domanda deve avere una lunghezza media di circa 6-8 righe.
Forma	Le domande devono essere poste con tempi verbali all'infinito e tono impersonale, in linea con quello utilizzato nei problemi che si trovano a risolvere gli studenti durante i compiti in classe o le esercitazioni a casa.
Dati/parametri	Tutti i dati (Variabili, Costanti, Funzioni, ...) necessari per risolvere ogni domanda devono essere ben specificati, utilizzando le notazioni corrette, e inseriti all'interno del contesto o delle richieste, in modo che lo studente li riconosca facilmente e possa utilizzarli per risolvere i quesiti richiesti.
Difficoltà	Le domande devono avere una complessità media simile. Ogni domanda deve essere pensata per essere risolvibile in 15 min da uno studente preparato, considerando i tempi di lettura, comprensione, risoluzione e inserimento dei risultati.
Risposte	
Domande a risposta aperta	Per le domande a risposta aperta, in cui occorre rispondere ai quesiti proposti inserendo a sistema i risultati dei calcoli effettuati utilizzando il foglio elettronico, il numero di risposte deve essere compreso tra un minimo di 1 e un massimo di 6 .
Domande a risposta chiusa	Per le domande a risposta chiusa, in cui occorre rispondere ai quesiti selezionando la risposta corretta tra quelle proposte, sempre dopo aver utilizzato il foglio elettronico per effettuare i calcoli, il numero di risposte deve essere compreso tra un minimo di 3 e un massimo di 6 .

TABELLA 5

Le linee guida per la realizzazione delle domande da inserire nel test di certificazione *ECDL4PS*

della soluzione stessa da parte del candidato. In particolare, si rende necessaria una progettazione a priori dell'utilizzo degli spazi del foglio elettronico stesso, per consentire appunto questa correzione automatica, che è invece uno degli aspetti qualificanti di una buona progettazione di applicazioni del foglio elettronico.

Per questo motivo, la pubblicazione [7] non sarà finalizzata unicamente alla discussione delle metodologie utili per affrontare la certificazione *ECDL4PS* vera e propria, ma dedicherà adeguato spazio anche alle tecniche più generali di uso approfondito ed efficace dello strumento foglio elettronico.

Proprio per ampliare le capacità degli studenti di affrontare e risolvere problemi anche complessi mediante il foglio elettronico, impostando una soluzione che non sia necessariamente finalizzata alla certificazione, è stato inoltre predisposto da AICA un ulteriore supporto alla formazione, espressamente pensato per i docenti interessati a partecipare all'iniziativa affrontando in aula con i propri studenti problemi curriculari che permettono di essere affrontati con un uso approfondito del foglio elettronico.

Tale supporto alla formazione è costituito da una raccolta di problemi di varia complessità, relativi a diverse discipline presenti – in varia misura – nei programmi delle scuole secondarie di 2° grado. Per ciascuno di questi problemi, vengono dapprima richiamati gli aspetti concettuali e teorici, relativi alla disciplina, quindi viene discusso il modo di affrontarne la soluzione con il foglio elettronico (sia Microsoft Excel™ sia OpenOffice Calc™) infine viene proposta una possibile soluzione, eventualmente integrata da indicazioni ulteriori migliori. Un esempio di tali problemi è illustrato nel riquadro 4 a p. 45.

L'accesso ai suddetti problemi (il cui elenco è riportato nella Tabella 6) avviene previa registrazione da parte dei docenti al sito: <http://aiconet.net/certificazioni/ecdl/ecdl4ps>. Si sottolinea a questo riguardo la possibilità per tutti i docenti interessati di partecipare – con un approccio Wiki – alla crescita del materiale formativo disponibile, sottoponendo all'indirizzo ecdl4ps@aiconet.it soluzioni complete come pure soltanto proposte di ulteriori problemi.

7. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il progetto per la definizione della certificazione *ECDL4PS* – mirato a valutare la capacità degli studenti del triennio dei licei scientifici di affrontare e risolvere problemi curriculari anche complessi con un utilizzo approfondito dello strumento foglio elettronico – ha raggiunto uno stadio ormai sufficientemente avanzato da suggerire ai docenti interessati di iniziare una sperimentazione di formazione in aula già dal presente anno scolastico, con la garanzia che al termine di tale formazione i propri studenti potranno accedere alla certificazione, e che entro l'inizio del prossimo anno scolastico sarà reso loro disponibile anche un testo di supporto alla preparazione all'esame di certificazione vero e proprio.

Materia	Problema
Biologia	Riproduzione cellulare.
	Evoluzione delle specie.
Chimica	Orbitali atomici.
Economia	Piani di ammortamento.
	I più grandi economisti della storia.
Fisica	Lancio di un grave.
	Ciclo di Carnot.
Matematica	Scomposizione in fattori.
	Identificazione dei numeri primi.
	Verifica di un teorema sui numeri primi.
	Zero di una funzione.
	Limiti di una funzione.
	Retta tangente in un punto a una funzione.
	Integrale di una funzione.
	Volume dei solidi.
Probabilità e statistica	Simulazione di fenomeni aleatori.
	Analisi delle carriere universitarie.
	Esami DOCG (correlazione fra voti e fasi lunari ecc.).

TABELLA 6

I problemi disponibili ai docenti sul sito: <http://aiconet.net/certificazioni/ecdl/ecdl4ps>

Il principale sviluppo futuro cui si intende dare avvio immediatamente dopo il rilascio della certificazione *ECDL4PS* è l'estensione della stessa ad altre tipologie di scuole superiori, con particolare riferimento agli istituti tecnici industriali e commerciali.

Ringraziamenti

Lo sviluppo della certificazione *ECDL4PS* non sarebbe stato possibile senza:

- l'entusiasmo e il continuo supporto di Franco Filippazzi e Giulio Occhini di AICA;
- il coordinamento di PierPaolo Maggi di AICA;
- la gestione del progetto e la conduzione della Fase Pilota da parte di Luca Cavalli, Luigi Terzi e Marianna Paparazzo di Webscience;

□ la partecipazione dei docenti Piercarla Gazzaniga Agradi (Istituto Zaccaria – Milano), Monica Merri (Liceo Scientifico Einstein – Milano), Christopher Kent Mineman (Liceo Scientifico Casiraghi – Cinisello Balsamo), Giovanni Pasi (Liceo Scientifico T.Taramelli – Pavia) che hanno attivamente collaborato alla definizione di tutto l'impianto di *ECDL4PS* e alla validazione delle domande della Fase Pilota;

□ la collaborazione dei docenti Ezio Losa (Istituto Zaccaria – Milano), Maria Donata Luraschi e Daniela Tagliani (Liceo Scientifico Leonardo da Vinci – Milano), Emilia Madonna e Ornella Rossi (Liceo Scientifico A. Volta – Milano) che hanno fornito preziosi suggerimenti per la messa a punto del progetto.

A tutte/i un grazie di cuore!

Riquadro 1 - Esempio di una domanda di esame *ECDL4PS* di Matematica

PROBLEMA DI MATEMATICA

COMPETENZE TECNICHE	COMPETENZE IT	TIPOLOGIA
Statistica, geometria analitica	<ul style="list-style-type: none"> • Funzioni matematiche (RADQ, PI.GRECO, ASS, ARROTONDA) • Funzioni logiche (CONTA.SE) • Funzioni di gestione database e elenchi (DB.CONTA) • Funzioni di ricerca e riferimento (CERCA.VERT) • Tabelle pivot 	Domanda a risposta aperta

TESTO DEL PROBLEMA

Contesto
 Si consideri un quadrato di lato 1 m ed un quadrante di cerchio inscritto nel quadrato come in figura.
 Come è noto, è possibile stimare l'area del quadrante calcolando la percentuale di punti scelti casualmente e appartenenti alla figura rispetto a quelli appartenenti al quadrato che ha area 1 m².
 10 studenti hanno scelto, a caso, le coordinate di 50 punti ciascuno che sono riportate nella tabella "Punti scelti dagli studenti" nel foglio elettronico allegato.



Richieste

- Il foglio elettronico da progettare riceve come dato di ingresso il nome di uno dei 10 studenti.
- Il foglio elettronico deve calcolare la distanza dall'origine dei soli punti scelti dallo studente inserito e quindi determinare il rapporto *R* tra il numero dei punti appartenenti al quadrante di cerchio e il numero di tutti i punti considerati.
- Il foglio elettronico deve inoltre determinare l'errore ϵ commesso selezionando i punti dello studente nel calcolo dell'area del settore circolare, dove ϵ è il valore assoluto della differenza fra il rapporto *R* appena calcolato e l'effettiva area del quadrante di cerchio. L'errore deve essere arrotondato alla quarta cifra decimale.

Si ricorda, al termine del proprio lavoro, di salvare il file utilizzato per risolvere l'esercizio.

Esempio di funzionamento

Dati di ingresso Nome dello studente

Risultati	Rapporto <i>R</i>	0,82
	Errore ϵ	0,0346

Il problema di matematica proposto può essere affrontato in vari modi, che utilizzano in maniera più o meno sofisticata le potenzialità del foglio elettronico.

segue

Uso del filtraggio automatico

Dal momento che il problema richiede di utilizzare i punti scelti a caso da uno dei 10 studenti, un primo modo di risolvere il problema è quello di utilizzare il comando **Dati/Filtro** dopo aver selezionato l'area del foglio elettronico (database) contenente i **Punti scelti dagli studenti**. Il comando fa comparire accanto al nome di ciascuna colonna del database un pulsante che permette di selezionare i valori delle righe del database che si vogliono visualizzare. Si può quindi usare il pulsante associato alla colonna **Studente** per scegliere un particolare studente (per esempio, **Roberto**).

Una volta selezionati i punti di un particolare studente, è possibile calcolarne la distanza dal centro del cerchio con la formula:

$$D = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

quindi contare il numero di punti che hanno distanza minore o uguale a 1 (ovvero quelli interni al cerchio) e valutarne la percentuale (ovvero il rapporto) rispetto al numero totale di punti.

La soluzione su foglio elettronico ha l'aspetto riportato nella figura A, che fa uso delle seguenti formule:

cella **N4**: = **CONTA.SE**(G18:G427; "<= 1")

cella **N5**: = **CONTA.VALORI**(G18:G427)

cella **N6**: = **N4/N5**

A - La soluzione basata sul filtraggio automatico

Il principale problema di questa soluzione è dato dal fatto che le formule per il calcolo della distanza dei punti dal centro del cerchio sono state inserite *dopo* aver scelto i punti di un particolare studente, quindi se si vuole cambiare il nome dello studente è necessario cancellare le formule inserite, selezionare il nuovo studente e reinserire le formule in corrispondenza dei punti del nuovo studente.

Uso delle funzioni di database

Un modo decisamente migliore di risolvere il problema è quello di utilizzare le funzioni di database, in modo tale da effettuare automaticamente il conteggio dei punti interni e totali relativi a un particolare studente al variare del nome dello studente stesso.

Per ottenere questo risultato, si può associare a *tutti* i punti presenti nel database la distanza dal centro secondo la formula (1), quindi impostare nel foglio elettronico un'area (**J7:K8** nella Figura B) riservata ai criteri di selezione dal database che consenta di considerare soltanto i punti associati a un particolare studente e con distanza dal centro ≤ 1 (il nome dello studente da considerare non viene infatti inserito manualmente, ma fa riferimento all'opportuna cella del foglio **Dati_e_Risultati**).

In questo modo, il conteggio dei punti interni può essere fatto utilizzando la formula:

cella **J13**: = **DB.CONTA.NUMERI**(B7:G507;3;J7:K8)

che conta i soli valori numerici contenuti nella sesta colonna del database (ovvero la colonna delle distanze dal centro del cerchio) corrispondenti allo studente selezionato e con distanza dal centro ≤ 1 .

Se nel foglio **Dati_e_Risultati** si modifica il nome dello studente, il ricalcolo è immediato.

Uso delle tabelle pivot

Lo stesso automatismo consentito dall'uso delle funzioni di database può essere ottenuto anche grazie alle tabelle pivot.

segue



B - La soluzione basata sulle funzioni di database

Si può infatti associare ad ogni punto scelto dagli studenti non solo la distanza dal centro del cerchio, ma anche un'indicazione che dice se il punto è interno al cerchio oppure no (tipicamente utilizzando la funzione **=SE()** che inserisce un'indicazione di tipo **S/N** a seconda che il punto sia o meno interno al cerchio).
 È ora possibile costruire una tabella pivot come quella indicata nella figura C, che ai nomi di ogni studente (usati come **Etichette di riga**) e a ogni tipo di punto (interno o no, usato come **Etichette di colonna**) associa il conteggio delle distanze presenti nel database.
 Per ricavare automaticamente il numero di punti interni e il numero di punti totali associati a un particolare studente (il cui nome viene inserito nel foglio **Dati_e_Risultati**) si possono utilizzare le seguenti formule:

cella **J24**: = CERCA.VERT(Dati_e_Risultati!C7;I11:L20;3)
 cella **J25**: = CERCA.VERT(Dati_e_Risultati!C7;I11:L20;4)

C - La soluzione basata sulle tabelle pivot

Riquadro 2 - Esempio di una domanda di esame ECDL4PS di Fisica

PROBLEMA DI FISICA

COMPETENZE TECNICHE	COMPETENZE IT	TIPOLOGIA
Moto rettilineo	<ul style="list-style-type: none"> Trascinamento; Funzioni matematiche (RADQ) Ricerca obiettivo Funzioni di ricerca e riferimento (CERCA.VERT, CONFRONTA, INDIRETTO) 	Domanda a risposta aperta

TESTO DEL PROBLEMA

Contesto
 Uno speleologo sta esplorando una grotta carsica, e si trova di fronte a un pozzo naturale di cui non riesce a vedere il fondo. Prima di decidere se avventurarsi nella discesa, cerca di scoprire se la corda che ha con sé sarà sufficiente a raggiungere in sicurezza il fondo del pozzo.
 Per far questo, lascia cadere un sasso nel pozzo, e misura con il suo preciso cronometro da polso il tempo trascorso tra l'inizio della caduta e l'istante in cui si sente il tonfo del sasso sul fondo del pozzo¹.

Richieste

- Il foglio elettronico da progettare riceve come dato di ingresso il tempo T [s] misurato dallo speleologo fra l'inizio della caduta del sasso e l'istante in cui si sente il tonfo sul fondo del pozzo.
- Il foglio elettronico deve restituire la profondità P [m] del pozzo, con un errore inferiore a 1 dm.

Esempio di funzionamento

Dati di ingresso Tempo T [s] da inizio caduta sasso a percezione tonfo

Risultati Profondità stimata P [m] del pozzo

1 Si ricorda che:

- la formula che descrive lo spazio percorso s in un moto uniformemente accelerato in funzione del tempo t è:
 - $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$
 - dove v_0 e s_0 sono la velocità iniziale e lo spazio iniziale del corpo e a corrisponde all'accelerazione di gravità $g = 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$;
- la formula che descrive lo spazio percorso s in un moto rettilineo uniforme in funzione del tempo t è:
 - $s(t) = vt + s_0$
 - dove s_0 è lo spazio iniziale del corpo;
- la velocità del suono in aria è $v_s = 340 \text{ [m/s]}$.

Il problema di fisica proposto si presta a diverse possibili soluzioni, che si basano in misura molto diversa sulle abilità matematiche del candidato da un lato, e sulle sue capacità di sfruttare le potenzialità del foglio elettronico dall'altro.

Approccio matematico

Per uno studente preparato in fisica e matematica, il modo probabilmente più naturale di affrontare la soluzione del problema proposto si basa sulle seguenti considerazioni di natura matematica:

□ la profondità P del pozzo – ovvero lo spazio percorso dal sasso cadendo – è data da:

$$P = \frac{1}{2}g T_c^2 \quad (1)$$

dove T_c è il tempo che impiega il sasso a cadere in fondo del pozzo;

□ il tonfo del sasso sul fondo del pozzo deve percorrere di moto rettilineo uniforme lo stesso spazio P , per cui vale la relazione;

$$P = v_s T_s = \frac{1}{2}g T_c^2 \quad (2)$$

dove T_s è il tempo che impiega il suono del tonfo del sasso a raggiungere lo speleologo;

□ valgono naturalmente le relazioni:

$$T = T_c + T_s \quad (3)$$

$$0 < T_c < T \quad (4)$$

$$0 < T_s < T \quad (5)$$

segue

Dalle suddette considerazioni, sostituendo nella (2) $T_s = T - T_c$, si ottiene l'equazione di 2° grado nell'incognita T_c :

$$P = \frac{1}{2} g T_c^2 + v_s T_c - v_s T = 0 \quad (6)$$

che risolta tenendo conto dei vincoli dati dalle relazioni (4) e (5) porta alla soluzione del problema.

A livello di foglio elettronico, tale soluzione assume l'aspetto riportato nella figura A, dove il calcolo della profondità del pozzo fa uso delle seguenti formule (i dati di ingresso sono contenuti nel foglio **Dati_e_Risultati**):

cella **G13**: =SE(E(D13>0;D13>Dati_e_Risultati!C\$7);
Dati_e_Risultati!G\$8*D13;
"Soluzione priva di senso fisico")

cella **G14**: =SE(E(D14>0;D14>Dati_e_Risultati!C\$7);
Dati_e_Risultati!G\$8*D14;
"Soluzione priva di senso fisico")

CERTIFICAZIONE ECDL APS - FISICA			
Utilizza le celle in bianco per effettuare i calcoli necessari alla risoluzione dell'esercizio			
equazione $aT_c^2 + bT_c + c = 0$			
$a = \frac{1}{2} g$	4,9		
$b = v_s$	340		
$c = -v_s T$	-1190		
T_c [s]	-72,727051		
T_c [s]	3,3392959		
T_s [s]	76,227051	$P' = v_s \cdot T_s$ [m]	Soluzione priva di senso fisico
T_s [s]	0,1607041	$P' = v_s \cdot T_s$ [m]	54,63939567

A - La soluzione secondo l'approccio matematico

Approccio con calcolo iterativo

Come è facile vedere, l'approccio matematico appena descritto fa un uso veramente molto modesto delle potenzialità del foglio elettronico, in quanto si basa essenzialmente sulla manipolazione delle relazioni matematiche che descrivono il moto rettilineo uniforme e il moto uniformemente accelerato.

Si possono utilizzare in modo molto più esteso le potenzialità del foglio elettronico se si fanno le seguenti considerazioni:

- dal momento che il problema richiede la valutazione della profondità P con un' approssimazione di 1 dm, la so-

luzione al problema sarà naturalmente costituita da un valore di tale profondità **multiplo intero** di un "passo" $\Delta P = 0,1$ m;

- si può dunque realizzare nel foglio elettronico un calcolo iterativo che valuti, per un numero ragionevole di multipli del passo, T_c e T_s , nonché il tempo totale T dal lancio del sasso al ritorno del rumore del tonfo;

- per ogni valore di tale tempo totale, si può poi calcolare l'**Errore** (cioè il valore assoluto della differenza fra tale tempo e il tempo T effettivamente misurato dallo speleologo);

- a questo punto, la valutazione della profondità del pozzo si riduce all'identificazione di quale multiplo del passo presenta il minimo **Errore** nella valutazione del tempo totale.

Per fare questo, possiamo impostare un foglio elettronico come quello mostrato nella figura B, dove per tutti i multipli del passo compresi fra 0,1 m e 100 m (quindi per 1000 iterazioni) sono stati calcolati i valori sopra riportati.

L'identificazione della migliore approssimazione della profondità è stata ottenuta calcolando nella cella **J6** il minimo valore dell'errore, e utilizzando la formula:

$$= \text{INDIRETTO}("C"&\text{CONFRONTA}(J6;G7:G1006;0))+6$$

nella cella **J7** per trovare la posizione del minimo nella colonna **G** e usare tale posizione per accedere al corrispondente multiplo del passo nella colonna **C**.

Naturalmente, dal momento che le iterazioni del calcolo cominciano alla riga 7 invece che alla riga 1, è necessario incrementare di 6 il valore restituito dalla funzione =CONFRONTA() per raggiungere la cella del multiplo corretto con la funzione =INDIRETTO().

Approccio con ricerca obiettivo

Un modo ulteriore per risolvere il problema proposto consiste nel considerare che:

- le formule che descrivono il moto rettilineo uniforme e il moto uniformemente accelerato consentono di calcolare molto facilmen-

segue

	P [m]	T _c [s]	T _s [s]	T [s]	Errore [s]	Minimo Errore [s]	P stimata [m]
7	0,1	0,142857143	0,000294118	0,143151261	3,356848739	0,001319923	
8	0,2	0,202030509	0,000588235	0,202618744	3,297381256		54,6
9	0,3	0,24743583	0,000882353	0,248318183	3,251681817		
10	0,4	0,285714286	0,001176471	0,286890756	3,213109244		
11	0,5	0,319438282	0,001470588	0,320908871	3,179091129		
12	0,6	0,349927106	0,001764706	0,351691812	3,148308188		
13	0,7	0,377964473	0,002058824	0,380023297	3,119976703		
14	0,8	0,404061018	0,002352941	0,406413959	3,093586041		
15	0,9	0,428571429	0,002647059	0,431218487	3,068781513		
16	1	0,451753951	0,002941176	0,454695128	3,045304872		
17	1,1	0,473803541	0,003235294	0,477038836	3,022961164		
18	1,2	0,494871659	0,003529412	0,498401071	3,001598929		

B - La soluzione che utilizza un calcolo iterativo

te (in modo **diretto**) il tempo totale **T** in funzione della profondità del pozzo **P** come:

$$T = \sqrt{\frac{2P}{g} + \frac{P}{v_s}} \quad (7)$$

□ dal momento che il problema da affrontare richiede il calcolo **inverso** dello spazio percorso in funzione del tempo di percorrenza, si può ricorrere alle potenzialità di ricerca obiettivo del foglio elettronico per valutare quale valore della variabile indipendente **P** consente di ottenere un certo valore della variabile dipendente **T**.

È dunque possibile impostare un foglio elettronico come quello mostrato nella figura C. La relazione diretta (7) viene calcolata sulla base di una profondità **P** del pozzo scelta a caso (nell'e-

sempio 20 m) e successivamente – mediante il comando **Dati/Analisi di simulazione/Ricerca obiettivo...** – si chiede al foglio elettronico di variare la profondità **P** (cella **D6**) in modo da ottenere un tempo totale di ritorno del rumore del tonfo pari a **T**. L'unico problema di questa soluzione è l'impossibilità di automatizzare l'esecuzione della Ricerca obiettivo al variare dei dati di ingresso (ovvero del tempo T di ritorno del rumore del tonfo) perché il valore da ricercare (secondo parametro del comando **Dati/Analisi di simulazione/Ricerca obiettivo...**) non può essere inserito facendo riferimento al contenuto di una cella ma deve essere specificato come costante numerica.

P [m] 20

T_c [s] 2,020305089

T_s [s] 0,058823529

T [s] 2,079128619

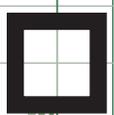
Ricerca obiettivo

imposta la cella: D6

il valore: 2,079128619

Cambiando la cella: D6

C - La soluzione che utilizza la Ricerca obiettivo



Riquadro 3 - Algoritmi iterativi con il foglio elettronico

Il foglio elettronico – come noto – è uno strumento particolarmente adatto a eseguire calcoli numerici (anche se esistono numerose funzioni per il trattamento di testo, per la gestione di tabelle di dati non numerici ecc.). Per questo motivo, ci si trova molto spesso ad affrontare problemi che presentano per loro natura una **soluzione iterativa**, ovvero una soluzione che prevede di ripetere **nel tempo** le stesse operazioni su dati che – da una ripetizione (iterazione) alla successiva – si modificano in base a un certo criterio. Un esempio – banale ma utile per la sua semplicità – potrebbe essere il tracciamento per punti nel piano cartesiano della funzione $y = f(x)$ data dalla seguente espressione:

$$y = \frac{1}{x+1} \quad (1)$$

al variare della variabile indipendente x da 0 a 10 per incrementi di 0,5: in questo caso, la soluzione iterativa (o **algoritmo iterativo** come dicono gli informatici, ovvero sequenza di passi da ripetere un certo numero di volte) è la seguente:

1. assegnare a x il valore iniziale 0;
2. calcolare il corrispondente valore di y ;
3. incrementare x di 0,5;
4. verificare se si è superato il valore finale 10;
 - 4.1. in caso negativo, passare all'iterazione successiva ricominciando dal punto 2
 - 4.2. in caso affermativo, ritenere risolto il problema

Il modo più naturale per far svolgere a un calcolatore tale algoritmo è certamente quello di ricorrere a un opportuno linguaggio di programmazione (come **C** o **Pascal**) nel quale codificare l'algoritmo stesso per poi farlo eseguire al calcolatore.

Meno naturale risulta senz'altro la realizzazione di tale algoritmo su un foglio elettronico, a meno che non si voglia ricorrere alle macroistruzioni e alla programmazione in **VBA** (*Visual Basic for Applications*) per "annegare" un algoritmo all'interno del foglio elettronico.

Il foglio elettronico ha infatti un'impostazione intrinsecamente diversa: le formule di un foglio elettronico sono legami che collegano **nello spazio** il contenuto delle diverse celle del foglio stesso, e vengono concettualmente eseguite tutte insieme, nel rispetto naturalmente dei vincoli di precedenza (se cioè una formula usa come dato il risultato di un'altra formula, la prima viene eseguita **dopo** la seconda). Dal momento che lo scopo di questo testo è quello di insegnare a usare lo strumento "foglio elettronico" nella sua struttura normale, si pone dunque il problema di "tradurre" per il foglio elettronico un algoritmo iterativo. Si tratta in altre parole di riportare **nello spazio** (ovvero in celle diverse) ciò che l'algoritmo iterativo fa **nel tempo** ad ogni iterazione: in pratica, serve dedicare un certo insieme di righe o di colonne (in quantità uguale al numero di iterazioni previste dall'algoritmo) alla parte iterativa del calcolo, ripetendo in ogni riga/colonna le stesse formule (ovvero gli stessi passi computazionali previsti dall'algoritmo) e facendo variare in modo opportuno i dati sui quali operano le formule di ciascuna riga/colonna.

Nell'esempio fatto sopra, possiamo prevedere 21 righe (per le iterazioni con x che varia da 0 a 10 per incrementi di 0,5) e due colonne: una per il valore di x relativo a ciascuna iterazione, una per il calcolo dell'espressione y . Ecco riportata nella figura A la versione **spaziale** dell'algoritmo iterativo usato come esempio.

	A	B	C	D	E
1	x	y			
2	0	1,0000			
3	0,5	0,6667			
4	1	0,5000			
5	1,5	0,4000			
6	2	0,3333			
7	2,5	0,2857			
8	3	0,2500			
9	3,5	0,2222			
10	4	0,2000			
11	4,5	0,1818			
12	5	0,1667			
13	5,5	0,1538			
14	6	0,1429			
15	6,5	0,1333			
16	7	0,1250			
17	7,5	0,1176			
18	8	0,1111			
19	8,5	0,1053			
20	9	0,1000			
21	9,5	0,0952			
22	10	0,0909			
23					

A - Versione spaziale di un algoritmo iterativo in un foglio elettronico

Riquadro 4 - Limiti di una funzione

Definizione del problema

Consideriamo nel piano cartesiano una funzione $y = f(x)$.

Vogliamo utilizzare il foglio elettronico come strumento di verifica numerica della teoria dei limiti. In particolare, vogliamo poter calcolare le seguenti espressioni:

$$\lim_{x \rightarrow x_0^-} f(x) \quad (1)$$

$$\lim_{x \rightarrow x_0^+} f(x) \quad (2)$$

Impostazione della soluzione con il foglio elettronico

Dobbiamo affrontare con il foglio elettronico il calcolo dei limiti (1) e (2), cioè dei valori cui tende la funzione quando la variabile x tende a un valore finito x_0 avvicinandosi per valori minori (quindi tende a x_0^- ovvero “da sinistra”) oppure per valori maggiori (quindi tende a x_0^+ ovvero “da destra”).

Le informazioni da inserire per impostare il problema sono 3:

1. il valore x_0 in cui calcolare il limite;
2. l'espressione della funzione $f(x)$;
3. la direzione di “tendenza” (cioè di avvicinamento) a x_0 : “-” se “da sinistra” oppure “+” se “da destra”.

Si possono dedicare a questi tre dati altrettante celle del foglio elettronico, come mostrato nella figura A. A questo scopo, come già fatto per il calcolo dell'integrale di una funzione, si è deciso di usare come riferimento a x la cella **A3** immediatamente a sinistra di quella (**B3**) destinata all'inserimento della funzione (il motivo di questa scelta sarà chiaro tra poco...). Naturalmente, poiché la cella **A3** contiene

	A	B	C
1	DATI DI INGRESSO		
2	x_0	0	
3	$f(x)$	#VALORE!	
4	tendenza a x_0 (+/-)	+	

A - Foglio elettronico con le caselle per l'inserimento dei dati di ingresso

	A	B	C	D
1	DATI DI INGRESSO			
2	x_0	0		
3	$f(x)$	#VALORE!		
4	tendenza a x_0 (+/-)	+		
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11	Zona per il calcolo			
12	dx	$x_0 + dx$	$f(x_0 + dx)$	
13	1	1	0,841471	
14	0,5	0,5	0,958851	
15	0,25	0,25	0,989616	
16	0,125	0,125	0,997398	
17	0,0625	0,0625	0,999349	
18	0,03125	0,03125	0,999837	
19	0,015625	0,015625	0,999959	
20	0,0078125	0,0078125	0,99999	
21	0,00390625	0,00390625	0,999997	
22	0,001953125	0,001953125	0,999999	
23	0,000976563	0,000976563	1	
24	0,000488281	0,000488281	1	
25	0,000244141	0,000244141	1	

B - Organizzazione dell'area destinata al calcolo iterativo

testo, in **B3** appare un messaggio di errore in quanto la formula inserita si aspetta di operare su valori numerici.

Per il calcolo del limite, si tratta ora di applicare un algoritmo iterativo, che partendo da una certa costante positiva k (per esempio $k = 1$) definisca un incremento $dx = -k$ oppure $dx = k$ a seconda che si voglia calcolare il limite per $x \rightarrow x_0^-$ oppure per $x \rightarrow x_0^+$, valuti $f(x_0 + dx)$, quindi dimezzi il valore dx e ripeta l'operazione per un certo numero di volte.

Si può a tale scopo dedicare al calcolo iterativo alcune celle sottostanti i dati di ingresso, come indicato nella figura B, dove viene evidenziata la formula per il calcolo dell'incremento iniziale $dx = \pm k$.

Si noti che le celle della colonna **C** – contenenti la formula per il calcolo della funzione del punto di ascissa $x_0 + dx$ – possono essere facilmente riempite selezionando la cella **B3** in cui è stata inserita la formula corrispondente alla funzione e dando il comando **Copia/Incolla/Formule**: avendo utilizzato come detto prima la cella **A3** come variabile indipendente nella definizione dell'espressione della funzione in **B3**, l'operazione di copiatura sistema automaticamente i riferimenti contenuti nella formula copiata ai valori di ascissa da utilizzare in ciascuna cella.

Segue

Possibili evoluzioni della soluzione

A parte considerazioni estetiche (come formattazioni con corpi di stampa e colori delle celle importanti, inserimento di commenti per guidare l'utente ecc.) un'evoluzione significativa della soluzione proposta deriva dalla considerazione che – cambiando l'espressione della funzione $f(x)$ – diventa necessario intervenire su tutto il foglio, poiché la formula scritta nella cella di definizione della funzione (**B3**) va ricopiata nella zona del calcolo iterativo.

Non esiste però un modo per far sì che una formula modificata in una cella venga automaticamente ricopiata in diverse alte celle di un foglio: l'unica possibilità è quella di ricorrere a un meccanismo semiautomatico, basato sulle macroistruzioni.

Si tratta in pratica di attivare il registratore di macro (con il comando **Visualizza/Macro/Registra macro**) quindi portare il cursore sulla cella **B3**, dare il comando di **Copia** e successivamente di **Incolla/Formule** in tutte le celle destinazione della colonna **C**, quindi interrompere la registrazione della macro. A questo punto, dopo ogni modifica della formula che definisce la funzione, sarà sufficiente attivare la macro precedentemente registrata per aggiornare automaticamente tutta l'area di calcolo.

Bibliografia

- [1] Alfonsi C.R., Pedreschi D., Scarabottolo N., Simi M.: Progetto IT4PS: il computer per la soluzione di problemi. *Mondo Digitale*, anno V, n. 3, settembre 2006, p. 3-15.
- [2] Alfonsi C. R., Calzarossa M.C., Ciancarini P., Maresca P., Mich L., Sala F., Scarabottolo N.: Certificazione delle conoscenze informatiche nell'Università italiana. *Mondo Digitale*, anno V, n. 4, dicembre 2006, p. 47-59.
- [3] Anzai K., Simon H.A.: *The theory of learning by doing*. *Psychological Review*, Vol, 86, 1979, p. 124-140.
- [4] Bhaskar R., Simon H.A.: Problem solving in semantically rich domains: An example from engineering thermodynamics. *Cognitive Science*, Vol. 1, 1977, p. 193-215.
- [5] Frensch P.A., Funke J.: *Complex problem solving: The European Perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- [6] Mayer R.E.: *Thinking, problem solving, cognition*. Second edition. New York: W. H. Freeman and Company, 1992.
- [7] Scarabottolo N.: *Problem solving con il foglio elettronico – guida alla certificazione ECDL4PS*. (di prossima pubblicazione).
- [8] Sternberg R.J., Frensch P.A.: *Complex problem solving: Principles and mechanisms*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

NELLO SCARABOTTOLO, professore ordinario di Informatica presso il Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione dell'Università di Milano, collabora da tempo con la Fondazione CRUI e con AICA su progetti di definizione, diffusione e monitoraggio delle certificazioni ICT nelle università italiane.

Fa parte del Gruppo di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani.

È *Honorary Treasurer* del CEPIS (il Council of European Professional Informatics Societies) l'ente che riunisce le Associazioni europee di informatica, di cui AICA è la rappresentante per l'Italia.

e-mail: nello.scarabottolo@unimi.it