

L'EVOLUZIONE DELL'ICT

CONVERGENZA O DIVERGENZA?

La convergenza che si osserva tra telecomunicazioni, media e Information Technology è frutto di una percezione dell'offerta resa possibile dall'evoluzione tecnologica di questi ultimi dieci anni. Tuttavia, analizzando sia il fenomeno percepito che le sue origini, si arriva ad una conclusione diametralmente opposta: non convergenza, ma aumentata diversificazione. In questi termini, la convergenza è una chimera. Per comprendere meglio quanto stia accadendo, nell'articolo si farà riferimento all'evoluzione darwiniana.

1. INTRODUZIONE

Da molti anni, ormai, si sente parlare di “convergenza”, questo a dispetto del fatto che intorno a noi si osservi una proliferazione di nuove tecnologie, nuovi servizi, nuovi attori. Quindi, tutto sembra indicare, al contrario, che ci si trovi in una fase di divergenza¹. In questo articolo mi propongo di argomentare non solo che questa apparenza sia effettivamente una certezza, ma anche che si tratti di una tendenza resa evidente dall'accelerazione dell'evoluzione, esattamente come accade nell'evoluzione delle specie: invisibile se l'arco temporale è ristretto ma evidente quando si osservano periodi di milioni di anni facendo “girare il film dell'evoluzione” ad alta velocità in modo tale da poter percepire i fenomeni.

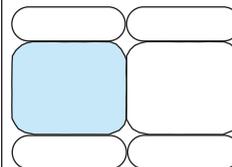
L'evoluzione tecnologica, la globalizzazione dei mercati e l'efficienza delle catene distributive sono i tre elementi che hanno portato a un'accelerazione delle “novità” e alla selezione di quelle più adatte all'ambiente cultu-

rale ed economico decretandone quindi la sopravvivenza (che deve sempre più essere vista, a causa della rapidità di evoluzione, in termini di impatto nell'indirizzare le successive evoluzioni).

Il paragone tra evoluzione darwiniana delle specie e evoluzione tecnologica, appare forse forzato ma in realtà non lo è: il collegamento non è diretto tra l'una e l'altra, bensì entrambe seguono le leggi e i fenomeni di tipo statistico e non deterministico che regolano insieme in cui ad una moltitudine di elementi si affianca un'interazione lasca che porta a eco-sistemi in equilibrio dinamico. Lo studio di questi sistemi si applica sia all'evoluzione darwiniana sia a quella dei sistemi tecnologici. Nella prima, le interazioni avvengono tra le diverse specie nella competizione per le risorse e nella creazione di un equilibrio ambientale, nella seconda avvengono nel dominio scientifico, economico, sociale, culturale e delle risorse. Fino a oggi, sostanzialmente, i primi tre domini sono stati quelli che hanno in qualche modo guida-



Roberto Saracco



¹ Potremmo anche chiamarla “differenziazione”, vedi: <http://sandhill.com/opinion/editorial.php?id=66&page=1>

to l'evoluzione. Nei prossimi anni noteremo un allargarsi alla sfera culturale (compreso lo scontro già in atto tra sistemi culturali diversi) e alla sfera delle risorse (in particolare quelle energetiche) il cui impatto deriva dal fatto di essere limitate e tendenzialmente scarse rispetto alla domanda. Il bilancio energetico dei sistemi, come vedremo, sta assumendo sempre più un ruolo di condizionamento sull'evoluzione complessiva e se negli scorsi anni, e ancora oggi, gran parte dell'attenzione è stata rivolta alla creazione di maggiori capacità energetiche (da intendersi anche in termini di maggiore produttività agricola per lo sviluppo di bio combustibili), nei prossimi decenni l'attenzione sarà rivolta a tecnologie, infrastrutture e servizi a minore consumo (come per esempio la trasformazione dal trasporto controllato individualmente al trasporto controllato dall'infrastruttura che può portare a risparmi energetici del 60% e oltre).

In questa interpretazione dell'evoluzione la convergenza quindi non è altro che una chimera, creata in parte dagli ingegneri che ritengono il progresso tecnologico in grado di abilitare qualunque funzionalità in qualunque oggetto o in qualunque infrastruttura e in parte da "marchettari" che vogliono spingere il loro portafoglio a contenere tutto quello che è possibile e immaginabile per aggredire nuovi mercati o dare maggiore valore all'offerta.

Dato che occorre poca immaginazione per inserire nel proprio "portafoglio offerte" quanto già esiste in quello di altri, per esempio introdurre in quello dell'offerta di telecomunicazioni, l'offerta di televisione, e visto che la tecnologia, nell'esempio citato la larga banda e i suoi connessi, lo consente, ecco che arriva il *mantra* della convergenza.

Questa, tuttavia, è una distorsione che sembra avere un valore puntuale, ma non lo è in termini prospettici, e non porta ad una creazione di valore a livello sistemico, né ad un'efficienza complessiva: semplicemente cerca di trascinare valore nel proprio campo sottraendolo a quello presente oggi in altri campi; così facendo diminuisce il valore complessivo del sistema produttivo.

Esiste, inoltre, un altro elemento, percettivo e distorto, che mi induce a sviluppare un parallelo tra evoluzione darwiniana e evolu-

zione tecnologica e di mercato. Con un clamoroso abbaglio, sono molti coloro che interpretano il darwinismo in modo umanocentrico, pensando che l'uomo costituisca l'apice dell'evoluzione. Nello stesso modo, chi opera in un certo settore, nel nostro caso quello delle telecomunicazioni, ritiene che il proprio settore sia quello più evoluto e che, quindi, gli altri debbano in qualche modo essere asserviti a questo.

Riteniamo, ad esempio, che le reti di telecomunicazioni siano oggi il risultato di un progresso enorme nella capacità trasmissiva e distributiva di informazioni multimediali (vero) e quindi che queste siano in prospettiva il canale migliore per un vasto dominio di distribuzione delle informazioni (falso, in quanto si può utilizzare la crescente capacità di memoria di vari substrati, come le memorie a polimeri, per distribuire le informazioni in modo più efficiente che non con la rete di telecomunicazioni). Similmente, ma in modo semplicistico, ricorre l'idea che ogni avanzamento della tecnologia porti a una convergenza su quella tecnologia di tutto. Da questa percezione totalitaristica deriva il mito della convergenza e questa diventa una chimera da inseguire.

In questo articolo analizzo tre false aree di convergenza: quella delle infrastrutture, quella dei servizi e quella del business (o degli attori), soffermandomi poi sul valore degli ecosistemi.

Per l'analisi della convergenza sulle tecnologie e sui terminali rimando ad un altro mio articolo [7].

2. CONVERGENZA DI INFRASTRUTTURE

Negli anni '80 la parola d'ordine era ISDN, *Integrated Services Digital Network*. Il termine "integrato" era usato allora con la stessa disinvoltura con cui oggi si utilizza "convergenza". Si pensava che una nuova tecnologia, il digitale, avrebbe consentito di integrare qualunque servizio costituendo il punto di arrivo delle telecomunicazioni. Le cose non sono andate come alcuni si aspettavano e anziché integrazione di reti e servizi (convergenza), si è assistito ad un enorme sviluppo di una varietà di infrastrutture, tutte basate tuttavia

su quel "digitale", che ha costituito non solo un'evoluzione rispetto all'analogico, ma anche un punto di non ritorno. Tutte le innovazioni successive affermatesi o meno, hanno comunque il "digitale" nei loro geni. Si potrebbe dire che abbiamo raggiunto la convergenza sul digitale, nello stesso modo in cui potremmo dire che il trasporto nel ventesimo secolo ha visto la convergenza sull'asfalto.

Affermare questo, non aiuterebbe a comprendere la rivoluzione del trasporto nello scorso secolo, dagli aeroplani all'esplorazione spaziale, dall'automobile per tutti alle navi container che hanno abbattuto i costi nel trasporto delle merci da un continente all'altro. Questo ha cambiato il modo di vivere e anche il modo in cui percepiamo il mondo. Sostenere che nello scorso secolo c'è stata la convergenza del trasporto sull'asfalto, è una rappresentazione molto diminutiva per descrivere quanto è accaduto realmente in quel settore.

Lo stesso vale, a mio parere, se si sostiene che la comunicazione ha visto la convergenza sul digitale.

Alle reti voce si sono aggiunte le reti voce per il radiomobile, il digitale ha consentito di veicolare su queste oltre alla voce, anche i dati, ma per un certo periodo di tempo si è preferito veicolare i dati con infrastrutture separate (perlomeno in alcuni segmenti della catena di trasporto), per le caratteristiche di qualità che la voce richiedeva: non molta banda ma banda garantita nel tempo. L'ulteriore progresso ha consentito, a partire da questo nuovo secolo, di veicolare potenzialmente qualunque comunicazione tramite pacchetti di bit, anziché affidarsi a un circuito diretto tra chiamante e chiamato. Si sono sviluppati standard (come l'IMS² e il SIP³) in grado di fornire un controllo utilizzabile per erogare qualunque servizio, ma in molti casi gli operatori preferiscono ancora oggi avvalersi di sistemi specifici a seconda del servizio che viene erogato. Alcuni sostengono i vantaggi della convergenza anche in questo settore, altri ritengono sia più efficace in termini di velocità di attivazione di nuovi

servizi, utilizzare dei sistemi *ad hoc*. Altri ancora ritengono che questo approccio unificante sia in realtà già superato da un mondo in cui progressivamente il controllo passa dal centro della rete ai bordi. Non entro nel merito, ma certamente queste diverse posizioni, e soprattutto l'ultima, fanno capire che l'evoluzione prossima porterà alla ribalta ulteriori modalità che si affiancheranno a quelle esistenti.

A livello di tecnologie di rete di accesso, si potrebbe dire che la convergenza sarà sulla fibra fino alla e dentro la casa (Figura 1), ma in termini di tempi, è inevitabile osservare che la transizione verso la fibra sarà graduale, durerà una decina di anni e forse più in Italia. Nel frattempo avremo soluzioni intermedie come il VDSL⁴, o radio per l'ultimo miglio e oggi giorno sarebbe ingenuo non pensare che nuove soluzioni emergeranno, da quelle ormai ben sperimentate come l'uso dei cavi elettrici per comunicare, all'uso di sistemi *mesh* in aree urbane in grado di fornire alte capacità. Inoltre se guardiamo il panorama mondiale, con aree scarsamente popolate e difficili da raggiungere (ne abbiamo anche in Italia), certamente la soluzione fibra fino alla casa non sembra praticabile mentre soluzioni radio (WiMax, Strattellites e Satelliti) sembrano più promettenti. Se poi aggiungiamo che il mercato per queste soluzioni è un mercato mondiale ad alti volumi (si pensi a Cina e a India) ecco che abbiamo tutte le premesse per un vivace sviluppo di queste infrastrutture e tecnologie che potrebbero diventare strumenti per un attore che voglia entrare a bassi costi su di un territorio: non convergenza di infrastrutture ma al contrario moltiplicazione di queste. Chiaramente affinché questo accada, occorre che a lato fruizione, la pluralità rimanga sostanzialmente invisibile. È necessario che il terminale utilizzato dal cliente per accedere a un servizio, sia trasparente alla rete. Questo sta iniziando a succedere, basta pensare ai telefonini che possono collegarsi in modo trasparente alle reti GSM e 3G. La tecnologia del *Software Defined Radio*, ormai pronta ad essere utilizzata,

² IP Multimedia Subsystem.

³ Session Initiation Protocol.

⁴ Very High Speed DSL.

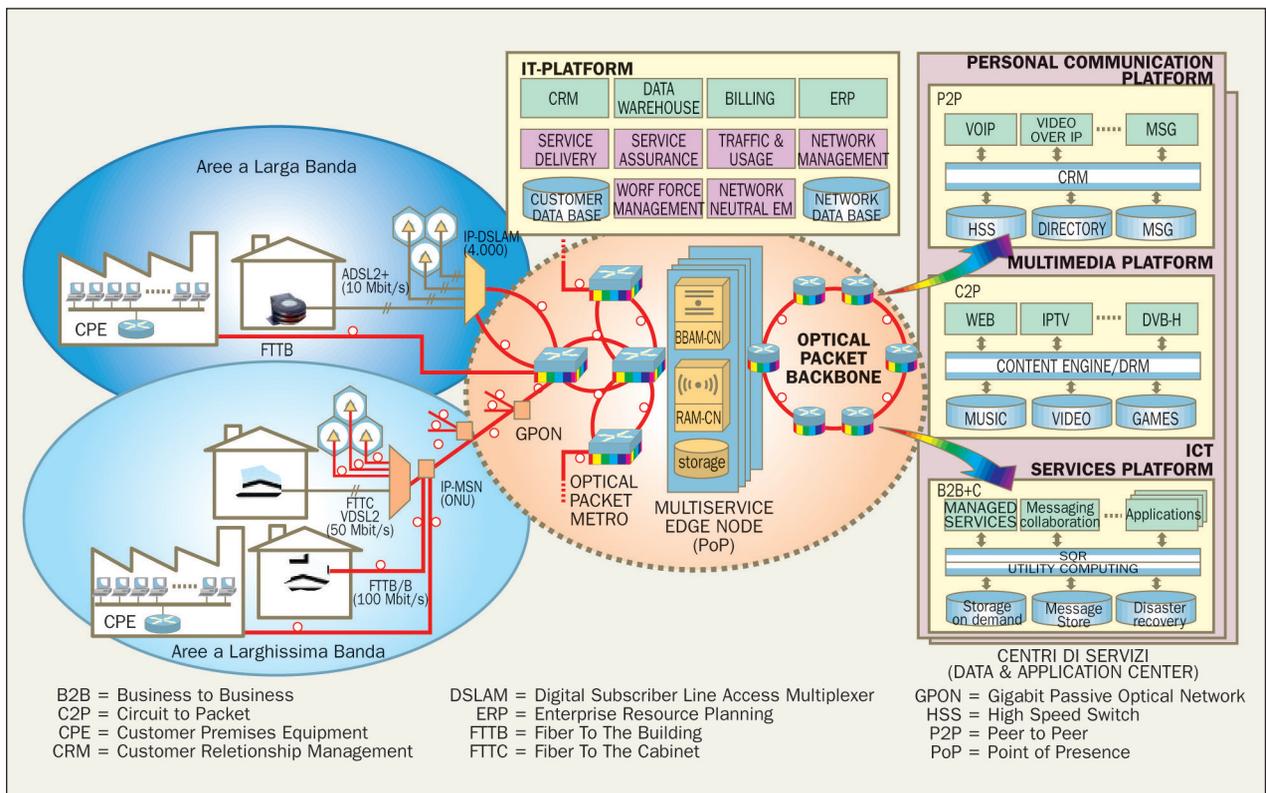


FIGURA 1
 Schema della NGN2
 di Telecom Italia

permette al terminale di interfacciarsi praticamente con qualunque infrastruttura, ricevendo da questa le istruzioni su come operare, il tutto all'insaputa dell'utilizzatore. Per quest'ultimo, infatti, il vero valore non sta nella convergenza di infrastrutture, bensì nella trasparenza d'accesso che gli permetta di fruire del servizio desiderato al minor costo possibile e con la qualità desiderata. Inoltre, proprio mentre si stanno concentrando gli sforzi di molti operatori per "convergere" su IP, si sta studiando come utilizzare protocolli diversi dall'IP per la comunicazione tra sensori, in quanto l'IP è poco efficiente in termini energetici e come tale non adatto a convogliare la comunicazione tra sensori, che vedono nel consumo energetico l'ostacolo maggiore alla diffusione. Secondo HP nel 2016 avremo circa 10 miliardi di terminali collegati tramite IP (cellulari e altro) ma avremo anche circa 1000 miliardi di oggetti che comunicano, in gran parte sensori e questi non parleranno via IP. Quindi una previsione di 10 miliardi di utilizzatori di IP e 990 che non lo utilizzano. Difficile sostenere che "stiamo convergendo sull'IP".

3. CONVERGENZA DI SERVIZI

Recentemente ho assistito a una presentazione in cui il relatore enfatizzava la capacità superiore del WiMax di fornire servizi video a basso costo (ciò non è necessariamente vero, ma non è questo il punto). Per sostenere questa tesi, ha presentato un dato a prima vista impressionante: su YouTube nel mese di settembre 2007 sono stati visti dagli americani l'equivalente di 5.000 anni di televisione (in clip). Ecco la vera convergenza: televisione su internet! Facciamo due conti. Ci sono circa 10 milioni di persone negli Stati Uniti che accedono a YouTube regolarmente. Quindi, 5.000 anni di televisione in un mese equivalgono a 8 min e mezzo di visione al giorno per ciascuno. Volendo paragonare questo alla normale televisione, dobbiamo però comparare non il numero di chi guarda YouTube, ma il complessivo della popolazione americana, in quanto questo è il mercato di riferimento. Ebbene in questo caso la matematica ci dice che i 5.000 anni in un mese equivalgono a meno di 20 s al giorno per "eyeballs" (occhi: la misura del mercato pubblicitario). Ora paragoniamo i 20 s alla media di oltre 4,5 h di televisione dell'ameri-



FIGURA 2

Esempio di mash up in cui svariati servizi e informazioni sono presentati in un'unica interfaccia

cano medio e ripensiamo all'affermazione sulla convergenza!

Se c'è un'area in cui la convergenza è estremamente improbabile, questa è quella dei servizi. L'evoluzione dei servizi è diventata, e continuerà ad essere, rapidissima, e questo innesca un meccanismo evolutivo che porta alla differenziazione. Se un operatore inventa un servizio di successo, questo viene immediatamente copiato dal suo competitor, che introduce piccole varianti in modo da differenziarsi sul mercato.

Il costo relativamente basso, associato alla creazione di nuovi servizi, ne facilita la creazione e l'evoluzione.

Il problema, già visibile oggi, è l'esistenza di una tale varietà di servizi che né l'operatore, né il cliente conoscono. Assicurare la conoscenza significa investire in addestramento e in pubblicità e queste sono in genere spese che vengono sostenute nella misura in cui si vede che le stesse generano ritorni. Se dopo una prima fase, un servizio non genera ritorni significativi, scompare dal radar dell'operatore e pur continuando ad esistere, vive in un limbo di disinteresse totale.

Spesso per spingere alcuni servizi, o anche solo per dare un'impressione di offrire di più rispetto ad un competitor, si effettua il "bundling" cioè il confezionamento in uno stesso pacchetto di vari servizi prezzando il pacchetto. Questo, ovviamente, non ha nulla a che vedere con la convergenza di servizi: non credo infatti che fornire due servizi al prezzo di uno significhi che i due servizi convergano. Nella figura 2 un esempio di *mash ups*.

Gli operatori che fanno queste offerte dicono ai loro azionisti che aumentano il valore tramite la convergenza. Quello che aumentano, in realtà, è il fatturato, andando a vendere ciò che prima non vendevano e in molti casi fidelizzano il cliente mantenendo (o aumentando) le quote di mercato e riducendo i costi di *churn* (recupero clienti).

Nel campo dei servizi, vista l'ineludibile proliferazione che aumenterà ulteriormente con l'apertura delle reti, consentendo a terzi di creare e fornire ulteriori servizi, quello che diventa chiave per il successo è la spontaneità d'uso. Quest'ultima va oltre la semplicità d'uso in quanto significa che, quando un utente decide di utilizzare quel servizio, non



ha problemi nell'interazione o non deve leggere il manuale. Se c'è spontaneità, il servizio si propone in modo evidente nel momento in cui potremmo averne interesse.

Un tentativo, maldestro, in questa direzione era "Joe". Ve lo ricordate? Un omino a forma di "clip" che Microsoft aveva inserito nel suo sistema operativo e che appariva quando Microsoft riteneva potessimo aver bisogno dei suoi consigli. Il fatto è che nel 99% dei casi non sentivamo bisogno dei suoi consigli e quella che pareva essere una buona idea diventava una seccatura.

La spontaneità è estremamente difficile da realizzare, ma la tecnologia si sta avvicinando. La crescente consapevolezza che troveremo negli ambienti in cui operiamo e la costante memorizzazione delle azioni che facciamo, che porta alla creazione di un profilo di chi siamo e delle nostre esperienze, forniscono la possibilità di anticipare i nostri bisogni. Uno stesso servizio potrà apparire tramite interfacce e interazioni diverse a seconda della situazione, non solo presentandosi in forma dell'unico bottone disponibile da premere (semplicità) ma, apparendoci in quel momento in cui ne abbiamo bisogno (spontaneità).

Il ruolo della conoscenza del cliente, ben chiaro al marketing, è l'elemento fondamentale per questa evoluzione ed è un ruolo a cui l'operatore di telecomunicazioni può aspirare, se riuscirà da un lato ad acquisire e gestire le tecnologie necessarie (complicato) e dall'altro ad essere percepito come il garante della privacy e della proprietà (molto più complicato). Se questo diventerà realtà, il valore per il cliente finale sarà enorme, così come i ritorni diretti e indiretti per l'operatore.

4. CONVERGENZA DI ATTORI

Con la maturazione dei mercati, diminuisce la possibilità di crescita per le aziende, crescita che il contesto finanziario premia e che quindi viene fortemente perseguita. Le soluzioni sono sostanzialmente due: entrare in mercati esteri, in cui esiste ancora un potenziale di crescita (dall'America Latina all'Asia e tra poco anche all'Africa), oppure entrare in mercati diversi per tipologia rispetto a quello in cui si opera. In questo secondo caso è chiaro che le opportunità sembrano maggiori, se ci si ri-

volge a mercati contigui, per chi opera nelle telecomunicazioni quello dell'intrattenimento e quello dei servizi informatici. Un approccio parallelo è riuscire ad essere più efficienti nel proprio mercato e questo può passare attraverso il perseguimento di economie di scala, che portano al consolidamento di attori (*merging and acquisition*). Ciò che si osserva spesso è una combinazione di queste diverse strategie che porta ad un cambiamento nel panorama degli attori, ormai molto marcato se si guarda al mondo manifatturiero e in corso nel mondo degli operatori.

Non è l'obiettivo di questo articolo approfondire i vari aspetti, piuttosto restringere l'osservazione ai cambiamenti derivanti dall'ingresso in mercati limitrofi: quello che in genere viene chiamato "convergenza di settori".

L'IPTV⁵ e il DVB-H⁶ (incluso in questo ambito anche la televisione su rete cellulare 3G) sono tipici esempi, così come lo sono, sull'altro versante, la fornitura di servizi di telecomunicazione da parte dei cable operator, soprattutto negli Stati Uniti.

La fattibilità è data dal progresso tecnologico, che rende possibile utilizzare le stesse risorse infrastrutturali per offrire un servizio che fino a poco tempo fa richiedeva un'infrastruttura diversa.

In presenza di capacità residua (anche notevole) non utilizzata per quello che è il mercato primario si può pensare ad offrire servizi tipici di un altro mercato, incrementando gli introiti a costi marginali. La cosa ha ovviamente senso se la si considera in termini del singolo attore. Viene non solo aumentato l'introito, ma si crea anche una viscosità verso il cliente che, disponendo di un bouquet più ampio di servizi, tenderà a restare con quel fornitore.

Tuttavia, a livello di sistema complessivo, non si va verso un aumento di valore: infatti, data l'equivalenza sostanziale delle offerte sui mercati limitrofi, la competizione avviene non sui servizi, ma sui prezzi con conseguente diminuzione complessiva dei ricavi per tutto il comparto. Come si vede nella figura 3, esistono ormai molteplici canali per la distribuzione e fruizione del contenuto video.

⁵ IP Television.

⁶ Digital Video Broadcasting - Handheld.

In questa evoluzione di due ecosistemi (telecom e entertainment), che in parte si sovrappongono, l'oggetto dell'offerta potenzialmente coincide (il contenuto video, in questo caso, che può essere diverso a seconda del canale sulla base degli accordi che si vengono a sottoscrivere con i *content provider*), ma le catene del valore rimangono separate. In particolare, mentre il mondo dell'intrattenimento televisivo vede la maggior parte dei ricavi provenire da monte (pubblicità) in quello delle telecomunicazioni, la maggior parte proviene da valle (sottoscrizione al servizio o *pay as you go*). Questa differenza fondamentale deve far riflettere nel momento in cui si dichiara che i due settori convergono.

Il singolo cliente si trova nelle condizioni di poter scegliere da quale ecosistema attingere a certi contenuti e servizi (anche in mobilità esiste potenzialmente la scelta tra una fruizione *broadcast*, via DVB-H, o tramite 3G sempre su telefonino) e questa scelta è oggi effettuata sulla base del prezzo. L'ampliamento dell'offerta di contenuti, come quello reso possibile

dalla televisione digitale (o da una WebTV o IPTV) non è di per sé un elemento in grado di spostare grandi audience. La riprova è nell'adozione del digitale terrestre, che in gran parte è utilizzato dove la qualità fornita dall'analogico non è accettabile. Le statistiche ci dicono che in Italia anche chi ha il set top box per il digitale continua a seguire i canali analogici. Lo share tra i canali ha una tipica forma a *long tail*, anche se i numeri sono piccoli. Su dieci, cinquanta, cento canali comunque quelli che detengono la maggior parte dello share sono sempre i soliti noti. Aggiungere canali tende a frazionare la visione di quelli che sono già seguiti in modo marginale e non diminuisce in modo sensibile l'audience per gli altri.

L'elemento differenziante portato dalla quantità, quindi, non impatta sui consumi in modo significativo.

Chi opera sulla base di revenue indirette (pubblicità), è molto preoccupato da una perdita di valore della propria posizione nella catena del valore, non tanto per l'emergere di canali alternativi. La pubblicità oggi è fortemente ancorata

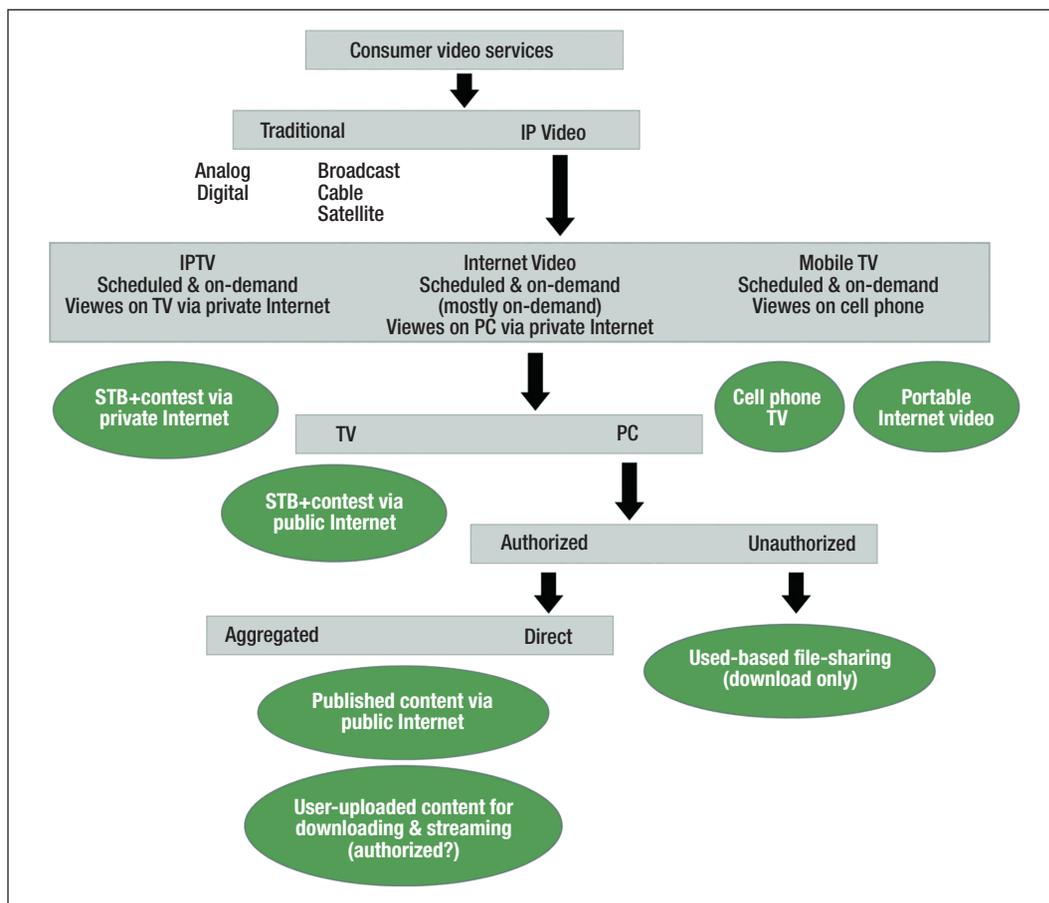


FIGURA 3
Molteplicità dei canali per la distribuzione e fruizione del contenuto video



a contenuto e palinsesto. I *broadcaster* televisivi controllano entrambi questi fattori. In futuro la pubblicità potrebbe ancorarsi al punto di fruizione ed essere quindi legata alla profilatura del cliente e al tipo di terminale. Google sta chiaramente muovendosi su entrambi i fronti, operando sia con il modello classico di pubblicità (addirittura sta facendo da broker per la pubblicità per le radio locali) sia con il nuovo modello andando a profilare il cliente. A fronte di una stessa ricerca fatta da due navigatori diversi i riferimenti presentati e le relative pubblicità sono diverse. I *broadcaster* televisivi non possono avere il controllo su questi punti a valle e sono quindi preoccupati. Per contro gli operatori di telecomunicazioni potrebbero sfruttare questo cambiamento anche se è necessario molto lavoro, sia dal punto di vista della tecnologia sia da quello della regolamentazione.

Paradossalmente, in futuro potrebbe essere più interessante per un operatore agire in simbiosi con i produttori di terminali e *appliances* (da Sony a Nokia) che non con i *broadcaster*.

È interessante anche osservare la rivoluzione avviata da Apple nel mercato dei terminali e dei servizi. Il valore della Apple (per i suoi azionisti) sta nell'essere presente nel mercato dei terminali per sfruttare la connettività in vari modi e in continuazione. Con l'*iPod* questa connettività è attiva solo quando il cliente si collega a *iTunes*, con l'*iPod Touch* ovunque vi sia una rete WiFi accessibile, con l'*iPhone* la connettività è continua.

La parola convergenza, quindi, assume un significato diverso se la proiettiamo nel futuro.

5. ECOSISTEMI

La rete sta cambiando: dall'essere un insieme di fili che permettono connessioni punto punto (un telefono chiama un altro attraverso la rete, un contenuto viaggia da un server ad un punto di fruizione) diventa un sistema che permette il dispiegarsi di processi di consapevolezza e di coordinamento, più simile a una tela di un ragno in cui un'interazione in un punto qualunque crea vibrazioni che si propagano su tutto il sistema e che vengono percepite in ogni punto. Questo cambiamento è il risultato dell'interazione tra una visibilità e comprensione locale ed una globale (*awareness*) e dall'emergere del *social networking*. In questa nuova rete,

che è molto di più della somma delle singole risorse (fili, apparati e applicazioni), ogni singolo punto ha un'importanza inferiore rispetto a prima, sia in senso "tecnico" per la possibilità di instradare i flussi attraverso altre risorse (rete sempre più piatta), sia in senso "economico" essendovi più competitor ad offrire trasporto, elaborazione e memorizzazione. Si pensi, a questo riguardo, a Google e ad Amazon che iniziano a mettere a disposizione capacità elaborativa, di memorizzazione e trasporto che in una rete piatta e topologicamente a nodi contigui rende possibile a una persona in Nuova Zelanda di fruire di servizi tramite risorse rese disponibili da Google in Oregon.

La perdita di valore della rete in termini di svalutazione dei suoi componenti e l'aumento di valore della rete considerata come un elemento complessivo di connettività che trascende le risorse fisiche, pone chiaramente una sfida a chi è stato da sempre il "sacerdote" di fili e nodi.

La conseguenza di questo è che gli operatori devono sempre più confrontarsi con nuovi modelli economici e nuove opportunità (e minacce) mentre le vecchie opportunità (ma anche quelle nuove) iniziano ad essere sfruttate da costruttori di terminali e fornitori di piattaforme. Attenzione: la parola piattaforma sta assumendo, e qui viene usata in questo senso, un valore diverso dal precedente. Non più un "sistema operativo o aggregazione di risorse messe a disposizione di un silos verticale per migliorare l'efficienza, bensì un tessuto che caratterizza un ecosistema. Piattaforma, in questo senso, è l'*iPod* che ha creato un vero e proprio ecosistema, aggregando una molteplicità di attori che sviluppano *add-on* Sw e Hw (oltre 3.000 i prodotti non Apple che si possono acquistare nell'ecosistema *iPod*); un ecosistema che sfrutta *iTunes*, che ha sviluppato al suo interno nuovi sistemi di comunicazione (*Podcast*), con infrastrutture che vanno dalla rete "classica" alla comunicazione virale mediata dai PC e ora dai telefonini, indipendentemente dalla rete. Questo ecosistema è ancora in evoluzione. A gennaio 2008 sono stati resi disponibili servizi di *mash ups* con le cartine di Google, il tempo e le notizie di borsa: queste sono la porta d'ingresso ad una miriade di informazioni che si stratificheranno e che andranno a beneficio di tutti i componenti dell'ecosistema.

Piattaforma è anche quella per la sanità, o la logistica o infomobilità o distribuzione di informazioni, ma anche qui l'evoluzione importante è nella direzione di creazione di ecosistemi con il progressivo sgretolamento delle barriere e l'ingresso di nuovi attori.

Il concetto di silos verticale, il *walled garden*, scompare per lasciare posto al *mash ups*, a nuove forme di interazione lasca all'interno dell'ecosistema.

Il concetto di ecosistema inizia ad essere ben compreso per quello che riguarda gli organismi viventi e le risorse naturali in termini di interazioni modellabili tramite la teoria dei piccoli mondi (riquadro 1 e 2 a p. 14-16).

Riferendosi ad un ecosistema non si parla mai di convergenza, ma di competizione che può portare alla scomparsa di una specie o di simbiosi, in cui l'interazione tra due specie aumenta il loro valore nell'ecosistema. Competizione e simbiosi trasformano l'ecosistema. È interessante chiedersi quali siano le evoluzioni che portano ad un incremento di valore complessivo, che generano diversità e nuovi spazi vitali (di business) e quali quelle che portano vantaggio ad una specie a spese di un'altra. Si noti che anche la competizione può portare ad un aumento complessivo di valore, ma solo quando opera in termini di stabilizzazione dinamica, non quando porta alla sostituzione di una specie su un'altra. In questo caso il valore complessivo non cambia.

È inoltre interessante notare come in un sistema economico competitivo lo spostamento di valore tra catene di valore, che convergono sullo stesso cliente finale con lo stesso tipo di prodotto/servizio, trasferisca il differenziale di valore al cliente finale, cioè chi sta a monte della catena ci perde mentre il cliente finale ci guadagna. Dal punto di vista strategico quindi ogni azione che porti a competere a monte non crea valore nuovo, ma deprime il valore complessivo a vantaggio del cliente. I "cartelli" cercano di evitare questo trasferimento a valle, i regolatori osteggiano la formazione di cartelli. Questo vale per tutti gli elementi della catena. Quando si intraprendono azioni che portano ad un'efficienza a monte o all'interno dell'anello in cui ci si trova entro breve tempo il vantaggio acquisito si trasferisce a valle (in un sistema competitivo), mentre il valore creato a valle viene

mantenuto. Per un operatore quindi vi è l'obbligo di fare innovazione interna e a monte per mantenersi competitivo, ma l'unico sistema per aumentare gli introiti è quello di aumentare il valore percepito a valle.

La posa di fibre non porta a nuovi introiti, aumenta efficienza e rende più competitivi. L'offerta di innovazione sfruttando le fibre, invece, porta a nuovi introiti, e questo avviene sia se è l'operatore a sviluppare l'offerta, sia se è qualcun altro che deve utilizzare le fibre per portare l'offerta al cliente finale. Infatti in questo caso la fibra acquista valore per il cliente finale che diventa disponibile a pagare un premium. Gli ecosistemi stanno assumendo una forte importanza anche a livello dei sistemi economici. In fondo il marketing ha sempre perseguito la segmentazione e questa in una certa misura costituisce un proto-ecosistema con le interazioni che ciascun elemento stabilisce tramite le caratteristiche di mercato importanti per il marketing. Tuttavia, un ecosistema non è solo un insieme definito da caratteristiche di appartenenza, ma lo è quando gli elementi che lo compongono interagiscono tra loro e in parte lo caratterizzano sulla base di queste interazioni, trasformandolo nel tempo. Ogni ecosistema ha un suo punto di equilibrio, ma è un equilibrio dinamico che evolve nel tempo e la sua evoluzione è nella direzione di un minor consumo energetico e maggiore organizzazione (minore entropia). Questa è la caratteristica dei sistemi viventi e non, in costante evoluzione.

Se nei sistemi viventi il minor livello energetico è raggiunto tramite una maggior organizzazione (minor entropia locale), nei sistemi non viventi l'entropia aumenta sempre.

6. EVOLUZIONE IN ECOSISTEMI STAZIONARI

Osservando il mercato delle telecomunicazioni possiamo notare che in gran parte del mondo questo ha raggiunto una penetrazione vicina al 100%. L'evoluzione in questi mercati, quindi, passa attraverso una ristrutturazione interna e non attraverso un'espansione. Diverso è il caso di Paesi come Cina, India e Africa, in cui la penetrazione è ancora distante dalla saturazione. Qui abbiamo un'evoluzione di tipo espansivo. È interessante chiedersi se

questi due tipi di mercato che seguono logiche diverse abbiano implicazioni diverse per gli attori che operano nell'ecosistema proprio rispetto al tema della convergenza (consolidamento) e differenziazione. Anche in questo caso, uno sguardo a ciò che accade negli ecosistemi biologici può aiutarci a riflettere.

Per la modellazione dell'evoluzione di ecosistemi biologici è stata sviluppata una teoria dal Santa Fé Institute (in USA nel New Mexico), nota come GASP: *Growth Advantage in Stationary Phase*.

In sostanza questo è un modello matematico che permette di studiare come un ecosistema si evolva quando abbia raggiunto una fase stazionaria. I risultati sono interessanti e in qualche misura contro intuitivi: nella fase di sviluppo dell'ecosistema le risorse disponibili eccedono la domanda e si sviluppa una tendenza verso la predominanza di una specie su tutte le altre, in particolare di quella che è più efficace nella raccolta delle risorse. In questa prima fase sembra quasi che vi sia una sola specie dal momento che le altre giocano un ruolo marginale. Nella fase di transizione si osservano vari adattamenti nel momento in cui la competizione per le risorse diventa più pressante e in questa fase è la specie più efficiente nell'uso delle risorse che tende a prendere il sopravvento (si noti come si passa da una efficienza nella raccolta a quella dell'uso). Tuttavia, nel momento in cui si raggiunge l'equilibrio in termini di disponibilità di risorse e loro consumo, e in questo caso si dice che si è raggiunta la fase stazionaria, la specie dominante inizia a differenziarsi, insieme a tutte le altre specie presenti nell'ecosistema e l'ecosistema evolve nella direzione di una maggiore diversità. Non so-

lo: l'ecosistema inizia ad evolvere sotto la spinta di mutazioni random, ma sempre nella direzione di un aumento della diversità (vedi riquadro in basso).

In un certo senso si potrebbe dire che la convergenza (la dominanza) è un fenomeno nella fase di risorse illimitate che lascia spazio alla diversità, come fenomeno che guida l'evoluzione, nel momento in cui l'ecosistema raggiunge la stabilità. Questo è quanto accade nell'evoluzione biologica in un certo ecosistema ma è quanto osserviamo anche nelle dinamiche del mercato e della tecnologia. Si noti tra l'altro, la similitudine tra valore dell'ecosistema biologico dato dalla sommatoria delle specie con il valore di un ecosistema economico dato dalla sommatoria delle sue imprese, la corrispondenza tra biomassa e risorse trasformate, la lunghezza di vita di un prodotto e la sua obsolescenza rispetto a (f) e (m) e infine la corrispondenza tra (ε) e l'innovazione.

Si consideri per esempio il settore del mobile (cellulare): qui siamo in una fase stazionaria, perlomeno in molti Paesi, avendo raggiunto la massima penetrazione (il 180% della popolazione in Italia) e la massima saturazione dello spettro (le due risorse nell'ecosistema del radiomobile).

L'evoluzione tecnologica ha continuato ad aprire nuove bande di frequenza aumentando quindi la risorsa spettrale (si pensi alle prime antenne utilizzate da Marconi sulle onde lunghe, difficile immaginare un telefonino con tali antenne). L'evoluzione dell'elettronica ha permesso di aumentare la frequenza utilizzabile ma ora stiamo raggiungendo il punto in cui tutto lo spettro utile è ormai sfruttato. In Italia, quindi, da una fase di espansione stiamo entrando in una fase sta-

Lo stato del sistema è descritto dalle seguenti equazioni differenziali [8]:

$$\frac{d}{dt} \phi = (f \omega - m) \phi (1 - \phi)$$

$$\frac{d}{dt} \omega = -\varepsilon \phi \omega f$$

Senza entrare nei dettagli si noti come la variazione nel tempo del valore dell'ecosistema (Φ) cioè delle sue specie, dipende dalla lunghezza della vita del singolo elemento della specie (f) e dalla sua capacità di trasformazione delle risorse in biomassa (ω) e dalla mortalità (m). La trasformazione della biomassa, a sua volta, dipende dalle specie, dal ciclo di vita e dalla variazione indotta nell'ecosistema dall'emergere di nuove sottospecie ε .

zionaria e così come accade negli ecosistemi biologici stiamo assistendo ad un'evoluzione che passa dalla diversificazione. Diversificazione nei cellulari, abbiamo oggi molti più modelli di quanti ne esistessero 5 anni fa, e nei prossimi cinque anni ne vedremo ancora di più. Diversità nelle reti: mentre si parla di convergenza l'industria del mobile crea più e più modi di comunicare via radio. Abbiamo appena avuto la gara per il WiMax, in USA stanno per mettere in gara le frequenze liberate dalla televisione analogica intorno ai 700 MHz e sta avanzando la proposta per una neutralità dello spettro rispetto alla tecnologia e ai servizi. È chiaro che una maggiore flessibilità, anche regolatoria, contribuisca ad una maggiore diversificazione.

Diversità anche nei modelli di business. L'avvento di Apple nel mondo del mobile può essere marginale in termini quantitativi (1% a fine 2007 anche se in soli 6 mesi ha conquistato il 28% del mercato degli smart phone in USA, Paese in cui è stato lanciato) ma certamente non lo è in termini di modello di business visto che per la prima volta un produttore di cellulari incassa una percentuale dal traffico effettuato tramite i suoi prodotti. Il fatto straordinario è che Apple abbia trovato operatori interessati a sposare questo modello di business che li priva di ricavi precedentemente considerati associati. Quel particolare terminale spinge gli utilizzatori ad utilizzare molte più funzionalità, aumentando quindi i ricavi. Anche deducendo la percentuale di introiti che viene incamerata da Apple gli operatori hanno un aumento di introiti. Ma non è tutto. Apple stessa ha rinnegato il suo principio basilare di proprietà assoluta dei suoi prodotti: aprendo l'*iPhone* e l'*iTouch* tramite le SDK permette ad altri di creare nuovi servizi sfruttando il suo terminale. In pratica questo significa riconoscere il maggior valore dell'ecosistema rispetto al valore della specie anche dal punto di vista di chi è proprietario di quella specie. Questo, allo stesso tempo, ha minato il principio che i servizi offerti da un cellulare sono proprietà dell'operatore di cui si serve tale cellulare. Il *Walled Garden* ha perso le sue Walls.

Certamente, un'evoluzione che si orienti verso una connettività che diventa commodity, la redditività condivisa della connettività per la for-

natura di servizi da parte di terzi lasciando agli operatori il carico degli investimenti necessari per la rete, non è particolarmente gratificante per gli operatori. Tuttavia, se si considera la visione più ampia del ruolo di accrescimento di valore che le nuove infrastrutture di telecomunicazioni possono avere nell'ecosistema complessivo e si decide di giocare la partita in tutto l'ecosistema la prospettiva cambia.

Le piattaforme, di cui ho accennato precedentemente in questo articolo, e che sono un elemento integrale della NGN2 di Telecom Italia e della SoftNet proposta da British Telecom rappresentano un passo proprio in questa direzione.

7. CONCLUSIONI

Per la parola "convergenza" decade quello che era la parola "integrazione" negli anni '80. Come negli anni '90 si è preso coscienza che occorre passare da una visione retentrica ad una che portasse in primo piano il mercato, così per la trasformazione di un'integrazione tecnologica in una convergenza di offerta sul mercato, che avverrà nella prossima decade, ma già se ne vedono i segnali oggi, lo slogan sarà probabilmente quello dell'Ecosistema, attraverso una presa di coscienza della pluralità dei fenomeni e delle inter-relazioni che esistono tra vari attori, risorse, processi, insieme di regole e di come la tecnologia non sia che uno tra i fattori che condiziona e che è condizionato dagli altri.

Abbiamo di fronte l'evoluzione delle specie, proposta da Darwin centocinquanta anni fa, che può costituire un modello da cui trarre alcune lezioni in termini di evoluzione e pressioni evolutive. La ben più recente teoria dei piccoli mondi ha trovato verifiche sperimentali (su base statistica) in una varietà di sistemi complessi, dalla biologia alla economia e può costituire un altro punto interessante di riflessione.

Proprio la complessità e varietà dei fattori in gioco non permette di derivare delle "leggi" in senso matematico sul futuro, ma una comprensione derivante da una visione allargata dell'evoluzione e del contesto, in cui questa avviene, e che al tempo stesso modifica, credo sia sicuramente utile.

Convergenza è una parola ormai diffusa e non

vale neppure la pena di provare a proporre un'altra. Questo capiterà nel tempo, senza proclami, semplicemente con un progressivo maggior uso di un altro slogan, la mia scommessa è su "ecosistema". Tuttavia, credo pos-

sa essere importante distaccarsi un attimo dalla parola "convergenza" e guardarla in modo neutro chiedendosi che cosa significhi in realtà; spero che questo articolo possa aver fornito un contributo in questo senso.

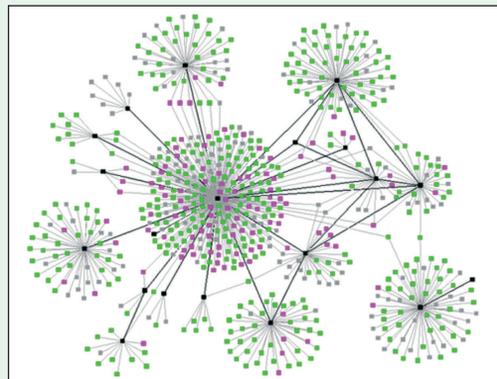
Riquadro 1 - Piccoli Mondi

Moltissimi aspetti del mondo che ci circonda sono percepiti come elementi unici: oggi piove, sono fiorite le rose, la benzina è aumentata, le azioni di quel comparto stanno precipitando ecc..

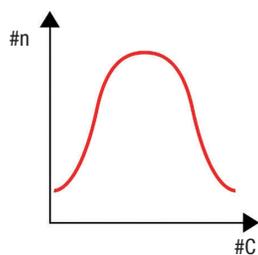
Anche se la percezione è puntuale, sul fenomeno osservato, la spiegazione è generalmente molto complessa e richiede una visione allargata su moltissimi elementi. Molto spesso non riusciamo a enumerare tutti gli elementi e neppure ad esaminare le relazioni specifiche tra questi che hanno portato al fenomeno osservato.

I matematici hanno scoperto che sistemi complessi possono essere studiati in termini di interazioni e che la forma dei comportamenti osservati dall'esterno può indicare se questi sono il risultato di interazioni pianificate o casuali tra gli elementi che lo compongono o, ancora, se il risultato osservato non dipende dalle interazioni tra i componenti.

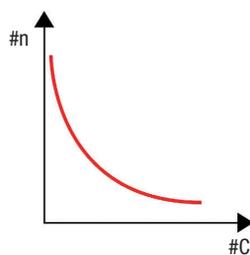
Nel primo caso si parla di sistemi ordinati, nel secondo di Piccoli Mondi, e l'insieme delle interazioni assume in termini matematici la forma di curve di potenza. Nel terzo caso si parla di sistemi caotici e i comportamenti osservati hanno la forma di curve gaussiane, per esempio facendo cadere delle biglie su un pavimento liscio queste si spargeranno ovunque ma mostreranno una maggiore densità in un punto e a partire da quello la densità diminuisce in un modo rappresentabile da una gaussiana. Nella figura accanto, un esempio di piccolo mondo rappre-



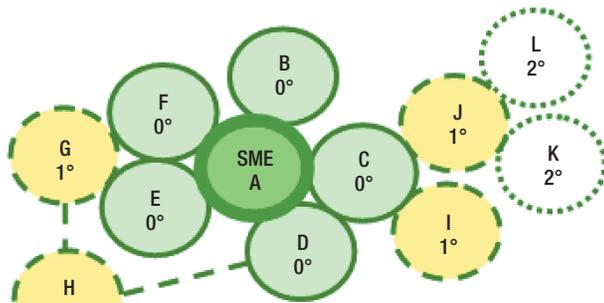
Relazioni e aggregazioni in Social Networks



Curva di distribuzione gaussiana, distribuzione "normale"



Curva di distribuzione di "potenza" tipica dei piccoli mondi



Relazioni tra imprese in un ecosistema. B,C,D,E,F si trovano a distanza 0 da A, invece G,H,I sono a distanza 1 (non hanno quindi relazioni dirette), mentre L e K sono a distanza 2

sentante l'andamento del contagio in una malattia all'interno di una popolazione.

Sappiamo che gli ecosistemi viventi mostrano un insieme di interazioni che assume la forma di curve di potenza.

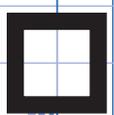
Nella figura si vede a sinistra la curva Gaussiana che rappresenta una distribuzione normale, a destra la curva di potenza, tipica di fenomeni modellabili con la teoria dei Piccoli Mondi.

Questo vale anche per la rappresentazione darwiniana dell'evoluzione delle specie nei diversi ecosistemi. Vale anche per l'evoluzione tecnologica, perlomeno questo è quanto emerge da una ricerca effettuata con il Politecnico di Torino su dati generati da uno studio sull'evoluzione tecnologica svolto in un progetto cooperativo europeo.

Sono le interazioni a volte casuali a volte causali tra innumerevoli componenti dell'ecosistema a guidare l'evoluzione.

A fianco, un esempio di società che operano in un ecosistema con vari gradi di separatezza (da 0 a 2 nella figura) e che formano un "piccolo mondo". La Società A (SME A) ha relazioni dirette con B, F, E, D e C e quindi si dice che è a distanza 0 da queste. La società C lavora anche con la società J e da questa è a distanza 0 ma A si trova a distanza 1 da J, essendo mediata da C e similmente si trova a distanza 2 da K essendo mediata da C e J.

È proprio questo risultato che stimola il paragone tra



evoluzionismo darwiniano e evoluzione tecnologica/convergenza. Entrambi sono sistemi complessi in cui le interazioni sono non rigide ma statistiche e entrambi sottostanno a principi che condizionano le evoluzioni possibili, rafforzando e indebolendo nel tempo le interazioni in gioco.

Se consideriamo una tecnologia come la visualizzazione di immagini tramite il tubo catodico vediamo che questa nel tempo ha migliorato le sue prestazioni fruendo della disponibilità di chip di elaborazione e di memoria che hanno consentito per esempio di diminuire lo sfarfallio dell'immagine raddoppiando la frequenza di scannerizzazione sullo schermo. In effetti negli oltre 50 anni di storia del tubo catodico la qualità dei prodotti è aumentata considerevolmente, per esempio l'immagine da leggermente ovale è diventata perfettamente rettangolare grazie alla maggiore capacità di controllo del pennello elettronico. Possiamo dire che le tecnologie dei chip, del digitale, dei microprocessori hanno sostenuto questa evoluzione. In parallelo, nell'ecosistema della visualizzazione, nuove tecnologie sono apparse sul mercato, basate su modalità completamente nuove, ma derivanti da quegli stessi chip che hanno permesso il miglioramento del tubo catodico, non portando una qualità di immagine maggiore ma uno schermo piatto e sottile. Questa è una caratteristica che il mercato ha mostrato di apprezzare ed è diventata l'elemento di scelta per il consumatore (si è anche notato che mentre ieri il televisore era scelto dall'uomo oggi lo schermo è scelto dalla donna per le sue caratteristiche di arredamento).

Queste nuove tecnologie hanno nel tempo affossato il tubo catodico.

Inoltre, nell'ecosistema della rappresentazione di immagini si è andata sviluppando l'alta definizione. Questa, dopo molti ripensamenti, è stata realizzata utilizzando una trasmissione digitale del segnale resa possibile a sua volta dalla disponibilità di microprocessori in grado di comprimere un segnale che in partenza aveva dimensioni ingestibili: oltre 600 milioni di bit al secondo. Tramite la compressione questi si riducono a circa 15 milioni. Pur essendo decisamente più appetibile l'alta definizione convive con quella del passato e occorreranno ancora diversi anni prima che questa scompaia. Questo è un bene dal punto di vista del valore dell'ecosistema in quanto permette di offrirla ad un premium price, cosa che non sarebbe invece possibile se fosse una semplice sostituzione. Gran parte del contenuto rilasciato dalle Major è ancora in bassa definizione. La competizione tra standard e alta definizione passa attraverso l'inerzia al cambiamento, la disponibilità di contenuti che ne giustificano l'utilizzo e il costo del televisore. Abbiamo una coesistenza tra i due sistemi con forze che tendono ad accelerare o rallentare il cambiamento che derivano sostanzialmente da aspetti economici (di produzione e di acquisto) e che sono influenzabili da politiche regolatorie (parziale finanziamento tramite detassazione dei sistemi con decoder integrato).

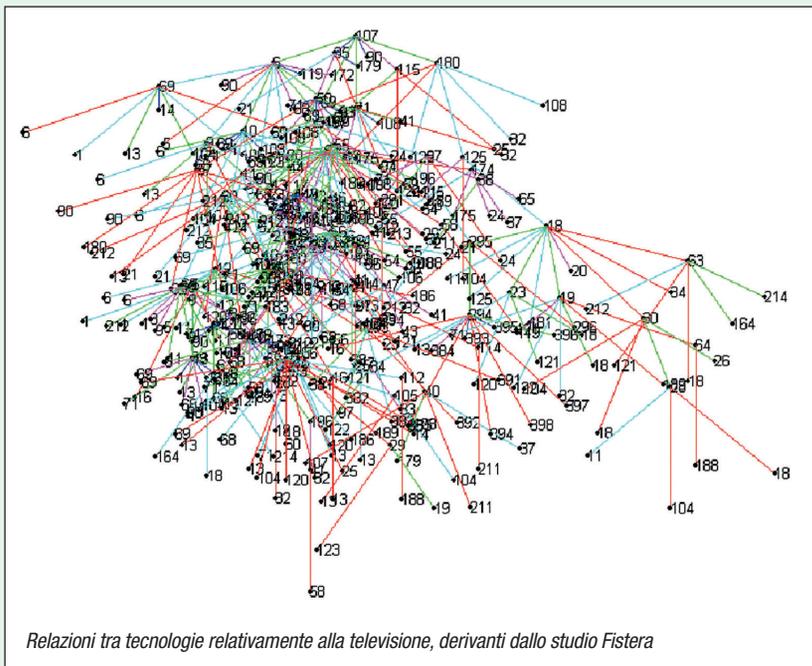
Questo insieme di relazioni, che in realtà è molto più complesso di quanto schematizzato, può essere rappresentato in termini matematici attribuendo ad ogni risorsa, contenuto, televisore, telecamera, broadcaster, cliente ecc. un insieme di vettori il cui valore e la cui direzione indicano il tipo e la forza della relazione esistente tra le risorse (nodi del grafo).

Andando a variare questi valori, per esempio per valutare quale può essere l'impatto generato da una più rapida diminuzione di prezzo, si osserva un cambiamento di tutto l'insieme. In particolare tramite simulazione si arrivano ad identificare delle risorse

la cui variazione ha un impatto forte su tutto il sistema.

Possiamo anche simulare l'introduzione di nuovi nodi e relazioni: per esempio cosa succede se la tecnologia CMOS, che consente sensori ad elevatissima risoluzione, passa dalle fotocamere digitali alle videocamere? Certamente aumenta la definizione del contenuto prodotto dalle singole persone e questo può spingere verso una domanda sia di televisori ad altissima definizione (4k, 8 milioni di pixel rispetto ai 2 della televisione HD) sia di una banda molto più grande per la connettività stimolando la fibra e deprimendo il VDSL. A fianco, un esempio di relazioni tra tecnologie: ogni linea colorata rappresenta un vettore in cui il codice colore esprime le sue caratteristiche.

Questo è solo un esempio per far capire il contributo che la teoria dei piccoli mondi può dare alla comprensione di fenomeni complessi nel settore dell'innovazione tecnologica.



Riquadro 2 - Da Piattaforme a Ecosistemi

Le piattaforme sono una realtà che ha pervaso, condizionandola, almeno gli ultimi 30 anni di evoluzione dell'ICT (*Information and Communications Technologies*): il primo esempio che ha indirizzato l'evoluzione può essere fatto risalire ad una piccola azienda del New Mexico, la MITS, che inventò il concetto di "bus" per la comunicazione tra componenti di un PC (allora era un proto PC, l'Altair). Questo sistema di comunicazione standardizzato (e non brevettato) dette l'impulso alla creazione di un ecosistema formato dai produttori di componenti (tastiere, hard drive, lettori di floppy disk, estensioni di memoria, processori grafici ecc.), che a sua volta si espanse ulteriormente negli anni successivi grazie ad ulteriori elementi di comunicazione standardizzati, che aumentavano l'efficienza energetica dell'ecosistema: i sistemi operativi DOS e Apple/Mac. Questo ha portato rapidamente al predominio di alcuni linguaggi di programmazione e al contempo alla creazione di nuovi linguaggi (specie) di programmazione, fenomeno di assestamento, consolidamento, ma anche creazione che continua tutt'oggi.

In questi ultimi anni l'estensione dell'ICT in vari settori sta generando nuove piattaforme che sempre più diventano abilitatori di ecosistemi trasformando lo scenario attuale.

Le piattaforme a supporto della infomobilità si trasformano in ecosistemi nel passaggio da sistemi mirati alla gestione del traffico, a sistemi su cui vari attori possono operare per raggiungere il cliente finale, fornendo servizi. Il sistema di navigazione dell'autoveicolo, quando si trasforma in questo senso, diventa una piattaforma che crea un ecosistema. In linea di principio qualunque azienda può iniziare a fornire informazioni e servizi, utilizzando lo schermo e le capacità di connessione del telefonino. Persone su macchine diverse possono parlarsi tra loro, utilizzando una comunicazione locale, un operatore turistico può fare arrivare informazioni ad auto in transito, altre aziende possono sviluppare servizi di informazione mirati ai passeggeri, che si alimentano da altri servizi resi disponibili da aziende locali, in cui la macchina si trova a transitare, negozi possono offrire specialità locali ad auto di passaggio, invitando i passeggeri ad una piccola sosta assaggio... Le possibilità sono illimitate e si vede come queste vengano a crearsi nel momento in cui una piattaforma si apre, formando un ecosistema. E negli ecosistemi il valore non è legato ad una specifica applicazione o informazione, ma alla totalità dell'offerta. Si passa infatti da un valore puntuale (il servizio che utilizzo), ad uno potenziale (la varietà di servizi che potrei utilizzare). Questo valore potenziale è percepito anche quando non viene utilizzato. Proprio per questo la persona diventa un partecipante all'ecosistema, proprio come accade con il Web. Nessun sito è talmente interessante di per sé da motivarmi ad acquistare un collegamento ad Internet, ma l'enorme varietà esistente, mi fa percepire l'utilità dell'acquisto.

Simile discorso può essere fatto in altri comparti, come la sanità. Anche qui sistemi di monitoraggio e comunicazione indossati da una persona possono moltiplicare il loro valore, se si passa da un utilizzo puntuale (esame Holter per 24 h a monitorare il battito cardiaco) a un utilizzo potenzialmente enorme: la piattaforma attira investimenti da parte di una pluralità di attori indipendenti con offerte di servizi, che vanno dal controllo di malattie croniche, ai suggerimenti dietetici, al training personale e alla fitness, con un pizzico di comunità sociale che può essere abilitata da queste aree di comunicazione personale (le BAN, *Body Area Network*, e le PAN, *Personal Area Network*). Le medicine possono essere un altro elemento di questo ecosistema, trasformando le pillole da prodotti a servizi: la pillola può infatti essere venduta ad un prezzo base (la sostanza medicinale) e ad un prezzo aggiuntivo che copre il servizio di monitoring del suo effetto in quanto tramite sensori sul corpo e telefonino diventa possibile osservare l'effetto e fornire consulenza in tempo reale su cosa fare... La trasformazione delle cure va certamente in questa direzione.

Gli esempi sono veramente illimitati e toccano i campi più svariati: hanno in comune il concetto di creazione di valore tramite una rete che attira investimenti e crea un valore potenziale in crescita costante, con la possibilità per chi investe di entrare in un mercato molto ampio, dove il passa parola tipico delle social networks diventa motore di business.

Bibliografia

- [1] Charles Darwin: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. 1859.
- [2] Richard Dawkins, *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Evolution*.
- [3] Duncan J. Watts. *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*. (Princeton Studies in Complexity).
- [4] Albert-Laszlo Barabasi, *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means*.
- [5] Piancino M., Tadei R.: *Analisi degli investimenti ICT: un approccio di teoria dei grafi*. Politecnico di Torino, 2004.
- [6] Saracco, R.: *Technology trajectory and Methodology*.
<http://fistera.jrc.es/pages/latest.htm>

[7] Saracco R.: *Convergenza, analisi di un fenomeno che non sempre crea valore*. Media Duemila, Vol. 2, 2008.

[8] Keymer J., et al: *Diversity emerging: from competitive exclusion to neutral coexistence in ecosystems*. Febbraio 02, Santa Fé Institute.

ROBERTO SARACCO è diplomato in Scienze dell'Informazione e ha una laurea in Matematica dall'Università di Torino. Dal 1971 è ricercatore in Telecom Italia. Attualmente è responsabile del Future Centre di Telecom Italia.

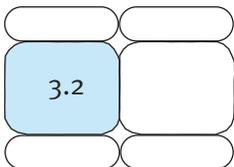
Nel progetto Fistera della EU è stato responsabile della identificazione delle possibili evoluzioni tecnologiche nei prossimi 15 anni e il loro impatto economico. È Senior Member dell'IEEE Communications Society (Comsoc) ed attualmente Direttore per l'area Sister Society Relationship. È autore di molti articoli e libri, tra cui una collana di Progetto Italia: 4 passi nel futuro. E-mail: roberto.saracco@telecomitalia.it



EVOLUZIONE DEI SISTEMI OPERATIVI

II^a Parte: categorie particolari

Maurelio Boari
Paolo Ancilotti



Esaminate nella prima parte le motivazioni che hanno influenzato l'evoluzione del concetto stesso di sistema operativo, sono ora messe in evidenza le motivazioni che hanno portato all'evoluzione di particolari categorie di sistemi operativi: da quelli per personal computer ai sistemi *real-time* ed *embedded*, dai sistemi operativi di rete e distribuiti a quelli per la generazione di macchine virtuali.

1. SISTEMI OPERATIVI PER PERSONAL COMPUTER

Con lo sviluppo dei circuiti integrati su larga scala, negli anni '70 cominciò l'era dei personal computer (inizialmente chiamati microcalcolatori). In termini di architettura non erano molto diversi dai minicalcolatori della classe dei PDP-1, ma erano caratterizzati da un costo allora molto più basso. I primi sistemi realizzati furono chiamati *home computer* ed erano prevalentemente destinati al mondo dei giochi.

Per più di 10 anni lo sviluppo dei personal computer è stato caratterizzato da due linee parallele che solo successivamente sono confluite. La prima, praticamente coincidente con le attività di ricerca svolte presso lo Xerox PARC (Paolo Alto Research Center), la seconda relativa allo sviluppo dei primi personal computer commerciali.

È dai laboratori della Xerox che nasce il concetto stesso di personal computer inteso come dispositivo sufficientemente potente e facile da usare in grado di soddisfare le necessità individuali di elaborazione, comuni-

cazione e condivisione di informazioni di ogni singolo utente. Alan Kay pubblica il primo articolo sui personal nel 1972 [6].

Nel 1973, presso i laboratori della Xerox Parc fu realizzato il primo personal computer sperimentale, il sistema Alto [15], che ha rappresentato forse il progetto più innovativo nella storia dell'informatica, troppo innovativo per l'epoca, ma destinato ad avere un'influenza notevole negli sviluppi futuri. È stato il primo sistema ad utilizzare un'interfaccia grafica (GUI - *Graphical User Interface*), inventata negli anni 60 presso lo Stanford Research Institute, completa di finestre, icone, menù ed un mouse per consentire l'accesso all'utente, al posto delle interfacce a linee di comandi utilizzate nei sistemi operativi dell'epoca. È in quel periodo che presso gli stessi laboratori fu progettata la prima stampante laser, la rete locale Ethernet, il primo linguaggio ad oggetti (*Smalltalk*), il linguaggio Mesa e tutto ciò fu reso disponibile nel calcolatore Alto dotato di un sistema operativo implementato con la tecnologia ad oggetti.

Il sistema Alto, troppo costoso per l'epoca,

non fu mai sviluppato commercialmente ma ne furono realizzati molti esemplari donati a diverse università. Queste macchine, fra l'altro, furono di ispirazione per la realizzazione della workstation *Stanford University Network* (SUN), che venne in seguito commercializzata da un'azienda nata proprio nell'università e chiamata Sun Microsystems.

Con riferimento alla seconda linea di sviluppo, il primo sistema operativo per microprocessore dotato di floppy disc fu il CP/M (*Control Program for Microcomputer*) della Digital Research, progettato da Gary Kildall nel 1973 [8], che poteva essere installato su architetture del tipo Intel 8080 (8 bit), Zilog80 ed altre. CP/M fu il più importante sistema operativo per microcalcolatori negli anni 70. Il primo personal computer sul quale fu installato il CP/M fu l'Altair nel 1975. Il personal computer con CP/M probabilmente più venduto è stato l'home computer Commodore 128.

Molte delle caratteristiche del CP/M furono ereditate dai successivi sistemi operativi, in particolare da quelli adottati per i primi personal computer dell'IBM. Innanzitutto l'interfaccia a linea di comando (derivata dai sistemi operativi della *Digital Equipment* per il PDP-11). In secondo luogo la suddivisione del sistema operativo in due moduli: il primo (CCP) era destinato alla traduzione dei comandi dell'utente, il secondo alla loro esecuzione. Quest'ultimo era composto da una parte BDOS (*Basic Disk Operating System*), che si occupava di gestire i driver di tipo logico per le operazioni richieste dall'utente (per esempio, "apri il file") e le trasformava in una sequenza di comandi inviati al BIOS (*Basic I/O System*) che conteneva il codice dipendente dallo specifico hardware.

I primi prodotti software per il word processing (Word Star) e per la gestione dei database (dBASE) furono creati per il CP/M e poi, modificati e potenziati, per i successivi sistemi operativi.

Quando IBM, nei primi anni 80, progettò il PC IBM decise di adottare come sistema operativo il CP/M. Non trovando l'accordo con la Digital Research, adottò come sistema operativo un prodotto della Microsoft denominato DOS (*Disk Operating System*), più tardi denominato MS-DOS (*Microsoft Disk Operating System*) che rapidamente cominciò a domi-

nare il mercato dei PC. La sua diffusione fu facilitata dalla decisione di Bill Gates di vendere MS-DOS alle aziende che producevano calcolatori, perché formasse un unico pacchetto con l'hardware, a differenza della politica allora adottata da *Digital Research* di vendere direttamente CP/M agli utenti finali, un sistema alla volta.

MS-DOS, come CP/M, era un sistema operativo monoutente e monotask, cioè capace di far girare un solo programma alla volta. Inoltre, pensato per il microprocessore Intel 8088 (16 bit) fu progettato con lo scopo prioritario di fornire la massima efficienza, tenuto conto dei limiti del processore. Ciò rese praticamente impossibile una sua trasformazione per sfruttare le maggiori capacità dei nuovi processori che via via si resero disponibili. L'8088, per esempio, non offriva i due stati di funzionamento, user mode e kernel mode e ciò consentiva ai programmi di utente di accedere direttamente alle componenti hardware di base, per esempio utilizzando le operazioni di I/O per scrivere direttamente su video e disco. Inoltre, nella sua semplicità, MS/DOS fu progettato come un sistema monolitico nel quale l'interfaccia ed i livelli di funzionalità non erano ben separati e fu scritto utilizzando il linguaggio assembler del 8088.

Negli anni furono sviluppate diverse versioni di MS/DOS [7] arricchite di nuove funzioni che aumentarono la parte residente in memoria centrale del sistema operativo. Quando, per esempio, IBM introdusse il PC XT dotato di disco fu sviluppata la versione DOS 2.0 che forniva un sistema di gestione dei file di tipo gerarchico (inizialmente tutti i file appartenevano ad un solo livello). Nelle successive versioni predisposte per le nuove serie di PC dotate di microprocessori sempre più potenti (80286, usato nel PC/AT, 80386, usato in PS/2) MS-DOS si arricchì di nuove funzioni, ampliando, per esempio, l'insieme dei comandi a disposizione dell'utente ed introducendo alcune proprietà simili a quelle di Unix, come la ridirezione dell'I/O e la stampa in background (Microsoft aveva realizzato una versione di Unix chiamata Xenix).

Tuttavia, come detto, la struttura del sistema operativo impediva che potessero essere sfruttate appieno le capacità dei nuovi processori. Per rimanere compatibile con le precedenti versioni, il sistema operativo li utilizzava

come un "8086 veloce". Cioè, si continuò ad usare MS-DOS in un ambiente hardware ben superiore alle sue capacità, a maggior ragione dopo l'introduzione del 80486 e del chip Intel Pentium che avevano reso disponibili potenza e caratteristiche che non potevano essere sfruttate da un sistema tanto elementare¹.

Un altro problema era rappresentato dal tipo di interfaccia a comandi usato da MS-DOS. Per competere con il sistema Macintosh della Apple (si veda più avanti), nei primi anni 80 Microsoft cominciò a pensare ad un nuovo sistema dotato di un'interfaccia utente grafica simile appunto a quella del sistema Macintosh. Dopo molti tentativi uscì nel '90 il sistema Windows 3.0. L'esigenza di mantenere la compatibilità con le numerosissime applicazioni che funzionavano su MS-DOS fecero sì, tuttavia, che Windows 3.0 fosse pensato più come un'interfaccia grafica che estendeva le funzionalità di MS-DOS, piuttosto che come un nuovo sistema operativo a se stante.

Parallelamente alla commercializzazione ed allo sviluppo di Windows 3.0 e successive versioni, la Microsoft cominciò a sviluppare un nucleo di sistema operativo multiprogrammato che avesse tutte le caratteristiche dei sistemi operativi allora in auge, come Unix e VMS. Il risultato di tale sforzo fu il rilascio del sistema Windows NT², rivolto prevalentemente al mercato professionale ed al mercato dei server. Windows NT [13] offre la multiprogrammazione, la gestione della memoria virtuale, la multiutenza, la protezione delle risorse, il supporto al networking. Inizialmente venne adottata una struttura a microkernel, con un nucleo molto ridotto che forniva le funzionalità elementari a moduli di più alto livello operanti a livello utente. Successivamente, per motivi di efficienza, tutti i moduli del sistema operativo furono portati all'interno del nucleo, compreso il sottosistema di gestione grafica delle finestre.

Una delle caratteristiche di NT è la possibilità di garantire la compatibilità con altri sistemi

operativi. È così possibile eseguire applicazioni MS-DOS, OS/2 e POSIX oltre a tutte quelle Windows.

Per un certo periodo, la Microsoft continuò a fornire il supporto a due diverse linee di prodotti: sistemi operativi per l'utenza casalinga, quali Windows 95, Windows 98 e Windows Me; e sistemi operativi per l'utenza professionale quali Windows NT 3.5, NT 4.0 e Windows 2000.

Windows 95, Windows 98 e Windows Me possono considerarsi delle evoluzioni, non sempre ben riuscite, del sistema Windows 3.0, basate cioè sempre su MS-DOS anche se con un miglioramento in termini prestazionali dovuto ad un parziale adattamento alle architetture a 32 bit. Windows 95 è noto per la sua innovativa e molto efficace interfaccia grafica, mentre fu con Windows 98 che Internet Explorer fu integrato nell'interfaccia grafica sollevando numerose critiche poiché di fatto danneggiava fortemente gli altri sistemi browser. Ne sono scaturite diverse cause legali, in seguito alle quali le autorità antitrust hanno imposto a Microsoft di permettere all'utente la disabilitazione di Internet Explorer.

NT 4.0 e Windows 2000, evoluzioni della prima versione di NT, hanno contribuito alla penetrazione di Microsoft nel settore dei server, fortemente presidiato da Unix e LINUX.

Recentemente la Microsoft ha inteso semplificare il supporto e lo sviluppo dei propri sistemi operativi unificando le due linee di prodotti in un unico sistema operativo, Windows XP [21] che viene commercializzato in due versioni, Home e Professional, con alcune differenze nella tipologia dei servizi supportati. Nel corso del 2008 dovrebbe essere completata la distribuzione della nuova versione Vista.

Da notare che con la comparsa sul mercato del primo PC/AT IBM con processore 80286, che per la prima volta in un personal computer forniva il supporto alla modalità protetta per il sistema operativo, IBM e Microsoft collaborarono per un certo periodo per la realiz-

¹ Per superare i limiti imposti da 8086 furono introdotte funzioni software come i gestori di memoria EMS e XMS, e i cosiddetti DOS extender che gestivano il funzionamento a 32 bit in modalità protetta, che MS-DOS non poteva supportare: ma in ogni caso la gestione del file system e la risposta agli *interrupt* restavano comunque in mano a MS-DOS e soffrivano dei suoi limiti

² La sigla "NT" non ha un significato ufficiale, tuttavia viene comunemente interpretata come le iniziali di "New Technology"

zazione di un nuovo sistema operativo che potesse sfruttare la potenza dei nuovi processori. Il tentativo di collaborazione fallì e mentre Microsoft realizzava il sistema NT, IBM intraprese un progetto che doveva portare alla realizzazione del sistema operativo OS/2 [2] con le stesse caratteristiche di multiprogrammazione e multiutenza di NT. OS/2 conobbe negli anni 90 una certa diffusione, ma lentamente venne abbandonato da IBM.

Come si è detto precedentemente, quando Microsoft decise di costruire il successore di MS-DOS fu fortemente influenzata dal successo di un altro personal computer, il Macintosh, che utilizzava un'interfaccia grafica. Questo tipo di interfaccia si diffuse molto rapidamente solo quando Steve Jobs, in seguito ad una visita ai laboratori dello Xerox Parc, decise di adottarla nei suoi calcolatori Apple. Il primo tentativo di Jobs fu Lisa che si rivelò troppo costoso e fallì commercialmente. Il secondo fu Macintosh, il cui progetto iniziò nel 1979 [9], che ebbe invece un grande successo, non solo perché più economico di Lisa, ma grazie alla sua facilità d'uso. La sua interfaccia grafica usava per la prima volta metafore facili da comprendere, quali il *cestino*, la *scrivania*, le *finestre*, gli *appunti* ecc. aprendo l'uso del computer anche a persone che non conoscevano nulla di calcolatori. Per questo motivo il Macintosh è divenuto una pietra miliare nello sviluppo dell'industria del computer. Inizialmente Macintosh utilizzò il microprocessore Motorola 68000, successivamente, a seguito di un accordo con IBM e Motorola, fu adottata una nuova serie di CPU RISC, detta PowerPC. Recentemente è avvenuto il passaggio ai nuovi processori Intel.

Per quanto riguarda il sistema operativo, la prima versione MAC OS non presentava caratteristiche particolari rispetto agli altri semplici sistemi operativi dell'epoca tranne quella di supportare l'interfaccia grafica. Era scritto per la maggior parte in assembler 68000 (una parte anche in Pascal) e fu gradualmente convertito in codice PowerPC.

Analogamente a quanto successo per Microsoft con il passaggio al sistema operativo NT, anche Apple decise di sostituire MAC OS con un sistema operativo completamente nuovo. La soluzione finale fu quella di integrare il sistema operativo OpenStep della NeXT, una

società fondata da Steve Jobs dopo la sua uscita da Apple, basato su kernel Mach con codice BSD Unix integrato, con la parte di gestione dell'interfaccia grafica del Mac OS. Il nuovo sistema fu chiamato Mac OS X [19] ed è quello attualmente utilizzato.

Inizialmente il successo del Mac fu frenato dal suo limitato parco software. Nel 1985 la combinazione del Mac con la sua GUI, di Adobe PageMaker e della nuova stampante laser di Apple diedero vita ad una soluzione a basso costo per l'editoria e la grafica pubblicitaria, un'attività che sarebbe diventata famosa con il nome di Desktop Publishing (DTP). L'interesse per il Mac esplose, tanto che costituisce a tutt'oggi un diffuso standard presso le tipografie, gli studi di grafica e le aziende editoriali.

L'altro sistema operativo che contende a Windows e a MAC OS il mondo dei personal è Unix, compresi i suoi derivati, incluso Linux. Quest'ultimo, in particolare, ha acquisito un notevole successo tenendo anche conto che è un sistema open source. Sebbene molti utenti dei sistemi Unix-like siano abituati ad usare un'interfaccia a comandi, tutti i sistemi Unix oggi forniscono anche un'interfaccia grafica chiamata X Windows, realizzata al MIT nel 1984, che permette di gestire finestre tramite mouse. Spesso è poi disponibile Motif, che gira sopra X Windows, e che costituisce una completa GUI simile alle interfacce di Windows e di MAC OS.

Olivetti M20 e M24

Una linea di personal computer fu sviluppata da Olivetti negli anni '80, prima con il sistema M20 e successivamente con il sistema M24.

Il sistema M20 fu sviluppato da Olivetti nell'*Advanced Research Center* di Cupertino e presentato al pubblico nel 1982. Studiata per attirare i potenziali acquirenti del PC IBM risultava incompatibile con quest'ultimo a causa del sistema operativo, il PCOS, interamente sviluppato da Olivetti, e dalla scelta di un microprocessore non troppo diffuso, lo Zilog 2001. La non compatibilità di PCOS con MS-DOS, limitò la diffusione del M20 per l'impossibilità di utilizzare il software che in quantità sempre maggiore e a livello mondiale veniva sviluppato per il sistema operativo della Microsoft. Olivetti sviluppò allora un nuovo sistema, M24, che adottava MS-DOS. L'hardware si basava su un processore Intel 8086 (8 MHz e 16 bit), più potente del 8088 del PC IBM, in grado di contenere oltre al disk-drive, anche un hard-disk Winchester da 5 Mbit e con una grafica migliorata rispetto al predecessore. Il sistema ebbe un notevole successo. Di fondamentale importanza per la sua diffusione si rivelò l'accordo firmato dalla Olivetti con AT&T, il colosso americano delle telecomunicazioni: in seguito a quel accordo le vendite dell'Olivetti M-24 aumentarono in modo significativo, al punto che l'Olivetti divenne, nel 1985, uno dei maggiori produttori di personal computer a livello mondiale.

Le note vicende industriali portarono il gruppo di Ivrea gradualmente all'uscita dal settore dei personal computer e dell'informatica in generale.

2. SISTEMI REAL-TIME, EMBEDDED, MULTIMEDIALI

La possibilità di usare il calcolatore digitale nel risolvere problemi di controllo di apparecchiature o di processi industriali si è dimostrata, fin dalle origini, come una valida alternativa all'uso di calcolatori analogici o comunque di circuiti sviluppati ad hoc per ciascuna applicazione. Ciò ha favorito lo sviluppo di una terza tipologia di sistemi operativi: i *sistemi in tempo reale*, diversi sia dai sistemi batch che dai sistemi time-sharing. In questo tipo di applicazioni il calcolatore è dedicato a controllare il corretto funzionamento di un sistema fisico (*ambiente operativo*) che può essere costituito da un impianto industriale, da una centrale elettrica o di telecomunicazioni, da una centralina per il controllo motore di un'auto, da un robot o comunque da un'apparecchiatura di cui sia necessario mantenere sotto controllo le grandezze fisiche che la caratterizzano. Il sistema di calcolo, mediante opportuni sensori, legge periodicamente il valore delle grandezze fisiche da controllare (pressioni, portate, temperature ecc.). Una volta letto il valore di una grandezza, esegue un programma che verifica se tale valore rientra nell'ambito dei valori corretti oppure se si verifica uno scostamento rispetto a questi. In quest'ultimo caso, il sistema di calcolo retroagisce sull'ambiente operativo mediante opportuni attuatori cercando di riportare la grandezza in questione nel range dei valori corretti.

Ciò che caratterizza il comportamento di un sistema in tempo reale è il fatto che l'esecuzione di ogni programma di controllo deve terminare entro un ben definito intervallo temporale imposto dall'applicazione (*deadline*). L'obiettivo fondamentale di questi sistemi operativi non è, quindi, quello di massimizzare l'efficienza di uso delle risorse, come nei sistemi batch, o quello di minimizzare i tempi di risposta, come nei sistemi time sharing, ma quello di garantire, a priori, che le esecuzioni di tutti i programmi di controllo siano completate entro le rispettive deadline. In altri termini, la validità dei risultati prodotti da un programma applicativo dipende, non solo dalla correttezza del programma, ma anche dall'intervallo temporale entro il quale i risultati sono prodotti. In questo senso la parola **tempo**, entra nel nome di questo tipo di sistemi ope-

rativi. L'aggettivo **reale** denota poi il fatto che la risposta del sistema agli eventi che si verificano nell'ambiente operativo deve avvenire durante l'evolversi degli eventi stessi.

Come indicato precedentemente, l'esigenza di avere a disposizione questo tipo di sistemi è nata con i calcolatori stessi, alimentata soprattutto da ricerche in campo militare, e l'evoluzione dei relativi sistemi operativi è avvenuta parallelamente a quella delle altre tipologie di sistemi.

Il primo calcolatore che, in assoluto, è stato sviluppato per essere utilizzato in applicazioni in tempo reale è il Whirlwind [3], sviluppato da Jay Forrester presso il laboratorio di servomeccanismi del MIT a partire dal 1946, divenuto operativo nel 1949. L'idea di sviluppare quel progetto nasce durante la Seconda Guerra Mondiale quando la U.S. Navy contattò il MIT per esplorare la possibilità di realizzare un simulatore di volo come dispositivo di addestramento dei piloti. Il progetto, noto come *Project Whirlwind*, prevedeva un sistema collegato ad una consolle che aggiornasse in tempo reale i parametri della consolle seguendo un modello fisico dell'aerodinamica del velivolo. L'esigenza di poter modificare il modello fisico da simulare favorì, in seguito, l'idea di progettare un dispositivo programmabile e quindi di sviluppare un calcolatore elettronico per il progetto Whirlwind. In quel periodo storico i calcolatori, come abbiamo visto, funzionavano soltanto in modalità batch, mentre il sistema Whirlwind doveva adattarsi alle manovre del pilota da addestrare rispondendo quindi in tempo reale alle variazioni dei segnali di input. Il tipico comportamento di un sistema batch avrebbe perciò limitato fortemente le funzionalità del simulatore.

Il progetto del calcolatore durò tre anni con un budget di un milione di dollari (dell'epoca) all'anno. Il risultato fu un calcolatore che conteneva 12.500 valvole termoioniche e fu il primo calcolatore a fornire grafici e testi in tempo reale su un display (in pratica un oscilloscopio). Fu il primo ad utilizzare i nuclei magnetici come componenti elementari della memoria centrale (componenti che saranno impiegati in maniera massiccia solo negli anni 60). Fu anche il primo calcolatore ad utilizzare una ROM implementata come una matrice a diodi che influenzò, successivamente, l'introduzione della microprogrammazione da parte di M. Wilkes. Grazie

anche a queste innovazioni, Whirlwind diventò il calcolatore più veloce dell'epoca. Successivamente, iniziò il progetto di un calcolatore ancora più veloce: il Whirlwind II, ma a causa dell'enorme quantità di risorse necessarie, il MIT decise di non andare oltre al progetto.

Nel 1953, l'aeronautica militare americana decise di finanziare l'ambizioso progetto di un sistema di comando e controllo per la difesa aerea degli Stati Uniti: il progetto SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*) [5] col compito di realizzare un sistema di calcolatori destinati a ricevere, mediante linee telefoniche, le informazioni provenienti da una serie di stazioni radar, elaborarle ed automatizzare l'invio di informazioni per comandare i mezzi aerei destinati ad intercettare eventuali attacchi.

Il solo calcolatore che fu ritenuto valido e sufficientemente veloce come punto di partenza per tale progetto fu il Whirlwind e fu proprio dal progetto del Whirlwind II che iniziò, presso i Lincoln Laboratories del MIT (da cui sarebbe successivamente nata come spin-off la Mitre Corporation) lo sviluppo di quello che è unanimemente riconosciuto come il più complesso, costoso e innovativo progetto informatico di tutti i tempi. Il calcolatore, la cui parte hardware fu sviluppata da IBM, fu chiamato con la sigla A/NFSQ-7 ma sostanzialmente coincideva col Whirlwind II. Il sistema fu pienamente funzionante solo dieci anni dopo l'inizio del progetto e rimase in funzione fino ai primi anni 80. Le innovazioni che furono introdotte nel progetto e che ebbero notevoli influenze nello sviluppo di sistemi successivi, furono numerose; contribuì ad introdurre il concetto di sistema on-line, di interattività, di multitasking, l'uso di linee telefoniche per la comunicazione di dati usando modem, l'uso della penna ottica che successivamente avrà influenza nello sviluppo del mouse. Ogni calcolatore A/NFSQ-7 consumava circa 3 MW di potenza, aveva circa 60.000 valvole termoioniche e impiegava più di 100 persone operative. Il programma di controllo era costituito da più di 500.000 linee di codice tutte scritte in assembler. L'intero progetto si stima sia costato dagli 8 ai 12 miliardi di dollari del 1964, molto di più dello stesso progetto Manhattan che sviluppò la prima bomba atomica.

In seguito, l'uso di calcolatori per applicazioni real-time, ebbe un notevole impulso sfruttando anche l'introduzione della multiprogrammazio-

ne. Sono stati citati precedentemente alcuni esempi come i sistemi operativi RT-11 e RSX-11 della Digital. Ciò che allora caratterizzava un sistema di elaborazione come sistema real-time era legato fondamentalmente alla velocità di esecuzione, e soprattutto alla velocità con cui la CPU rispondeva ai segnali di interruzione, alla possibilità di collegare vari dispositivi di I/O tramite convertitori analogico/digitale (A/D) e digitale/analogico (D/A), al supporto di un real-time clock per la generazione di un riferimento temporale interno e alla schedulazione dei processi applicativi tramite priorità assegnate agli stessi dal progettista dell'applicazione.

Successivamente, anche a causa del fatto che l'affidabilità dei sistemi dedicati ad applicazioni critiche real-time non risultava sempre adeguata, si sviluppò, soprattutto in ambito accademico, una notevole attività di ricerca con l'ottica di comprendere a fondo le peculiarità di questi sistemi. La semplice gestione dei processi applicativi su base prioritaria si dimostrò non ottimale non essendo facile trasformare un insieme di vincoli temporali in un insieme di priorità. Iniziò, quindi, uno studio approfondito sugli algoritmi di schedulazione più adatti a questa categoria di sistemi operativi [10]. Inoltre, fu chiarito che la principale caratteristica di un sistema real-time non doveva essere tanto la velocità di esecuzione quanto la prevedibilità in modo tale che, già in fase di progetto, fosse possibile garantire che ogni processo applicativo potesse rispettare la propria deadline in qualunque condizione di carico del sistema [14]. Da questo punto di vista, furono identificate due categorie di sistemi real-time. Alcuni, noti come sistemi "*hard real-time*", sono quelli dedicati ad applicazioni di controllo critiche, nel senso che la violazione di anche una sola deadline può compromettere il corretto funzionamento del sistema controllato, con conseguenze che possono essere anche catastrofiche per tale sistema. Si pensi ad esempio ai sistemi che controllano l'assetto di volo di un aereo. Altri sistemi, noti col nome di "*soft real-time*", hanno esigenze meno stringenti. In questi casi, la violazione di una deadline non compromette il corretto funzionamento dell'ambiente operativo ma ne riduce le prestazioni.

A partire dai primi anni '80 cominciarono ad uscire i primi sistemi operativi specificamente concepiti per applicazioni real-time. Questi

I Sistemi operativi "Embedded"

Dal punto di vista architetturale i sistemi embedded sono spesso caratterizzati dalla necessità di utilizzare dispositivi hardware dedicati quali sensori, attuatori, convertitori analogico/digitale e digitale/analogico e altri dispositivi necessari per far interagire il sistema con l'ambiente nel quale il sistema stesso è immerso. Dal punto di vista software c'è da notare che l'utente ha raramente accesso alla programmazione del sistema che è, viceversa, compito peculiare del progettista. I programmi applicativi devono soddisfare requisiti di tipo temporale (per esempio le deadline dei singoli processi applicativi), di dimensione (spesso i dispositivi hardware disponibili per questi sistemi hanno limitate funzionalità per cui è richiesta una ristretta occupazione di memoria sia in termini di codice che di dati). Più in generale sono proprietà tipiche dei sistemi embedded la limitazione di consumo (per garantire la massima autonomia nei numerosi casi in cui il sistema è alimentato a batteria, oltre alla necessità di minimizzare la dissipazione di calore tenendo conto che, spesso, tali sistemi sono inseriti in ambienti dove è scarsa la capacità di disperdere il calore prodotto), l'elevata affidabilità (legati alla necessità di garantire in certe applicazioni critiche un ben determinato valore del "MTTF" - *Mean-Time-To-Failure*), le prestazioni (se da un lato migliori prestazioni facilitano il rispetto dei requisiti temporali, dall'altro comportano consumi e costi più elevati) ed il costo (ciò è particolarmente vero in tutti quei casi in cui il sistema è prodotto in larga scala). Come è facilmente intuibile, non sempre è possibile garantire il rispetto di tutti questi requisiti contemporaneamente.

I primi esemplari di sistemi *embedded* sono usciti già verso la fine degli anni '50. Successivamente, il loro sviluppo ha avuto un notevole impulso negli anni '70 con la tecnologia VLSI (*Very Large Scale Integration*) che ha reso possibile l'integrazione di un'intera CPU su di un singolo chip. Oggi la loro diffusione è talmente ampia da includere praticamente qualunque settore applicativo: dai telefoni cellulari, agli elettrodomestici, dalle centraline per autoveicoli ai sistemi biomedicali, dalle macchine per ufficio alle videocamere, dalle macchine utensili ai sistemi avionici e a numerose altre applicazioni che sarebbe impossibile elencare in maniera esaustiva.

possono essere grossolanamente classificati in due categorie, da un lato sistemi progettati ex novo per questo tipo di applicazioni, dall'altro sistemi che risultano estensioni real-time di sistemi operativi di tipo time-sharing.

Uno dei sistemi più diffusi appartenenti alla prima categoria è VXWorks [25], la cui prima versione fu prodotta dalla società Wind River nel 1980, un sistema Unix-like per applicazioni real-time che è stato successivamente adattato anche per sistemi embedded (vedi di seguito).

Citiamo, di seguito e senza voler essere esaustivi, altri sistemi operativi di questa categoria, sviluppati sempre a partire dai primi anni '80:

□ VRTX (*Versatile Real-Time Executive*) realizzato da James Ready and Colin Hunter fondatori della Hunter & Ready, oggi distribuito da Mentor Graphics [20] e che ha notevolmente influenzato lo sviluppo dello stesso VXWorks;

□ ChorusOs, un sistema con architettura a microkernel realizzato in Francia alla INRIA nel 1980 [23];

□ QNX Neutrino, anch'esso con architettura a microkernel, sviluppato nel 1982 e disponibile anche per architetture multielaboratore [4].

Alla seconda categoria appartengono molte estensioni real-time di sistemi operativi commerciali time-sharing. Fra queste, le più note sono le estensioni di Unix, Mach e Linux. Ciascuna di queste rappresenta, in realtà, non un singolo sistema operativo ma bensì un insieme di diverse estensioni dello stesso sistema base. Molte sono per esempio le versioni real-time di Unix a partire da RTU (*Real-Time Unix*), una delle prime implementazioni realizzata dalla società Massachusetts Computer Corporation nei primi anni '80. Analogamente, molte elevate è il numero delle iniziative che hanno come scopo la realizzazione di un sistema real-time a partire dal kernel di Linux.

Una categoria di sistemi operativi real-time che ha avuto un notevole sviluppo, soprattutto negli ultimi tempi a causa della loro ampia diffusione, è costituita dai sistemi operativi *embedded* (vedi riquadro) Con tale termine viene indicato ogni sistema di elaborazione che, a differenza di un sistema *general purpose*, è dedicato a svolgere uno specifico compito. Il termine *embedded* sta ad identificare che il sistema informatico è incorporato all'interno di un sistema più ampio, spesso col compito di svolgere funzioni di controllo. La caratteristica più saliente di questo tipo di sistemi è quindi quella di essere concepiti e realizzati per eseguire una sola applicazione (o un insieme limitato di applicazioni). I programmi applicativi quindi non cambiano durante la vita del sistema anche se, in certi casi, è necessario prevedere una loro evoluzione nel tempo. Nella maggior parte dei casi le applicazioni, come indicato precedentemente, sono relative al controllo di apparecchiature e sistemi di più ampie dimensioni. In questo senso i sistemi embedded appartengono alla più ampia categoria dei sistemi in tempo reale.

I sistemi embedded sono oggi presenti in una quantità enorme di applicazioni e il loro numero è sicuramente superiore di almeno un ordine di grandezza rispetto ai tradizionali personal computer.

Tenendo conto dei vincoli imposti dalle limitate risorse fisiche disponibili per queste tipologie di applicazioni, l'uso di un sistema operativo "general purpose", o anche di uno specifico si-

stema real-time, è spesso improponibile sia per le dimensioni di tali sistemi, eccessive rispetto alle risorse fisiche a disposizione, sia per l'assenza di specifiche funzionalità tipiche di molte applicazioni, come per esempio quelle legate alla elaborazione di segnali.

Per questo motivo, e a causa di una sempre maggiore diffusione dei sistemi embedded, negli ultimi tempi si è avuta un'ampia proliferazione di sistemi operativi dedicati a questo tipo di applicazioni che, con riferimento ai criteri seguiti nella loro realizzazione, possono essere classificati in due categorie. Alla prima, nota col termine di "high-end embedded operating systems" appartengono tutti quei sistemi che sono derivati da sistemi operativi general purpose da cui vengono eliminate tutte quelle componenti che risultano superflue, o comunque non necessarie per le applicazioni embedded (down-size), avvalendosi anche di strumenti sviluppati proprio con l'obiettivo di soddisfare i requisiti tipici dei sistemi embedded e destinati a rimpiazzare i più esigenti strumenti standard. Per esempio, tenendo conto dell'ampia diffusione di Linux, sono state realizzate molte versioni di Linux embedded. Analogamente esistono versioni embedded di Windows (Windows CE [17]).

All'altra categoria, nota come "deeply embedded operating systems", appartengono quei sistemi operativi, generalmente di dimensioni molto più limitate, realizzati ad hoc per particolari tipologie di applicazioni embedded. Come esempi citiamo Palm-OS (un sistema operativo sviluppato nel 1996 per computer palmari e smartphones da PalmSource Inc [22]), Symbian (un sistema operativo sviluppato a partire dal 1988 e concepito, in particolare, per il supporto di applicazioni per dispositivi mobili, tipicamente telefoni cellulari [24]), OSEK/VDX (uno standard per i sistemi software embedded relativi alle applicazioni dedicate alle centraline di controllo per autovetture [18]).

Nella più ampia categoria dei sistemi in tempo reale possiamo far rientrare anche quei sistemi dedicati ad applicazioni multimediali. Queste ultime sono caratterizzate da esigenze particolari: i file multimediali possono avere dimensioni ragguardevoli (un file video MPEG-1 di 100 min occupa circa 1,125 GB di memoria), richiedere una significativa larghezza di banda (dell'ordine delle centinaia

di megabyte), il mantenimento di una velocità costante durante la trasmissione (almeno nel caso dello streaming in tempo reale).

Le applicazioni multimediali richiedono livelli di servizio, in genere, diversi rispetto a quelli delle applicazioni tradizionali. Particolarmente importanti sono i requisiti di tempo e di frequenza dato che la riproduzione di dati audio e video impone la trasmissione degli stessi con una cadenza precisa e a una determinata frequenza. Nel caso, ad esempio, di una riproduzione di un video MPEG-1 può essere necessaria una frequenza di 30 fotogrammi al secondo. Ciò significa che la trasmissione del fotogramma F_i successivo a F_i deve avvenire entro 3,34 centesimi di secondo.

I vincoli temporali e di sequenza vengono indicati come vincoli di qualità di servizio (QoS). In questo senso, un sistema operativo per applicazioni multimediali viene spesso caratterizzato come sistema soft real-time in quanto, se non viene rispettata una deadline più che compromettere l'integrità dell'applicazione ne viene degradato il QoS.

A differenza delle applicazioni tradizionali dove il QoS si basa su un servizio del tipo best-effort con l'ipotesi che le risorse disponibili siano in grado, anche nel peggior caso possibile, di fare fronte al carico di lavoro, le applicazioni multimediali devono fare riferimento a un livello predefinito di QoS che garantisca cioè i requisiti di frequenza e tempo richiesti.

È per raggiungere questo obiettivo che i sistemi operativi multimediali richiedono un meccanismo di scheduling dei processi di tipo real-time. Lo stesso problema si presenta anche per lo scheduling del disco. La soluzione cui in genere si ricorre si basa sull'utilizzo di due ben noti algoritmi, EDF (Earliest Deadline First) e SCAN. Il primo garantisce che vengano servite dapprima le richieste il cui tempo di scadenza è più vicino ed il secondo, raggruppando in modo opportuno le richieste più vincolanti, ottimizza il movimento della testina riducendo quindi il tempo di attesa.

3. VIRTUAL MACHINE MONITOR

Come si è visto nei paragrafi precedenti, a partire dagli anni '70 la diffusione dei moderni sistemi operativi multitasking, e contemporaneamente la riduzione del costo delle compo-

nenti hardware, ha fatto sì che i mainframe lasciassero progressivamente il posto ai mini-computer e ad un paradigma del tipo “un server per ogni applicazione”. Questa tendenza ha però portato nei primi anni del 2000 ad una proliferazione di hardware all’interno delle sale server, con tanti server sottoutilizzati, considerato il costante aumento della loro potenza di calcolo, con grossi problemi legati agli spazi fisici, al condizionamento degli ambienti, agli elevati costi di alimentazione e di gestione. Si è posto quindi il problema della riorganizzazione delle sale server per rendere più efficiente l’uso delle risorse, semplificarne la gestione e aumentare la sicurezza (*consolidamento hardware ed applicativo*).

La soluzione che si sta sempre più diffondendo, si basa su una tecnologia detta delle *macchine virtuali*, introdotta per la prima volta da IBM negli anni 60 e consistente nel virtualizzare i server, facendoli operare cioè, ciascuno con la sua applicazione e con il suo sistema operativo (macchina virtuale) su un unico calcolatore fisico (host) ed affidando ad un nuovo sistema operativo, *Virtual Machine Monitor (VMM)* o *hypervisor*, il compito di partizionare le risorse hardware della macchina host tra le varie macchine virtuali e di assicurare la loro indipendenza. Il VMM si pone come mediatore unico nelle interazioni tra le macchine virtuali e le sottostanti componenti hardware, garantendo un forte isolamento tra loro e la stabilità complessiva del sistema.

Il sistema IBM più noto, realizzato con queste tecnologie fu il VM/370 che supportava macchine virtuali dotate di diversi sistemi operativi (IBM OS/360, DOS/360). La diffusione in quegli anni di questo tipo di sistemi portò anche alla progettazione di architetture hardware appositamente pensate per una loro efficiente realizzazione. Questo tipo di sistema fu poi abbandonato in favore, come si è detto, dell’utilizzo di server a minor costo dedicati a specifiche applicazioni al punto che le nuove architetture non hanno più fornito l’hardware necessario per una loro realizzazione efficiente.

La ripresa della tecnologia delle macchine virtuali è stata resa possibile dall’utilizzo come sistemi host di moderne architetture con proprietà di scalabilità, in grado cioè di consentire il dimensionamento dinamico della potenza di elaborazione e dello spazio disco

al crescere della necessità. Inoltre sia Intel che AMD hanno recentemente introdotto modelli, Intel VT e AMD-V, dotati di supporto nativo alla virtualizzazione.

Le caratteristiche dei diversi tipi di VMM sono state descritte in un lavoro recentemente pubblicato su questa rivista [1], a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti. Si vuole qui segnalare, per concludere, che tra i vantaggi caratteristici di questi sistemi, oltre alla già citata possibilità di concentrare più server (con diversi sistemi operativi) su un’unica architettura HW per un utilizzo efficiente delle componenti hardware, va sottolineata la semplificazione delle operazioni quotidiane di presidio e gestione ordinaria poiché l’intera *Server Farm* è diventata controllabile da un’unica interfaccia – *Virtual Center* – attraverso cui è possibile accedere alle console dei server, monitorarne l’uso delle risorse, cambiarne a caldo la connettività di rete, attivare allarmi al superamento di soglie critiche, comandarne la migrazione a caldo nel caso occorra compiere manutenzioni sul sottostante hardware. È inoltre diventato semplice aggiornare le componenti hardware virtuali di una VM: si può incrementare la RAM o il numero di processori, aggiungere spazio disco o ulteriori schede di rete nello spazio di un riavvio.

Un altro vantaggio fondamentale dell’ambiente virtuale è legato alla creazione di un nuovo server: si possono infatti confezionare dei *template* di installazioni tipiche ed eseguire installazioni di nuovi server virtuali a partire da essi, con un notevole risparmio di tempo ed energie.

4. SISTEMI OPERATIVI PER ARCHITETTURE DISTRIBUITE

L’uso delle tecnologie di telecomunicazione dedicate all’interconnessione di calcolatori, iniziato negli anni ‘60, aprì una nuova linea di ricerca nell’ambito della disciplina informatica, quella delle reti di calcolatori, ricerca destinata ad avere una profonda influenza sull’evoluzione dei sistemi operativi.

Mentre lo sviluppo delle architetture dei calcolatori ha sempre avuto come obiettivo primario quello di migliorare le prestazioni di un singolo calcolatore (si pensi per esempio allo sviluppo delle architetture multielaboratore),

nel caso delle reti l'enfasi viene spostata soprattutto sulla comunicazione e sulla condivisione delle risorse di calcolo con l'obiettivo di realizzare applicazioni distribuite sui singoli nodi di una rete, sia essa una rete locale o una rete geograficamente distribuita.

Le motivazioni che sono state alla base dello sviluppo di ambienti atti a fornire il supporto per l'esecuzione di applicazioni distribuite sono molteplici:

- molte applicazioni sono naturalmente distribuite (si pensi per esempio a tutto il settore delle applicazioni bancarie);
- la possibilità di distribuire il carico computazionale di un'applicazione fra i vari nodi della rete;
- una maggiore affidabilità legata al fatto che un guasto su un singolo nodo della rete non compromette, se opportunamente gestito, l'integrità dell'intero sistema;
- un'implicita scalabilità del sistema complessivo;
- la possibilità di garantire a utenti diversi di un ambiente distribuito di condividere dati e risorse di elaborazione.

L'impatto che lo sviluppo dell'informatica distribuita ha avuto sui sistemi operativi è stato duplice: da un lato è progressivamente emersa la necessità di dotare i sistemi operativi esistenti di ulteriori componenti dedicati alla gestione delle interfacce di rete e all'implementazione dei protocolli di comunicazione con l'obiettivo di garantire le interazioni fra sistemi operativi, non necessariamente dello stesso tipo, residenti su diverse nodi di una rete; dall'altro è iniziata una nuova linea di ricerca tendente a progettare e realizzare una nuova tipologia di sistemi operativi specificamente concepiti per essere utilizzati sui calcolatori di una rete, in particolare una rete locale, con l'obiettivo di far vedere ai singoli utenti di ciascun nodo della rete un unico e coerente sistema di elaborazione.

I sistemi operativi che sono stati sviluppati secondo la prima delle due precedenti linee sono noti come *Network Operating Systems* (NOS) [16]. In questo caso, ogni utente opera su nodo della rete dotato di un proprio sistema operativo autosufficiente ma capace di comunicare con gli altri sistemi, anche se eterogenei, della rete. Ciò significa, per esempio, che da un nodo è possibile effettuare il login remoto su un diverso nodo della rete e, successivamente,

eseguire comandi su un'altra macchina. Oppure ancora, copiare file da una macchina all'altra. Ciò che caratterizza questi sistemi è però il fatto che un utente ha sempre una chiara visione della rete e la conoscenza di dove si trovino le risorse di cui ha bisogno.

Un passo ulteriore verso una più spinta integrazione è rappresentato dalla realizzazione di file system distribuiti. In questi casi il file system viene gestito da uno o più nodi della rete (*File Server*) che accettano richieste provenienti da programmi residenti su altri nodi (*Client*). Un utente residente su una macchina client può accedere a file remoti come se fossero locali una volta che lo stesso abbia integrato la parte di file system remoto di suo interesse all'interno della gerarchia delle directory relativa al proprio sistema. Il *Network File System* (NFS) della Sun rappresenta un esempio di questa tipologia di sistemi [12].

I sistemi operativi sviluppati secondo l'altra linea sono noti come *Distributed Operating Systems* (DOS) [16]. In questo caso, su tutti i nodi della rete viene montata la stessa copia del sistema operativo che, come detto prima, ha il compito di presentare ad ogni utente un unico sistema di elaborazione, nascondendogli il fatto che alcune risorse sono locali al nodo su cui risiede, altre remote. Ogni utente accede, cioè, alle risorse del sistema complessivo nello stesso modo, indipendentemente dalla locazione fisica delle stesse. Amoeba rappresenta uno dei primi esempi di questo tipo di sistemi [11].

5. CONCLUSIONI

Lo scopo di questo articolo è stato quello di ripercorrere l'evoluzione storica dei sistemi operativi, analizzando le motivazioni che sono state alla base della loro introduzione e del loro sviluppo. È stata esaminata l'evoluzione dei sistemi a partire dai primi sistemi batch fino alle attuali realizzazioni nei diversi ambiti applicativi, cercando di mettere in evidenza anche come l'inserimento di nuove funzioni e le loro scelte di progetto abbiano fortemente risentito dei progressi di altre branche dell'intera disciplina informatica e al tempo stesso ne abbiano a loro volta influenzato l'evoluzione.

Nella prima parte del lavoro si sono ripercorse le tappe fondamentali che, partendo dai primi sistemi negli anni 50, hanno portato al-

la realizzazione, negli anni ottanta/novanta, degli attuali sistemi operativi multithreading che trovano in Unix, Linux e NT le più note e più utilizzate realizzazioni.

Nella seconda parte si è analizzato il mondo dei sistemi operativi sviluppati a partire dagli anni '80 per i personal computer, per i sistemi real-time e per le applicazioni embedded, chiudendo con un breve accenno ai sistemi operativi per macchine virtuali e ai sistemi operativi distribuiti.

Si può accennare, per concludere, come recentemente, nell'ambito della nuova tecnologia web 2.0 [26], si siano diffuse applicazioni che consentono di accedere in remoto dal proprio browser ad ambienti che simulano le funzionalità presenti sul desktop di un normale PC e consentono di condividere e contribuire ad incrementare informazioni che possono essere accedute da una comunità di utenti. Per rappresentare queste applicazioni viene talvolta usato il termine di sistemi operativi web (*webOS*), anche se la denominazione appare impropria e sostituibile con quella più corretta di *webdesktop*. Come esempi di applicazioni di questo tipo, oltre a quelle realizzate nel mondo da Google, si possono ricordare *Desktoptwo* [27], *EyeOS* [28], *YouOS* [29].

Bibliografia

- [1] Boari M., Balboni S.: Tecniche di Virtualizzazione: Teoria e Pratica. *Mondo Digitale*, n. 1, Marzo 2007.
- [2] Deitel H.M., Kogan M.S.: *The Design of OS/2*. Addison Wesley, 1992.
- [3] Everett R.R., Swain, F.E.: *Whirlwind I Computer Block Diagrams*. Report R-127, MIT Servomechanisms Laboratory, 1947. 1
- [4] Hildebrand D.: *An Architectural Overview of QNX*. Proceedings of the Workshop on Microkernels and Other Kernel Architectures, 1992.
- [5] Jacobs J.F.: *The SAGE Air Defense System: A Personal History*. MITRE Corporation, 1986.
- [6] Kay A.: *A Personal Computer for Children of All Ages*. Proceedings of the ACM National Conference, August 1972, Boston.
- [7] Ken W. C., Barry A. F., Shon O. S.: *MS-DOS 4.0*. Tecniche Nuove, Milano, 1989.
- [8] Kildall G.: *CP/M: A Family of 8-and 16-bit Operating Systems*. Byte, June 1981.
- [9] Lammers, ed.: *Programmers at Work*. Redmond, WA: Microsoft Press, 1986.

- [10] Liu C.L., Leyland J.W.: Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real-Time Environment. *Journal of ACM*, Vol. 26, n. 1, 1973.
- [11] Mullender S.J., Van Rossum G., Tanenbaum A.S., Van Renesse R., Van Staveren H.: *Ameba: a Distributed Operatine System for the 1990s*. IEEE Computer, Vol. 23, n. 5, MAY 1990.
- [12] Sandberg R.: *The Sun Network File System: Design, Implementatiklm and Experience*. Sun Microsystems, Mountain View, CA, 1987.
- [13] Solomon D.: *The Windows NT kernel Architecture*. IEEE Computer, October 1998.
- [14] Stankovic J.A.: *Misconceptions About Real-Time Computing: A serious Problem for Next-Generation Systems*. IEEE Computer, October 1988.
- [15] Thacker C.P., McCreight E.M., Lampson B.W., Sproull R.F., Boggs D.R.: *Alto: A Personal Computer*. Tch. Rep. CSL-79-11, Palo Alto CA: Xerox Palo Alto Research Center, August 1979.
- [16] Tanenbaum A.S.: *Distributed systems: principles and paradigms*. Prentice-Hall, 2002.
- [17] <http://msdn2.microsoft.com/en-us/embedded/aa731407.aspx>
- [18] <http://portal.osek-vdx.org>
- [19] <http://www.kernelthread.com/mac/osx/>
- [20] <http://www.mentor.com/>
- [21] <http://www.microsoft.com/windows/products/windowsxp/default.mspx>.
- [22] <http://www.palm.com/us/>
- [23] <http://www.sun.com/chorusos/>
- [24] <http://www.symbian.com/>
- [25] <http://www.windriver.com/>
- [26] <http://www.oreillynet.com>
- [27] <https://desktoptwo.com>
- [28] <http://eyeos.com>
- [29] <http://www.youos.com>

PAOLO ANCILOTTI è professore ordinario di Sistemi Operativi presso la Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa di cui è stato Direttore. È autore di numerosi articoli scientifici ed alcuni libri. Ha interessi di ricerca nel settore dei sistemi operativi, dei sistemi real-time e della programmazione concorrente.
E-mail: p.ancilotti@sssup.it

MAURELIO BOARI è professore ordinario di calcolatori elettronici presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna. È autore di numerosi articoli scientifici ed alcuni libri. Ha interessi di ricerca nel settore dei sistemi distribuiti, linguaggi di programmazione e sistemi operativi. È attualmente delegato del Rettore per l'informatica e le reti di Ateneo.
E-mail: maurelio.boari@unibo.it

ADA BYRON E LA MACCHINA ANALITICA

Ada Augusta Byron, contessa di Lovelace, visse solo 37 anni, ma ebbe una parte notevole nello sviluppo ideale dell'informatica, anticipando il concetto di macchina programmata. Elaborando le idee di Charles Babbage, Ada intuì le straordinarie potenzialità della Macchina Analitica da lui progettata, che non era un semplice strumento per eseguire calcoli numerici, bensì una macchina simbolica suscettibile di svariate applicazioni. Nel 1979, 127 anni dopo la sua morte, il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti diede il nome di ADA ad un linguaggio di programmazione agevole ed efficiente.

1. INTRODUZIONE

Alcuni anni fa, dopo un lungo periodo, il nome di Ada Augusta Byron (Londra, 1815-1852) è uscito dall'oblio, riproponendoci la storia di una donna piena di talento e di inquietudini, che anticipò di oltre un secolo alcune delle idee portanti dell'informatica moderna. Figlia del poeta George Byron e di Anne Isabella (Annabella) Milbanke, Ada non conobbe il padre, che lasciò per sempre la famiglia e poi l'Inghilterra quando la bambina aveva pochi mesi. La madre, donna severa, ossessionata dall'ordine e dalla disciplina, spinse Ada a studiare la matematica, anche per allontanarla dal retaggio poetico del padre, che Annabella detestava, ma per il quale Ada provò sempre grande ammirazione e affetto. Nel 1833, all'età di diciotto anni (Figura 1), Ada incontrò l'ingegnere e matematico Charles Babbage, eccentrico e geniale inventore che aveva poco prima ideato un'ambiziosa macchina calcolatrice, la Macchina Analitica. Ada si appassionò alle prospettive del calcolo automatico e dieci anni dopo, nel 1843, tradusse dal francese all'inglese il testo che

l'anno prima il matematico torinese Luigi Federico Menabrea aveva dedicato alla macchi-

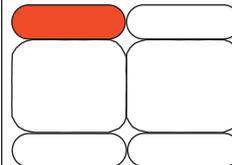


FIGURA 1

Ada Byron è qui ritratta nell'abito con cui, al compimento dei diciott'anni, fece il suo debutto in società. (Opera di A. E. Châlon, 1833)



**Giuseppe O. Longo
Corrado Bonfanti**





na di Babbage. Ada non si limitò a tradurre l'opuscolo, ma vi aggiunse un ampio corredo di note e commenti originali, che rivelano la sua capacità di penetrare a fondo nelle idee di Babbage e di concepire per la macchina un campo applicativo vastissimo.

Ella intuì che non si trattava solo di una macchina per far di conto, bensì di un dispositivo capace di elaborare simboli. Alla luce di quanto è accaduto in seguito, si può dire che questa intuizione rappresenta il primo nucleo dell'informatica moderna e, secondo alcuni, addirittura dell'intelligenza artificiale. Le note di Ada al testo di Menabrea chiariscono concetti a quel tempo esoterici; concetti che molto più tardi – con l'avvento del moderno elaboratore elettronico – assunsero una rilevanza cruciale nel passaggio dall'astrazione alla pratica delle macchine programmate. "In anticipo sui tempi": frase che, per quanto trita e talvolta abusata, si attaglia perfettamente alla figura di Ada e, a maggior ragione, al suo ispiratore Charles Babbage.

2. UN APPRENDISTATO MATEMATICO

La madre di Ada, Annabella Milbanke, cui dopo la separazione da Byron fu affidata la custodia della figlia, fece di tutto per alleviarla lontano dalla nefasta influenza della poesia, che considerava matrice di disordine e di immoralità. La matematica poteva essere un buon deterrente e un utile strumento di rigore mentale: dunque fu allo studio di questa disciplina, di cui Annabella possedeva alcune nozioni, che Ada fu avviata. Se la severità con cui la madre sovrintendeva all'opera educativa fece compiere alla giovane molti progressi in matematica – ma anche nella musica e nelle lingue straniere – la continua pressione ne compromise la salute, già minata da una lunga malattia infantile.

Per istruire Ada si avvicendarono in casa Byron molti istituti privati. Tra questi si deve

menzionare Mary Somerville, che divenne ben presto amica della giovane e suo modello ideale¹. Mary incitava la sua allieva a studiare matematica, ma anche a coltivare le relazioni umane e fu lei a presentarle lord William King, che nel 1835 sarebbe diventato il marito di Ada. Fu ancora nel salotto di Mary che nel 1833 Ada incontrò Charles Babbage e udì per la prima volta le sue idee sulle macchine da calcolo, che la colpirono per la loro originalità e universalità.

Dopo il matrimonio, nel giro di quattro anni Ada ebbe tre figli e nel 1838, quando il marito ricevette il titolo di conte di Lovelace, ella divenne contessa. L'intenso impegno familiare di moglie e di madre, gli inderogabili obblighi mondani connessi con la sua elevata posizione, le fatiche dello studio, che non voleva interrompere anche per l'intransigenza di Annabella, l'uso delle droghe che assumeva per alleviare le sofferenze fisiche e infine la divorante passione per il mesmerismo e per il gioco d'azzardo compromisero definitivamente la sua debole fibra². Nel 1852, all'età di 37 anni, Ada morì di cancro fra atroci dolori.

3. LE NOTE DI ADA A MENABREA

Come si è detto, nel 1843 Ada tradusse e annotò ampiamente l'opuscolo di Menabrea. Considerato che la fama di Ada si fonda per intero su un'unica opera data alle stampe – le "note", per l'appunto – non è fuori luogo ricordare che esse si estendono su ben cinquantadue pagine mentre lo scritto di Menabrea ne comprende soltanto venti. E l'autrice, con una punta di legittimo orgoglio, suggella ciascuna nota con la sigla A.A.L.

Le note sono sette e sono contrassegnate con le lettere dalla A alla G. Lungi dal costituire una serie di annotazioni frammentarie, il loro insieme ha il respiro di un saggio autonomo, organico e compiuto. Babbage riconobbe l'importanza di queste note, che offrivano un'ampia illustrazione delle potenzialità del-

¹ Mary Fairfax-Somerville (1780-1872) fu una delle personalità più rappresentative della cosiddetta "scienza al femminile" dell'Ottocento. Il più importante dei suoi contributi alla fisica fu la traduzione dal francese in inglese dell'imponente trattato di Laplace sulla meccanica celeste.

² Stando alla sua biografia Dorothy Stein, le scommesse sulle corse dei cavalli furono il più deleterio tra gli azzardi cui Ada si dedicò senza alcuna fortuna. Per coprire le perdite fece spesso ricorso alla madre e, rischiando lo scandalo, giunse a dare in pegno i gioielli provenienti dal patrimonio della famiglia King.

la Macchina Analitica. Nella sua autobiografia, intitolata *Passages from the Life of a Philosopher*, egli ricorda: “Qualche tempo dopo [la comparsa dell’opuscolo di Menabrea] la contessa di Lovelace m’informò di aver tradotto la monografia di Menabrea. Le domandai perché non avesse scritto lei stessa un saggio su un tema che conosceva così bene e mi rispose che non le era venuto in mente di poterlo fare. Le suggerii allora di corredare di note il testo di Menabrea, idea che ella accettò subito. [...] L’autrice è penetrata appieno in quasi tutte le questioni relative all’argomento. I due lavori insieme offrono a quanti sono in grado di afferrare il ragionamento una dimostrazione completa del fatto che ora tutti gli sviluppi e le operazioni analitiche possono essere eseguiti a macchina”.

Le righe che seguono non possono che essere un sunto molto sommario di quelle note, ma chi s’intende anche solo un po’ d’informatica potrà apprezzarne la profondità e lungimiranza. Fin dall’inizio Ada sottolinea che mentre la prima macchina progettata da Babbage, la *Macchina alle Differenze* (MD), serve per costruire e stampare tavole numeriche, la *Macchina Analitica* (MA) ha ben altra portata: non tabula i valori di una funzione particolare, ma può essere usata per sviluppare qualsiasi funzione, di generalità e complessità arbitrarie³. Inoltre alla MA si possono fornire sia un programma, cioè una sequenza ordinata di istruzioni operative, sia i dati, cioè le grandezze su cui eseguire le istruzioni. La costruzione del programma, osserva Ada, è un’operazione delicata, che carica l’operatore di una notevole responsabilità, aggravata dalla difficoltà di comunicare con la macchina in modo univoco. Questa difficoltà può essere supe-

rata grazie alla precisione del linguaggio matematico e Ada sottolinea la potenza insita nella creatività disciplinata dal rigore, rivelando in pieno le doti ereditate dai genitori: immaginazione ed esattezza.

Ada spiega poi che per “operazione” si deve intendere qualsiasi procedimento in grado di modificare la relazione tra due o più oggetti. Se poco ci si è soffermati su questa nozione, osserva, è anche perché molti simboli matematici sono ambigui, significando spesso sia l’operazione sia il suo risultato. Inoltre il simbolo che indica un numero è spesso usato anche per indicare un’operazione: così il 2 può indicare sia il numero 2 sia l’elevamento a quadrato. Quando si opera con la MA queste diverse accezioni dei simboli devono essere tenute distinte (Figura 2).

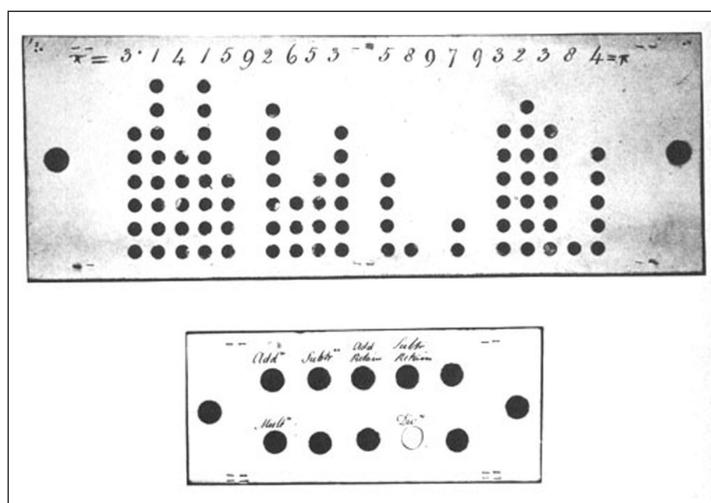


FIGURA 2
Campioni di Number Card (in alto) e di Operation Card per la Macchina Analitica. La Number Card, nella quale è registrato un valore notevolmente preciso di π , illustra il criterio di codifica delle cifre decimali; la cifra zero, che non compare nell’esempio, è codificata da una colonna di nove perforazioni

³ Quanto alla Macchina alle Differenze, ci limitiamo a ricordare che essa, al pari della sorella maggiore – la Macchina Analitica – rimase incompiuta. Babbage ne progettò addirittura due, la prima delle quali (*Difference Engine No.1*) fu in parte costruita, mentre la seconda (*Difference Engine No.2*), che doveva incorporare alcuni perfezionamenti escogitati nel frattempo per quella analitica, rimase del tutto sulla carta.

Sorte migliore arrivò ai due intraprendenti tipografi svedesi Pehr Georg e Edvard Georg Scheutz, padre e figlio, i quali s’ispirarono bensì alle idee di Babbage ma non si lasciarono contagiare dal suo esasperato perfezionismo e riuscirono così, nel decennio 1850, a sfornare ben tre esemplari di macchina alle differenze, completi e funzionanti. C’è un nesso tra la professione dei due tipografi e il loro interesse per il calcolo automatico: infatti le loro macchine imprimevano i risultati dei calcoli direttamente su matrici tipografiche ben formattate e pronte per la replica a stampa. Il trasferimento diretto dall’organo di calcolo alla stampa era uno dei punti fermi del progetto di Babbage il quale intendeva così prevenire ogni intermediazione umana, compresa la semplice trascrizione, che era fonte di quegli errori che egli aborrisceva e che rendevano poco affidabili le tavole numeriche allora in circolazione. In questa vicenda desta una certa meraviglia l’atteggiamento di benevolo apprezzamento che Babbage, tanto proclive alla collera, manifestò generosamente nei confronti degli emuli svedesi.

Babbage, da buon ingegnere, si dedica anima e corpo alla componente fisica (*hardware*) della sua creatura meccanica e su di essa concentra inventiva, progetti, incessanti perfezionamenti e risorse finanziarie: ogni sua idea, una volta colto il principio, deve alla fine materializzarsi in un dispositivo concreto. Ada, al contrario, è completamente assorbita dall'aspetto logico (*software*) dei problemi; aspetto che si affaccia bensì in alcuni scritti di Babbage, e anche in quello di Menabrea, ma con un ruolo tutto sommato ancillare. Ada parla continuamente di variabili, di operazioni, di "stati" della MA e si esprime con un linguaggio puramente simbolico. I suoi riferimenti a dispositivi fisici – siano essi le "colonne" meccaniche intese come registri di memoria o le perforazioni sulle schede – risultano in ultima analisi secondari e quasi metaforici, al punto che la MA può rimanere un'entità almeno in parte indefinita. Alla nota B, per esempio, si può leggere: «Nella Macchina Analitica di queste colonne ce ne potranno essere molte di più, probabilmente duecento come minimo. La forma precisa e la configurazione che verrà ad assumere l'intera massa dei suoi meccanismi non è ancora determinata in maniera definitiva».

Ada si interessa anche del rapporto tra matematica e musica, come conferma una delle lettere che scrisse al matematico Augustus De Morgan, suo mentore⁴. Nelle note a Menabrea, Ada s'interroga sulla possibilità che la MA possa operare direttamente non solo sui numeri ma anche su altri oggetti legati da relazioni che la macchina possa elaborare. Supponendo per esempio che le relazioni tra i suoni di una composizione musicale siano suscettibili di espressione simbolica, «la macchina potrebbe comporre pezzi elaborati e scientifici di musica di ogni grado di complessità o estensione».

Avendo distinto tra numeri e operazioni, Ada comprende che la MA può fornire due tipi di risultati, numerici e simbolici (per esempio algebrici); anzi, operando sulle operazioni, potrebbe addirittura sviluppare nuovi programmi, aprendo così un vasto territorio inesplorato. Ada intuisce che se la MD per la sua natura strettamente aritmetica fornisce solo risultati numerici, la potenza della MA è ben altrimenti superiore e dipende dalla (e si estende con la) nostra conoscenza delle operazioni che le facciamo eseguire. La MA appare insomma come la versione materiale e meccanica delle operazioni astratte che esegue.

Babbage aveva illustrato come si dovesse programmare la macchina, elencando le funzioni dei vari tipi di schede perforate che essa avrebbe usato⁵. Tuttavia, come abbiamo già accennato, è Ada che approfondisce il concetto di programmazione, mettendo esplicitamente in luce le capacità logiche della MA. Ne parla diffusamente in tutto il commentario e dedica l'intera nota G – l'ultima della serie, di quattordici pagine – allo sviluppo completo e particolareggiato di un programma per il calcolo dei numeri di Bernoulli, che lo stesso Babbage le aveva suggerito come paradigmatico (Figura 3). E, in un altro passo, si spinge oltre il calcolo puramente numerico: «Molti tra coloro che non hanno dimestichezza con la matematica pensano che, siccome [la Macchina Analitica] deve fornire i risultati in notazione numerica, allora la natura delle sue operazioni debba essere aritmetica e numerica e non algebrica e analitica. Si sbagliano. La macchina può disporre e combinare le grandezze numeriche esattamente come se fossero lettere o altri simboli arbitrari; anzi potrebbe anche fornire i risultati in notazione algebrica, se si ritenesse di predisporre all'uopo le cose».

⁴ De Morgan (1806-1871) è oggi ricordato specialmente per i suoi contributi alla logica, disciplina da lui prediletta. È quindi verosimile che l'assidua frequentazione di De Morgan sia all'origine del rigore formale che caratterizza il lavoro scientifico di Ada.

⁵ Nei disegni di Babbage sono raffigurati tre tipi di schede: le *Number Cards* (con le quali si immettono nella MA i dati iniziali del calcolo, designati come *Primitive Data*), le *Operation Cards* (ciascuna delle quali comanda l'esecuzione di una operazione aritmetica) e le *Variable Cards* (che indicano l'indirizzo dei registri di memoria, chiamati *Columns*, ove prelevare gli argomenti e depositare il risultato di ciascuna *operation*). L'insieme di una *Operation Card* e delle *Variable Cards* ad essa associate corrisponde quindi esattamente a una "istruzione" degli odierni computer, così come la sequenza delle istruzioni corrisponde al nostro "programma". La tipologia delle schede va peraltro completata con le speciali *Combinatorial Cards* di cui diremo più avanti.

A questo punto Ada – confermandosi, nonostante tutto il suo sapere matematico, figlia di un grande poeta – spicca un volo metafisico sostenuto dall'immaginazione creativa, da lei considerata l'ineffabile facoltà che consente le più alte conquiste della poesia e della scienza: «Quanti considerano la scienza matematica non semplicemente come un ampio corpo di verità astratte e immutabili, la cui intrinseca bellezza, simmetria e completezza logica, quando considerate nella loro connessione con il tutto, assegnano loro un posto importante nella considerazione di tutte le menti profonde e logiche, ma come qualcosa che presenta un interesse ancora più profondo per la razza umana; quando ci si ricorda che questa scienza costituisce il solo linguaggio attraverso il quale possiamo esprimere adeguatamente i grandi fatti del mondo naturale, e quei cambiamenti incessanti della relazione mutua che, visibili o invisibili, consci o inconsci alle nostre immediate percezioni fisiche, procedono incessantemente verso gli effetti della Creazione in mezzo a cui viviamo; coloro che pensano in questo modo alla verità matematica, come allo strumento attraverso il quale la debole mente dell'uomo può effettivamente leggere l'operato del suo Creatore, costoro guarderanno con interesse particolare a tutto ciò che può facilitare la

traduzione esplicita dei suoi principi in forme pratiche».

Secondo uno schema generale comunemente accettato, la MA comprende cinque parti funzionali: i dispositivi d'ingresso, per fornire alla macchina dati e istruzioni; la memoria (*Store*), che custodisce i dati iniziali, i risultati intermedi e quelli finali; l'unità di computazione (*Mill*), che esegue le operazioni elementari; l'unità di controllo, che presiede alla corretta successione delle operazioni; i dispositivi d'uscita, che presentano i risultati⁶. Dati e istruzioni sono forniti mediante schede perforate, ordinate in modo opportuno, con la possibilità di ripetere cicli d'istruzioni (Figura 4). L'idea delle "carte forate" è derivata dal telaio messo a punto dal francese Jacquard (Figura 5), a proposito del quale Ada crea questa leggendaria similitudine: «La Macchina Analitica tesse disegni algebrici, così come il telaio di Jacquard tesse fiori e foglie⁷».

La MA presenta un'altra innovazione capitale messa in luce da Ada: la possibilità di eseguire operazioni condizionate del tipo "se-allora". Inoltre essa può non solo depositare in memoria o su schede il risultato di un ciclo di operazioni ma anche, all'occorrenza, recuperare e riutilizzare l'intero ciclo. Al contrario della MD, dunque, la MA non ha più bisogno dell'assistenza continua dell'operatore umano. La pos-

⁶ Babbage, in realtà, distingue sempre nella MA due sole parti principali: lo *Store* e il *Mill*, per l'appunto. Le funzioni svolte dai sottosistemi che compongono queste due parti principali si trovano succintamente esplicitate in un suo scritto dal titolo *On the Mathematical Powers of the Calculating Engine*, datato 26 dic. 1837 e pubblicato da Anthony Hyman in appendice al suo saggio su Babbage. Tra i sottosistemi figurano naturalmente i dispositivi di ingresso e di uscita; tra questi ultimi fa spicco un avveniristico "plotter", designato come *Curve Drawing Apparatus*. D'importanza basilare è infine il *Repeating Apparatus*, che provvede alla ripetizione dei cicli di istruzioni delimitati dalle speciali *Combinatorial Cards* intercalate nel flusso delle *Operation Cards*. Assieme al meccanismo di indirizzamento allo *Store*, è questo l'apparato che più si avvicina alla nozione di "unità di controllo" intesa nel senso moderno.

⁷ Il telaio di Joseph-Marie Jacquard (Lione 1752 - Oullins 1834), introdotto alla fine del Settecento e risultante dai decisivi perfezionamenti che questi apportò ai tentativi di altri inventori, rappresentò la prima applicazione realmente funzionante delle schede perforate. Un predecessore poco noto di questo telaio fu inventato nel Quattrocento da un artigiano catanzarese, noto come Jean le Calabrais, chiamato a Lione dal re di Francia Luigi XI per impiantarvi l'industria tessile.

Il telaio Jacquard consentiva di ridurre a un solo operaio il personale addetto al telaio e rappresentò quindi un esempio molto precoce di innovazione tecnologica suscettibile di provocare, come effetto immediato, l'espulsione di manodopera. Lo stesso può dirsi per le macchine a vapore che si andavano rapidamente diffondendo negli opifici e nei trasporti. Erano queste le avvisaglie di quel fenomeno dirompente che sarebbe passato alla storia come rivoluzione industriale. Gli operai vi si opposero spontaneamente – le organizzazioni dei lavoratori erano ancora di là da venire – con manifestazioni spesso violente che furono represses con pene durissime. Il movimento luddista, scoppiato in Inghilterra nel 1799, prese appunto il nome dall'operaio tessile Ned Ludd il quale, assieme ai compagni ridotti alla fame, diede alle fiamme i telai semiautomatici responsabili dei licenziamenti.

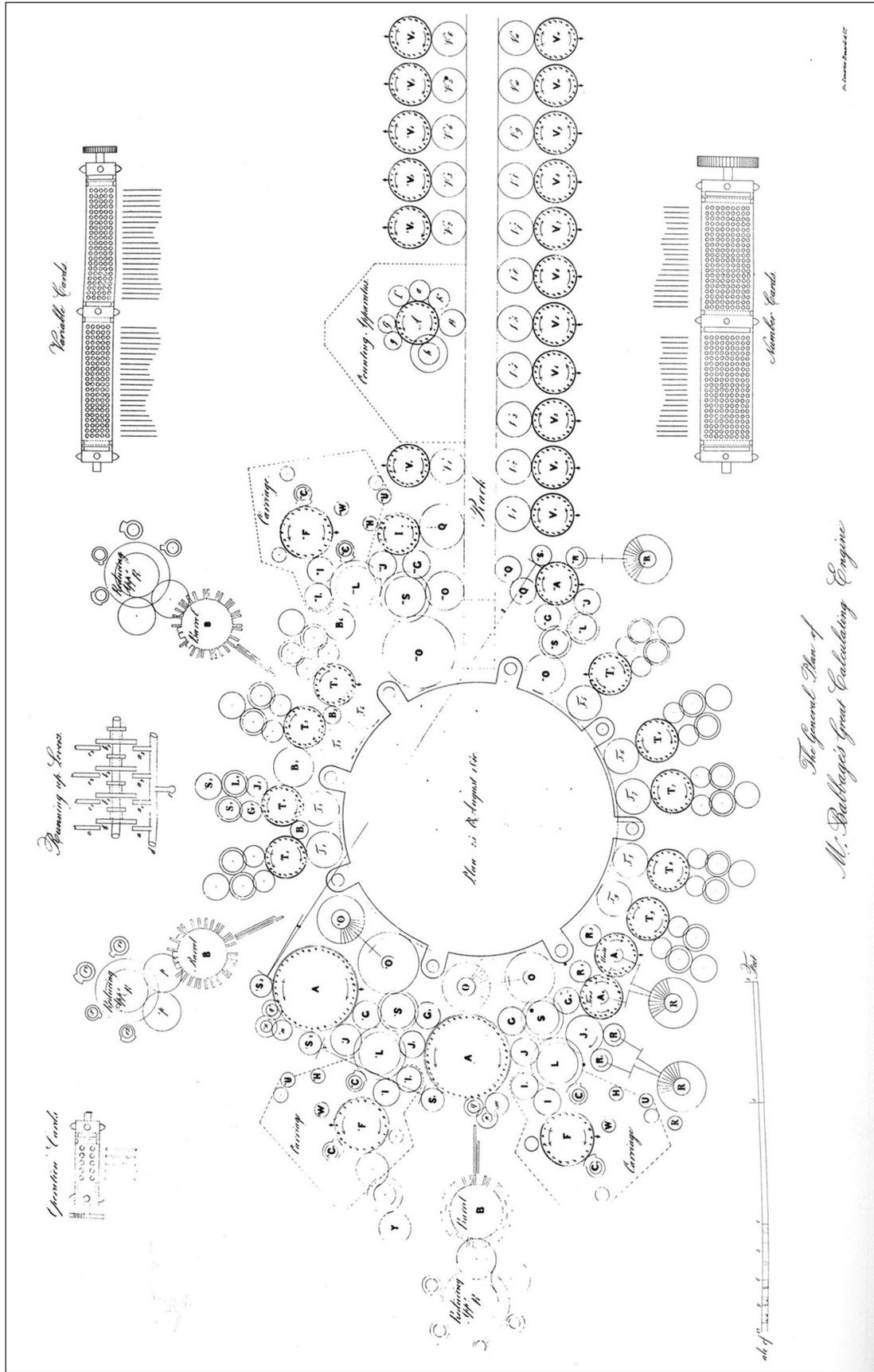


FIGURA 4
 Piano generale della Macchina Analitica. Nelle parole di Babbage, «i corpi circolari attorno alla grande ruota centrale costituiscono il Mill mentre i dispositivi affiancati alla parte longitudinale, il Rack, costituiscono lo Store». Agli angoli del disegno compaiono i tre tipi principali di schede perforate: Operation, Variable e Number Cards

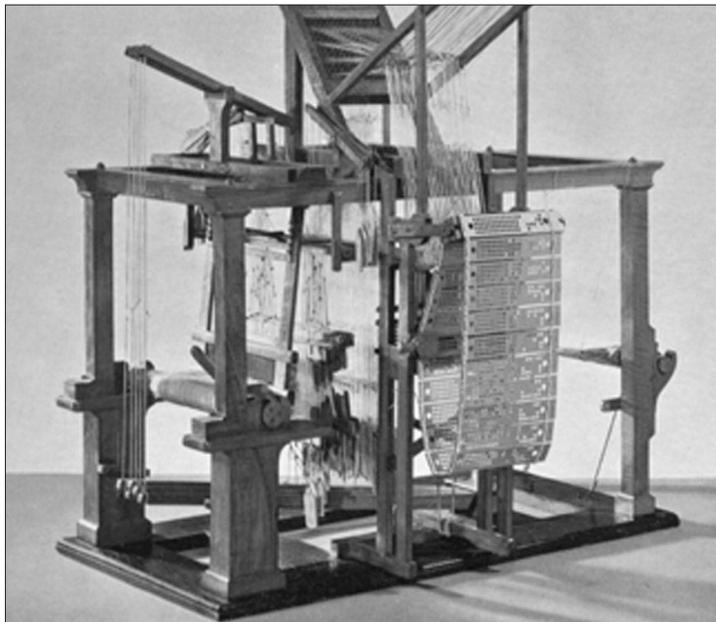


FIGURA 5

Il telaio semiautomatico Jacquard per tessuti operati. Le schede perforate (in primo piano) "programmano" il disegno del tessuto azionando i fili colorati della trama

sibilità di riusare i cicli di istruzioni è un grande miglioramento rispetto al telaio Jacquard:

«Il modo di applicare le carte [leggasi: schede perforate] finora utilizzato nell'arte della tessitura non è abbastanza potente per conseguire tutte le semplificazioni desiderabili nei vari e complicati procedimenti che la Macchina Analitica adotta per raggiungere i suoi scopi. Si è allora ideato un metodo per restituire le carte in gruppi secondo certe regole, con l'obiettivo di garantire la possibilità di riprendere una qualsiasi carta o insieme di carte per usarlo un numero arbitrario di volte successive nella risoluzione di un problema [...]. Anche il telaio Jacquard potrebbe trarre vantaggio da questo sistema di ritorno, perché i disegni che possiedono simmetria e seguono leggi regolari di qualsiasi estensione si potrebbero intrecciare grazie a un numero relativamente piccolo di carte».

In conclusione, ce n'è a sufficienza per riconoscere nel lavoro di Ada la presenza delle cosiddette strutture di controllo dei nostri linguaggi di programmazione.

Molte altre sono le intuizioni di Ada e le indicazioni fornite per sviluppare appieno le potenzialità della MA, dall'uso degli indici all'esecuzione parallela di più compiti, ma lo spazio non

consente di approfondirle. Ada, tuttavia, è anche consapevole dei limiti della MA e mette in guardia contro l'illusione che essa crei alcunché di nuovo: «Non bisogna nutrire idee esagerate sui poteri della Macchina Analitica. Essa non pretende di creare nulla. Può fare tutto ciò che riusciamo a ordinarle di fare. Può eseguire l'analisi, ma non ha il potere di anticipare alcuna rivelazione o verità analitica. Il suo compito è quello di assisterci mettendoci a disposizione ciò che già conosciamo». A questa osservazione aggiunge che le combinazioni meccaniche della MA possono rendere più trasparenti le verità e le formule dell'analisi poiché le rappresentano in una forma diversa e questa forma può servire a sua volta ad estendere e approfondire quelle verità.

Un altro contributo di Ada, forse ancora più importante sotto il profilo concettuale, è l'osservazione, che né Babbage né Menabrea avevano fatto, secondo cui la MA avrebbe potuto trovare impieghi diversi da quelli puramente matematici. Ada mette in evidenza che la macchina poteva essere usata per trattare non soltanto numeri e simboli algebrici, ma anche simboli d'altro genere e, quindi, per eseguire tutta la gamma dei compiti che vengono oggi affidati ai calcolatori:

«Consentendo al meccanismo di combinare tra loro simboli generali in successioni di varietà ed estensione illimitate, viene stabilito un legame unificante tra le operazioni della materia e i processi mentali della branca più astratta della scienza matematica. Viene sviluppato un linguaggio nuovo, vasto e potente per gli usi futuri dell'analisi, in cui esprimere le sue verità, sicché esse possono avere applicazione pratica più rapida e precisa per i fini dell'umanità di quanto non abbiano permesso i mezzi finora in nostro possesso». Parole davvero profetiche!

Bibliografia

- [1] Charles Babbage: *Passages from the life of a philosopher*. Longman, Green, Longman, Roberts & Green, 1864 (Riprodotta integralmente, con introduzione di Martin Campbell-Kelly, presso Rutgers University Press and IEEE Press, 1994).
- [2] Henry Prevost Babbage: *Babbage's Calculating Engines*. E. and F.N. Spon, 1889 (Riprodotta integralmente, per iniziativa del Charles Babbage

Institute di Minneapolis (USA) e con introduzione di Allan G. Bromley, presso Tomash Publishers, 1982).

- [3] Marcus du Sautoy: *L'enigma dei numeri primi*. Rizzoli, 2004.
- [4] Mario G. Losano: *La Macchina Analitica. Un secolo di calcolo automatico*. Etas Kompass, 1973.
- [5] Ada Augusta, Countess of Lovelace: *Sketch of the analytical engine invented by Charles Babbage by L. F. Menabrea. With notes upon the memoir by the translator*. Scientific Memoirs of London, 1843 (Riprodotta integralmente in diverse sedi tra cui le raccolte di H.P. Babbage – già menzionata – e: Philip Morrison, Emily Morrison (editors); Charles Babbage; Dover Publications, Inc., 1961).
- [6] Luigi Federico Menabrea: *Notations sur la machine analytique de M. Charles Babbage*. Bi-

bliothèque Universelle de Genève, 1842 (Va da sé che la traduzione in inglese è compresa nel lavoro di Ada Lovelace e nelle sue successive riedizioni).

- [7] Enrico Giusti, Luigi Pepe: *La matematica in Italia 1800-1950*. Edizioni Polistampa – Il Giardino di Archimede, 2001.
- [8] Anthony Hyman: *Charles Babbage, Pioneer of the Computer*. Oxford University Press, 1982.
- [9] Giuseppe Nicolini: *Vita di Giorgio lord Byron*. Presso l'Editore-Tipografo A. Lombardi, Milano, 1855.
- [10] Dorothy Stein: *Ada: a Life and a Legacy*. The MIT Press, 1985.

Nota. Poiché non risultano esistere edizioni italiane dell'opera di Ada Lovelace e di quelle di Charles Babbage qui citate, i passi riportati nell'articolo sono stati tradotti per l'occasione.

Charles Babbage e le sue macchine

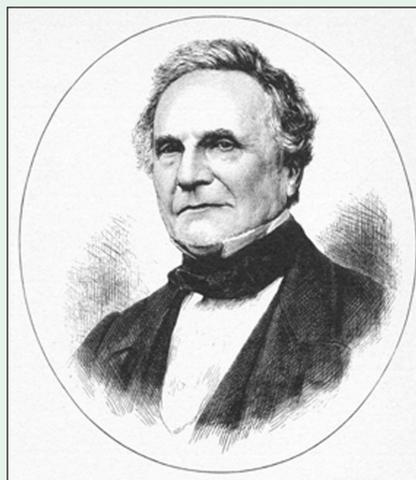
Charles Babbage (Totnes, 1791 - Londra, 1871) occupa una posizione singolare e importantissima nel processo storico e concettuale che ha portato alla nascita del computer moderno (Figura). Babbage, che amava definirsi "filosofo", ebbe una vita intellettuale vulcanica ed estrosa, segnata da un ritmo talmente frenetico da non consentirgli neppure di scrivere un trattato sistematico dove esporre le proprie idee sul calcolo automatico. S'interessò di tutto: dalle assicurazioni sulla vita alla meccanica, dalle tavole dei logaritmi alla crittografia, al trasporto ferroviario, all'organizzazione aziendale, alle poste, ai fari marittimi e alla geologia. A proposito di quest'ultima disciplina, vale la pena di ricordare il suo soggiorno nell'area di Napoli, occasione in cui si cimentò anche in una spericolata discesa nel cratere del Vesuvio. Quanto all'organizzazione aziendale, il suo saggio del 1832 *Economy of Manufactures and Machinery* – che riscosse un grande successo e fu anche tradotto in diverse lingue – ci presenta Babbage come un influente teorico della rivoluzione industriale, delle cui tecnologie egli aveva conoscenza perfetta; tra quelle tecnologie figurava anche il telaio Jacquard, e ne abbiamo visto le conseguenze.

Convinto che il compito della scienza fosse quello di quantificare e che le macchine ben costruite fossero esenti dai tanto detestati errori, così frequenti nelle faccende umane, sorretto da una fede quasi illimitata nel numero, Babbage intraprese un grandioso progetto di macchina calcolatrice, la cui attuazione riteneva, se non facile, almeno possibile in tempi ragionevoli. Questa macchina avrebbe dovuto sollevare l'uomo dai compiti più gravosi, come il calcolo di complicate funzioni matematiche, ma sarebbe dovuta servire anche alla costruzione di una smisurata "banca dati" *ante litteram*, contenente fra l'altro: tutte le costanti del sistema solare, i pesi atomici degli elementi, un elenco dei metalli con le loro proprietà fisiche e chimiche; la lunghezza di tutti i fiumi, la superficie di tutte le isole, l'altezza di tutte le montagne; la potenza di tutte le macchine e di tutti gli animali; la distribuzione geografica della flora, della fauna...

Babbage non realizzò mai questo vertiginoso repertorio universale: sempre distratto dall'attuazione dei suoi progetti dal rampollare di idee nuove e contrastanti, egli non andò quasi mai oltre la fase progettuale e descrittiva. Della sua vita travagliata e tortuosa ci lasciò una descrizione nell'autobiografia, che in realtà è soprattutto una biografia delle sue macchine. Invece non scrisse mai la progettata *Storia della Macchina Analitica*, e di questo smisurato congegno abbiamo descrizioni solo parziali e gli importanti commenti di Menabrea (1842) e di Ada Lovelace (1843).

Nel campo delle macchine da calcolo, Babbage cominciò modestamente: ancora giovane stilò il progetto minuzioso di una Macchina alle Differenze, capace di tabulare funzioni polinomiali sfruttando dispositivi meccanici, e ne costruì un esemplare su scala ridotta. Ottenuto l'appoggio della Royal Society, nel 1823 ebbe un finanziamento statale per costruire una macchina con 96 ruote e 24 assi. Il progetto, fra litigi, sospetti e variazioni continue, si arenò nel 1830 e nel 1834 fu definitivamente accantonato per un altro, molto più ambizioso e quasi temerario: quello della Macchina Analitica. Babbage ci spese 20.000 sterline del patrimonio ereditato dal

segue



Charles Babbage, in una incisione che risale circa al 1860

padre banchiere e altre 17.000 sterline concessegli dal governo nelle fasi iniziali. Ma la preoccupante vastità dei suoi progetti cominciò a destare dubbi e ostilità. Le sue continue richieste di finanziamenti, il suo carattere iroso e scostante, la sua smodata pre-sunzione finirono con l'alienargli le simpatie di tutti. Il governo divenne più cauto e nel 1842 sospese ogni sovvenzione.

Babbage non si rassegnò: preparò un gran numero di piani per illustrare il suo progetto di Macchina Analitica sia agli amministratori sia agli ingegneri, che però dovettero trovarli di difficile comprensione. La chiarezza non era infatti una dote di questo eccentrico e colterico precursore dell'informatica moderna. Eppure nel progetto vi era la scintilla del genio: la Macchina Analitica comprendeva infatti tutti gli elementi funzionali del calcolatore moderno. Però non conteneva ancora, bisogna riconoscerlo, l'idea di programma memorizzato in quanto le istruzioni risiedevano sulle schede perforate – quindi su un supporto esterno alla memoria – per le quali si era ispirato al telaio meccanico di Jacquard. Si trattava comunque di un dispositivo di complessità inaudita, che nella sua attuazione più evoluta avrebbe compreso più di 50.000 parti in movimento e avrebbe dovuto operare su numeri di 50 cifre! Dal 1834 al 1871 Babbage si batté per realizzare la sua creatura, ma nessun esemplare funzionante ne fu mai costruito.

Dopo la sua morte, il devoto figlio Henry riuscì ad attuare certe parti del progetto, ben lontane tuttavia da un prototipo completo. Nel 1889 Henry si diede anche a pubblicare la raccolta degli scritti del padre (e di altri autori) relativi alle macchine per il calcolo e cercò di tenerne viva la memoria e l'opera. Nonostante questi sforzi, sul bizzarro e geniale antesignano dei moderni calcolatori digitali scese l'oblio. Fu solo nel 1946, in concomitanza con la costruzione dei primi computer, che la rivista *Nature* ne rispolverò la memoria con un articolo di L. J. Comrie, dal titolo *Babbage's Dream Comes True*. Nel 1971, a coronamento della riscoperta dell'opera di Babbage, il centenario della sua morte fu celebrato dalla Royal Society, dalla British Computer Society e dall'Accademia delle Scienze di Torino. Il "filosofo" inglese aveva visitato la capitale sabauda nel 1840 in occasione di un congresso scientifico, ricevendone onori e riconoscimenti. Lo stesso Carlo Alberto, re di Sardegna, lo aveva elogiato in pubblico, conferendogli il rango di commendatore dell'Ordine dei santi Maurizio e Lazzaro.

Babbage, dal canto suo, conservò per tutta la vita un grato ricordo del suo soggiorno torinese; ne è palese testimonianza il risalto con cui, nel frontespizio dei *Passages*, egli dichiara l'onorificenza di commendatore e, ancor di più, la fervida pagina d'apertura con cui dedica l'autobiografia a Vittorio Emanuele II, figlio di Carlo Alberto e ormai re d'Italia.

La dedica a un sovrano straniero, letta in trasparenza, appare intenzionalmente provocatoria da parte di un suddito di sua maestà britannica. Il puntiglioso Babbage, infatti, non aveva certo dimenticato gli affronti subiti da parte del governo inglese con l'interruzione dei finanziamenti per la Macchina alle Differenze (1842) e con il successivo rifiuto di finanziare la costruzione della Macchina Analitica (1852). In relazione a quest'ultima offesa al suo orgoglio, non mancò di mettere alla berlina lord Derby, ministro delle finanze, dedicandogli una filippica che si conclude con queste parole: «Ma io non desidero metterlo in croce, voglio solo lasciare il suo nome nell'oscurità. Questo Erostrato della Scienza, se sfuggirà all'oblio, rimarrà associato col distruttore del Tempio di Efeso».

George Byron, poeta "maledetto"

George Gordon Noel Byron (Londra, 1788 - Missolonghi, 1824), uno dei più grandi poeti romantici d'Europa, è famoso per le sue opere ma anche per la sua vita avventurosa, segnata da debiti, relazioni amorose, accuse di incesto e sodomia e dalle lotte a fianco dei patrioti italiani contro l'Austria – aderì anche alla Carboneria – e greci contro la Turchia. Fu in fraterna amicizia con il quasi coetaneo Percy Bisshe Shelley (1792-1822), altro campione del romanticismo inglese e suo compagno di viaggi e di avventure (Figura).

Ereditato il titolo di lord (1798), nel 1809 Byron intraprese il tradizionale *grand tour*, visitando per due anni i Paesi europei, in particolare quelli affacciati sul Mediterraneo. Tornato in patria nel 1811, ebbe varie relazioni amorose e uno stretto legame, a quanto pare incestuoso, con la sorellastra Augusta Leigh, da alcuni anni separata dal marito, che nel 1814 diede alla luce una figlia. Poi Byron corteggiò a lungo Annabella Milbanke, che nel 1815 si decise a sposarlo col proposito di redimerlo dalla sua vita dissoluta. Ma il matrimonio fallì e, passato solo un anno, lady Byron lasciò il marito tenendo con sé Ada, la bambina nata nel frattempo. Poco dopo, il 25 aprile 1816, tra l'indignazione generale per la sua condotta immorale, Byron lasciò l'Inghilterra per sempre e non vide mai più sua figlia, l'unica legittima delle tre che ebbe. Dorothy Stein riferisce che, intorno al 1820, Byron chiese di avere una ciocca dei capelli della piccola Ada, alla quale inviò a sua volta una ciocca dei propri: un gesto minimo ma significativo da parte di un padre non del tutto dimentico.

Dopo varie vicissitudini, il poeta prese a cuore le sorti dei patrioti che volevano sottrarre la Grecia al giogo dell'Impero ottomano. Con ingentissime spese personali rimise in se-sto la flotta greca, ma prima di poter salpare si ammalò e, mal curato, si spense il 19 aprile 1824. I Greci onorano ancora la memoria di colui che è diventato un eroe nazionale. Le sue spoglie, malgrado tutto, tornarono nella terra natale e furono sepolte nella chiesa di Harrow-on-the-Hill accanto a quelle di Allegra, la figlia nata dalla sua breve relazione con Claire Clermont, sorellastra della moglie di Shelley, Mary. Giuseppe Nicolini, uno dei primi biografi di Byron, racconta che questi volle Allegra con sé a Venezia ma che poi, distratto dal vagabondare tra le consuete scapestratezze, la relegò in un convento di Bagnacavallo, dove la bimba cadde malata e si spense nel 1822, all'età di appena cinque anni. Sulla sua lapide il poeta fece incidere questo versetto dalla Bibbia: «andrò da lei, ma ella non tornerà a me» (Samuele, XX, 23).



Il poeta George Byron ritratto nel costume tradizionale greco in un dipinto di Thomas Phillips. (Circa 1814)

Luigi Federico Menabrea

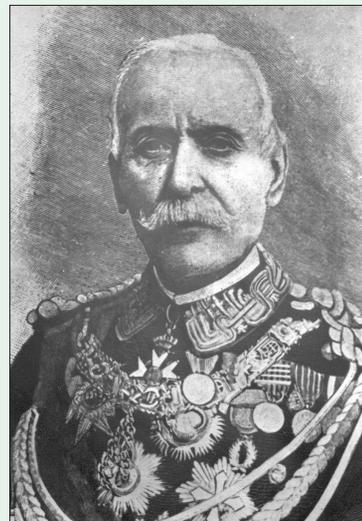
Il conte Luigi Federico Menabrea (Chambéry, 1809-1896) fu scienziato, generale e uomo politico di rilievo (Figura). Laureatosi in ingegneria e matematica a Torino, fu professore di scienza delle costruzioni prima all'accademia militare e poi, dal 1846, all'università di Torino. Il suo prestigio scientifico fu tuttavia scosso da un episodio che Enrico Giusti e Luigi Pepe hanno così sintetizzato: «Il principale merito scientifico di Menabrea è legato [... alla] sua formulazione [1858] di quel principio di teoria dell'elasticità, ora noto come teorema del minimo lavoro [...]. Il teorema sarà dimostrato in modo rigoroso nel 1873 da [Carlo Alberto] Castigliano nella sua tesi di laurea [...]. Nel 1875 Menabrea presentò all'Accademia dei Lincei una memoria in cui riespose sostanzialmente la dimostrazione di Castigliano, che reagì denunciando [...] il plagio subito. La controversia, resa pubblica, si concluse con un verdetto di tipo salomonico».

Menabrea partecipò come ufficiale del genio alle prime due guerre d'indipendenza. Quanto alla sua carriera politica, dal 1848 fu parlamentare piemontese e poi italiano per trentasei anni consecutivi. Più volte ministro e poi anche primo ministro, abbandonate le giovanili simpatie per la sinistra, si distinse per le sue posizioni reazionarie, antigaribaldine e anticavouriane; una delle iniziative del suo governo (1867-1869) fu l'odiata tassa sul macinato, peraltro già in vigore negli ex Stati pontifici. Da ultimo fu ambasciatore a Londra e a Parigi.

Ma veniamo ai fatti che qui interessano in modo specifico. Nel 1840, per iniziativa di Carlo Alberto di Savoia, si tenne a Torino il secondo Congresso degli scienziati italiani; manifestazione con cui, tra le righe, il re di Sardegna intendeva avvalorare la propria immagine di paladino dell'unificazione nazionale.

Al Congresso, come ospite di speciale riguardo, fu invitato anche Charles Babbage, su precisa e motivata istanza dell'astronomo Giovanni Plana. Proprio gli astronomi, tra gli scienziati, erano infatti i più assidui "consumatori" di calcolo numerico: non è un caso che di lì a poco (1846) la straordinaria scoperta del pianeta Nettuno avvenisse sulla base di onerosissimi calcoli – eseguiti a mano! – la cui esattezza fu in seguito confermata dall'osservazione al telescopio. A tale memorabile evento lo stesso Babbage si premurò di dedicare l'articolo *On the Planet Neptune* che apparve su *The Times* del 15 marzo 1847. L'illustrazione della Macchina Analitica fatta da Babbage fu seguita con partecipe interesse dagli scienziati italiani. Tra loro si trovava l'attentissimo Menabrea, che nel 1842 pubblicò l'opuscolo *Notations sur la machine analytique de M. Charles Babbage*, da cui Ada Lovelace prese le mosse per stilare le sue celebri "note".

È curioso il fatto che nel 1855, riferendosi a quest'opera, il presidente della Royal Society, conte de Rosse, l'attribuisse a Babbage, considerando "Menabrea" un suo pseudonimo. Nonostante le smentite di Menabrea e dello stesso Babbage, l'equivoco è persistito fino ai nostri giorni e, tra l'altro, è stato ripreso da Marcus du Sautoy nel suo recente libro divulgativo sui numeri primi (p. 349). In segno di apprezzamento e di riconoscenza per l'attenzione ricevuta da parte di Menabrea e degli altri amici torinesi, Babbage offrì loro tutto il corredo di disegni progettuali che aveva portato con sé da Londra; questo prezioso lascito è tuttora conservato presso l'Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino.



Una fotografia, con evidenti ritocchi, che ritrae Luigi Federico Menabrea in uniforme da generale

GIUSEPPE O. LONGO è ordinario di Teoria dell'informazione nella Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Trieste. Si occupa di codifica di sorgente e di codici algebrici. Ha diretto il settore "Linguaggi" del Laboratorio della "International School for Advanced Studies" (Sissa) di Trieste e il Dipartimento di Informazione del "Centre Internationale des Sciences Mécaniques" (Cism) di Udine. Socio di vari Istituti e Accademie, s'interessa di epistemologia, di intelligenza artificiale e del rapporto uomo-tecnologia. È traduttore, collabora con il Corriere della Sera, con *Avvenire* e con numerose riviste. È autore di romanzi, racconti e opere teatrali tradotti in molte lingue. Il suo saggio più recente è "Il senso e la narrazione", Springer Italia, 2008.

E-mail: longo@univ.trieste.it

CORRADO BONFANTI è responsabile del progetto AICA "Storia dell'informatica" e docente a contratto per tale materia nelle università di Udine e Trieste. Laureato in fisica a La Sapienza, ha lavorato con IBM Italia e poi nel gruppo Finsiel: con l'Italsiel a Roma, con l'Insiel a Trieste – dove risiede – e infine a Bucaresti come direttore generale di Finsiel-România. Ha ricoperto altri incarichi universitari a Roma, Trieste, Bari e Milano. Da vent'anni si occupa di storia del calcolo automatico e dell'informatica, pubblicando diversi articoli e tenendo conferenze su invito di numerose istituzioni culturali. È socio onorario della *Mathesis*, sezione di Udine, e socio ordinario dell'AICA.

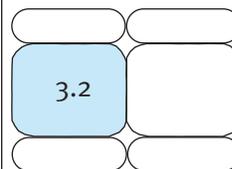
E-mail: corradobonfanti@hotmail.com

ELOGIO DI BABELE



Simone Martini

La compilazione permette di ridurre ad unità la Babele dei linguaggi di programmazione. Tuttavia, come ben sanno i teorici della traduzione letteraria, non esiste mai una traduzione che conservi tutte le caratteristiche dell'originale. I linguaggi di programmazione non fanno eccezione. Ci chiederemo se questa pluralità linguistica sia un bene anche per l'informatica. Sosterremo la tesi - scontata, ma qualche volta dimenticata - che la simultanea padronanza di più linguaggi è una grande ricchezza anche per l'informatico. Anzi, si tratta di un vero e proprio requisito professionale.



1. L'UNITÀ DEI LINGUAGGI

La nascita dell'informatica, quale scienza che studia i procedimenti di calcolo "effettivi", precede di almeno dieci anni la disponibilità di quei manufatti che chiamiamo *calcolatori (computer)* e l'utilizzo dei quali troppo spesso rischiamo di confondere con quella scienza¹. Lo studio del calcolabile prende una sua forma matura nei primi anni trenta del novecento, nel cuore della logica matematica, per opera di K. Gödel, A. Church, S. Kleene, E. Post e, soprattutto, Alan M. Turing. Mediante un'analisi dei processi di calcolo umani, in particolare delle limitazioni della memoria e della percezione, Turing identifica il "calcolo" con la possibilità di manipolazione combinatoria di insiemi finiti e discreti di simboli: calcolare è nient'altro che copiare simboli, tratti da un al-

fabeto finito, secondo regole anch'esse finite e fissate in anticipo. Il modello è così semplice da poter essere visualizzato come un automa (la "macchina di Turing") che, in accordo alle regole memorizzate in una lista finita, sposta simboli su un nastro, al quale accede un simbolo alla volta. L'aspetto sorprendente dell'analisi di Turing è che questo modello così elementare ed apparentemente rudimentale, così basato sull'analisi dei processi di calcolo umani², è un modello del tutto generale, tanto da includere una macchina che è in grado di emulare tutte le altre.

Consideriamo, infatti, l'esecuzione di una macchina su un suo dato di ingresso. La macchina funziona in modo deterministico, applicando le regole ai dati. Se abbiamo una descrizione della macchina - ovvero un elenco

Una versione preliminare di questo contributo ha costituito una delle conferenze invitate di apertura di Didamatica 2007, Cesena.

¹ «Computer science is no more about computers than astronomy is about telescopes», E. W. Dijkstra, premio Turing 1972. Il premio Turing, il più importante riconoscimento internazionale per un informatico, è attribuito ogni anno dall'associazione professionale degli informatici americani (ACM).

² «Turing's "machines": These machines are humans who calculate», L. Wittgenstein [7].



delle regole in base alle quali opera - possiamo seguire la sua esecuzione, passo passo, con carta e matita. Questo processo, partendo da una descrizione della macchina e da un dato di ingresso, seguire l'esecuzione passo passo della macchina, è esso stesso un procedimento di calcolo. Turing non ha dunque difficoltà a mostrare che anche *questo* calcolo³ è esprimibile da una macchina. Riassumendo: tra tutte le macchine di Turing ne esiste una che è in grado di simulare tutte le altre (la macchina *universale*). Non importa "costruire" una specifica macchina per ogni calcolo di nostro interesse. Basta costruire la macchina universale e fornirle la *descrizione* (il *programma*) del calcolo che vogliamo eseguire. La macchina universale eseguirà per noi il programma sui dati di nostra scelta.

Sarà John von Neumann a rendersi conto presto delle potenzialità tecnologiche insite in quest'analisi, progettando un manufatto che avrebbe realizzato, con valvole e fili, una macchina di Turing universale, cioè un *computer*, non più *human*, ma *hardware which calculates*⁴. I calcolatori che stanno sulle nostre scrivanie sono, ancor oggi, variazioni tecnologicamente sofisticate di quel progetto.

A noi, però, non interessa l'aspetto tecnologico, ma una lettura linguistica di questi fatti. Non vi è calcolo senza linguaggio e ogni calcolo eseguibile da una macchina di Turing è esprimibile nel linguaggio della macchina di Turing universale. Un solo linguaggio, che può essere reso tanto semplice da includere due soli simboli esaurisce mediante codifica tutto l'esprimibile.

Turing non è il solo a studiare i processi di calcolo effettivo. Negli stessi anni, altri descrivono in cosa consiste "calcolare", partendo da presupposti ed analisi diverse; è quindi naturale che ottengano modelli diversi. Alonzo Church introduce un formalismo che chiama " λ -calcolo" ed è basato sulla riscrittura successiva di sequenze di caratteri che corrispon-

dono ad espressioni simboliche; Kurt Gödel un modo di definire funzioni per "ricorrenza" o ricorsione; Emil Post un sistema di celle contigue che si influenzano tra loro e che evolvono per passi discreti. E in seguito, quando la disponibilità di calcolatori elettronici richiederà di poterli programmare in modo sempre più semplice ed efficace, saranno introdotte altre centinaia di sistemi diversi (i *linguaggi di programmazione*) per descrivere il calcolo. Molti sono oggi dimenticati, altri sono ancora in uso dopo più di cinquant'anni (FORTRAN, per esempio, o LISP), altri ancora sono introdotti anno dopo anno ancor oggi. L'unità dell'analisi di Turing, il suo ridurre il calcolo all'unità di una sola macchina, si infrange nella moltiplicazione dei linguaggi e dei formalismi, in una Babele in cui non è facile mettere ordine.

Già i padri fondatori, tuttavia, sapevano che questa moltiplicazione di linguaggi non intacca la profonda unità, l'invarianza del concetto sottostante. Infatti, tutti questi linguaggi sono solo modi diversi di descrivere lo stesso concetto. Se una certa funzione tra numeri naturali è calcolabile secondo Turing, allora è calcolabile anche secondo Church, o Kleene, o con un qualsiasi altro linguaggio di programmazione. E viceversa. Il modo di *descrivere* il calcolo è diverso, ma il concetto di "cosa è calcolabile" è invariante rispetto alla descrizione. Il concetto di "calcolabile" è, in un certo senso, un assoluto della natura, e non un aspetto legato al linguaggio nel quale lo descriviamo: i linguaggi sono diversi, ma sono equivalenti quanto a "cosa" possono calcolare. Questa equivalenza tra sistemi formali viene subito osservata da Church e Turing, e poi dimostrata per ogni altro formalismo per il calcolo (che chiameremo genericamente: linguaggio di programmazione).

Church e Turing stabiliscono queste equivalenze costruendo quello che l'informatica avrebbe chiamato un *interprete*. È dagli anni cinquanta, invece, che questa equivalenza prende la forma di un *compilatore*⁵. Un linguaggio di program-

³ Quello, cioè, che, data una descrizione della macchina e un particolare dato esegue (simula) la macchina su quel dato.

⁴ Cfr. nota 2.

⁵ Secondo l'uso moderno, usiamo il termine "compilatore" per indicare un generico traduttore automatico tra due linguaggi di programmazione (la letteratura più antica riservava il termine ai traduttori da un linguaggio ad alto livello ad uno di più basso livello). Per qualche dettaglio in più sui compilatori, si veda [2].

mazione è un sistema formale per la descrizione del calcolo. Si tratta di linguaggi artificiali, alcuni assai rudimentali, altri di una notevole sofisticazione, come i linguaggi ad altissimo livello delle ultime generazioni. Dal punto di vista della linguistica, si tratta comunque di linguaggi semplicissimi, la cui sintassi è definita in modo formale con grammatiche generative alla Chomsky⁶, e la cui semantica è definita in modo che ad ogni frase corretta corrisponda un significato univoco. Ora, sappiamo dall'analisi di Turing e Church che, data una funzione calcolabile f in un certo formalismo L_1 , questa è calcolabile anche in un altro formalismo L_2 . Possiamo dirlo in modo più esplicito: dato un programma che calcola f scritto in L_1 , esiste un programma che ancora calcola f ed è scritto in L_2 . Questa corrispondenza tra L_1 e L_2 può essere vista come una traduzione: ogni frase corretta (cioè ogni programma) di L_1 può essere tradotta in una frase *equivalente* (cioè un programma che calcola la stessa funzione) scritta in L_2 . Vista la semplicità dei linguaggi in considerazione, questa traduzione può essere "facilmente" automatizzata. Ovvero, ancora una volta, espressa come calcolo: il traduttore stesso da L_1 a L_2 può essere dato come un programma (il *compilatore* da L_1 a L_2), scritto in un certo linguaggio. Possiamo riassumere e sintetizzare queste osservazioni in un enunciato più formale:

dati due qualsiasi linguaggi di programmazione L_1 e L_2 , esiste un programma $C_{L_1 \Rightarrow L_2}$ (un *compilatore* da L_1 a L_2) tale che, per ogni programma P scritto in L_1 , $C_{L_1 \Rightarrow L_2}(P)$ è un programma in L_2 equivalente a P .

Se il lettore ci perdona, possiamo spingere questa prima riflessione ancora un passo in avanti. Il compilatore da L_1 a L_2 può essere

espresso esso stesso in L_1 : nel linguaggio L_1 descriviamo il processo necessario a tradurre ogni frase di L_1 in una frase di L_2 ⁷.

La pluralità dei linguaggi, dunque, non è che una manifestazione esterna della sottostante, robusta invarianza del concetto di calcolo. La traduzione realizza la *reductio ad unum*, riconducendo ogni linguaggio ad un altro, e lo fa in modo "uniforme", essa stessa codificata in un calcolo, nello stesso linguaggio che viene tradotto. Babele è solo un'apparenza, che la compilazione fa svanire come neve al sole.

2. UNA TRADUZIONE FEDELE?

La descrizione dei linguaggi di programmazione ha preso a prestito molte tecniche dalla linguistica formale. Perché, allora, non interrogare le scienze del linguaggio anche sulla questione della traduzione? Per l'informatico, un compilatore è un traduttore fedele tra due linguaggi, un concetto del quale i teorici della traduzione diffidano. Senza entrare nello specialistico, ci sia concesso di citare solo qualche frase di George Steiner⁸, e da uno dei suoi testi meno tecnici⁹:

"una lingua riempie una cella nell'alveare delle percezioni e delle interpretazioni possibili. Articola una gerarchia di valori, di significati e di supposizioni che non corrisponde esattamente a quella di qualsiasi altra lingua. (...) Parlando, creiamo mondi".

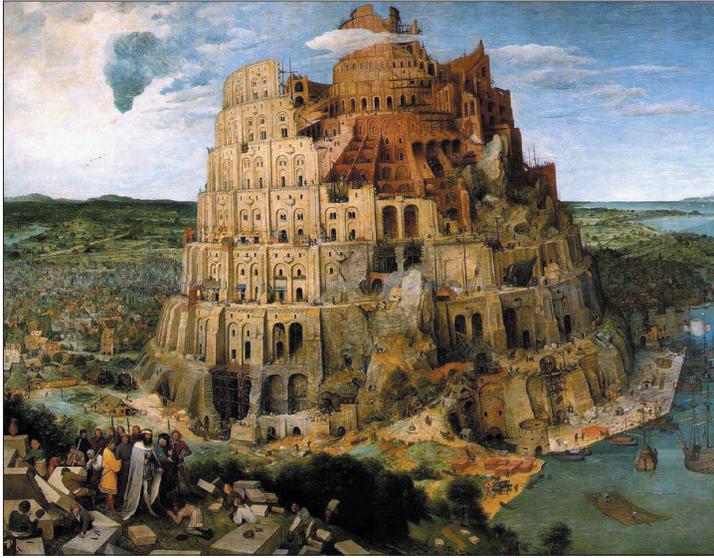
Ogni lingua rappresenta un universo concettuale irriducibile ad ogni altra lingua. Non solo ogni espressione linguistica complessa, ma perfino le singole parole, e addirittura i termini più semplici, fattuali, portano con sé

⁶ Anzi, sono grammatiche di tipo 2 (cioè non contestuali), alle quali sono imposti ulteriori semplici vincoli contestuali mediante l'utilizzo di altri sistemi formali.

⁷ Compilatori siffatti sono talvolta chiamati "metacirculari". Il primo a descrivere un compilatore di questo tipo è l'italiano Corrado Böhm [1], anni prima della disponibilità del primo compilatore ad alto livello commerciale, quello per FORTRAN (rilasciato da IBM nel 1957).

⁸ George Steiner (Parigi, 1929) è figura di primo piano della cultura internazionale. Importante critico letterario comparatista, ha insegnato a Cambridge, Ginevra, Oxford, Harvard, Stanford, Princeton. Perfettamente trilingue, ha studiato a fondo la natura del linguaggio e i problemi della traduzione, anche all'interno della stessa lingua.

⁹ Citazioni scientificamente più argomentate, ma meno evocative, si trovano, per esempio, in [5]. Le citazioni del testo sono da [6], alle pagine 108-112 della traduzione italiana.



“La torre di Babele”, dipinto di Pieter Bruegel del 1563

connotazioni ed evocazioni che vengono definitivamente perse in traduzione:

“il ricordo registrato di disponibilità, persino di abbondanza, nella parola bread (...) per molti aspetti si trova in contraddizione con le connotazioni di penuria e di fame del francese pain. Vi è un eccesso intraducibile di storia, di una mistica possessiva, nella Heimat tedesca”.

Ma se la traduzione non è in grado di mantenere questi “ricordi registrati”, la loro disponibilità nella varietà delle lingue è ricchezza inestimabile. Il poliglottismo è una benedizione, un sapere di più, e saper far meglio, rispetto al monoglotta, perfino negli aspetti più connotati fisicamente dell’esistenza:

“l’eros delle persone multilingui, persino di un monoglotta dotato di mezzi verbali e di un buon orecchio, è diverso da quello delle persone linguisticamente negate o stonate.

(...) Come doveva esser monotono l’amore in Paradiso”.

“Babele è stata il contrario di una maledizione. Il dono delle lingue non è una metafora vuota, è proprio un dono e una benedizione immensa”.

A dire il vero gli informatici non sono proprio “vili meccanici” e ben presto hanno osservato anch’essi quanto il linguaggio informi il modo di guardare al calcolo. Il teorema di equivalenza che abbiamo citato poco fa non è invalidato da queste considerazioni, ma in un certo senso esprime solo un aspetto della faccenda, quello della potenza “bruta”: non ci troveremo mai a dover cambiare linguaggio di programmazione perché qualche calcolo vi è impossibile. Ma alcuni linguaggi sono più adatti di altri a determinati scopi. Alcuni sono più evocativi, altri più sintetici, altri ancora più astratti¹⁰. Tra gli aforismi di Alan Perlis¹¹ troviamo:

“a good programming language is a conceptual universe for thinking about programming”

che ricorda in modo sorprendente il «Parlando, creiamo mondi» di Steiner. E ancora:

“a language that doesn’t affect the way you think about programming, is not worth knowing”

e

“there will always be things we wish to say in our programs that in all known languages can only be said poorly”.

3. UNA BUONA NOTAZIONE

Un pioniere che fa della notazione un cardine della propria riflessione è Kenneth Iverson¹². Ideatore di un linguaggio di programmazione

¹⁰ È stato fatto qualche tentativo di definire in modo formale una nozione di “espressività” (in quanto distinta dal potere computazionale), soprattutto per i linguaggi sequenziali. In sostanza, un linguaggio L viene definito come più espressivo di L_1 se i costrutti di L_1 possono essere tradotti in L senza richiedere una ristrutturazione globale dell’intero programma [3]. Questi tentativi, tuttavia, non hanno mai dato risultati definitivi.

¹¹ Alan J. Perlis, famoso per le sue battute fulminanti, è stato un grande pioniere: primo direttore del primo dipartimento di informatica (quello di Carnegie-Mellon University), primo presidente della ACM, primo premio Turing (1966).

¹² Premio Turing nel 1979, «For his pioneering effort in programming languages and mathematical notation resulting in what the computing field now knows as APL, for his contributions to the implementation of interactive systems, to educational uses of APL, and to programming language theory and practice».

di una sinteticità sorprendente, in specie per l'epoca, quando si utilizzavano schede perforate e non esistevano tastiere con simboli speciali¹³, Iverson è tanto convinto che un linguaggio di programmazione influenzi il modo di pensare, da dedicare a questo argomento la propria lezione [4] per il conferimento del premio Turing. Inizia subito citando Charles Babbage¹⁴:

“la quantità di significato compressa in piccolo spazio dai segni algebrici è un'altra circostanza che facilita i ragionamenti che siamo soliti fare col loro aiuto”

e tutto il lavoro seguente sarà una spiegazione del perché la “compressione del significato” in piccolo spazio è cosa tanto importante. Prima di entrare nella parte più tecnica del suo lavoro - in cui mostra con esempi specifici come un attento utilizzo di APL permetta di evidenziare simmetrie e generalizzazioni - Iverson enuncia alcune caratteristiche di un buon linguaggio per l'espressione del calcolo. Lunghi dall'essere neutro, un linguaggio adatto al proprio scopo è uno strumento raffinato, che suggerisce generalizzazioni, evoca analogie, permette dimostrazioni. È utile riprendere alcune delle caratteristiche enunciate da Iverson. Innanzitutto una buona notazione deve permettere di esprimere con facilità i vari costrutti, così come questi si presentano nei problemi:

“una notazione deve esprimere convenientemente non solo le nozioni che derivano immediatamente da un problema, ma anche quelle che derivano da analisi successive, generalizzazioni, specializzazioni”.

È in particolar modo rilevante il requisito di esprimere convenientemente anche le nozioni che derivino da elaborazioni *future* e, in qualche modo, non esplicitamente presenti

alla mente. Il giudizio sulla notazione è un giudizio “storico”, a posteriori, che rende ragione di quanto preveggenza era stato un linguaggio - o di quanto è possibile adattare le sue costruzioni in modi che il suo progettista non aveva esplicitato.

In secondo luogo, una notazione deve essere *evocativa* (in inglese *suggestive*):

“una notazione è evocativa se la forma delle espressioni che si presentano in un insieme di problemi suggerisce espressioni collegate che trovano applicazione in altri problemi”.

Scegliere la giusta forma sintattica di un'espressione, invece di un altro modo per esprimere lo stesso concetto, permette di vedere simmetrie ed analogie precedentemente nascoste, che suggeriscono altre espressioni che trovano applicazione in altri problemi. Un buon linguaggio è fecondo, genera alla vita nuovi concetti e proprietà. Davvero, «Parlando, creiamo mondi».

A questo punto Iverson passa ad alcune proprietà più operative della notazione del calcolo, che riguardano cosa possiamo fare con essa. Il primo di questi requisiti, intimamente connesso con la capacità di evocare, è un requisito di “astrazione”¹⁵. La notazione deve permettere di *subordinare dettagli*:

“la brevità facilita il ragionamento. La brevità è ottenuta mediante la subordinazione dei dettagli”.

È questo un aspetto cruciale. La complessità può essere dominata solo suddividendo un problema in sottoproblemi, risolvendo ciascuno di questi per proprio conto e, quindi, descrivendo come ricomporre le soluzioni dei sottoproblemi per ottenere una soluzione del problema originale. Permettere la subordinazione dei dettagli vuol dire che un linguaggio di programmazione deve dare gli

¹³ A titolo d'esempio, la frase $(\sim R \in R^0 \times R)/R \leftarrow 1 \downarrow \downarrow R$ è un programma completo in APL (il linguaggio di Iverson) che determina i numeri primi da 1 a R.

¹⁴ Charles Babbage (1791-1871), matematico e ingegnere britannico, progettò intorno alla metà dell'ottocento la *macchina analitica*, un vero e proprio calcolatore interamente meccanico a programma memorizzato.

¹⁵ In informatica “astrazione” indica, di norma, l'operazione concettuale con la quale si passa da una descrizione di basso livello ad una descrizione dello stesso concetto ad un livello più alto, che subordina alcuni dettagli ed evidenzia alcune caratteristiche importanti sulle quali si vuole richiamare l'attenzione.

strumenti linguistici per tutto ciò. Non solo, dunque, come e cosa calcolare, ma costrutti linguistici per esprimere in modo gerarchico e strutturato un modo per risolvere i problemi. E tutto questo deve esser fatto non moltiplicando la verbosità, ma, al contrario, mirando ad una notazione *economica*:

“l'utilità di un linguaggio aumenta col numero di argomenti che esso può trattare, ma diminuisce con le dimensioni del vocabolario e la complessità delle regole sintattiche”.

Infine, una notazione per l'espressione del calcolo deve permettere con facilità dimostrazioni formali:

“l'importanza delle dimostrazioni formali è chiara dal loro ruolo in matematica”.

4. ELOGIO DI BABELE

Dopo aver ripreso e contestualizzato le riflessioni di alcuni pionieri dell'informatica, possiamo concludere con alcune considerazioni per la formazione dell'informatico contemporaneo. L'informatica è oggi molte cose insieme. Per la grande maggioranza delle persone non è che un insieme di applicazioni che rendono la vita più semplice; per molti è solo una tecnologia che permette di realizzare quelle applicazioni. Noi sappiamo, al contrario, che la sua essenza è quella di una vera scienza, che fonda quella tecnologia e permette così quelle applicazioni. È la scienza del calcolo e dell'interazione: studia i procedimenti effettivi di elaborazione (e memorizzazione, trasmissione ecc.) dell'informazione. Condivide con altre scienze, prime tra tutte la matematica e la fisica, lo studio delle tecniche risolutive di determinati problemi (il *problem solving*). A questo studio porta almeno due contributi originali, cioè concetti scientifici propri, che costituiscono il suo oggetto primario di studio e di comprensione. Il primo è quello di *procedimento effet-*

tivo: ricerchiamo una soluzione *calcolabile*, cioè effettivamente realizzabile, con carta e penna o con un calcolatore, in tempo finito mediante manipolazione simbolica di un insieme finito di dati di ingresso. Secondo la tesi di Church, cui abbiamo accennato, ciò è equivalente a richiedere che la produzione della soluzione sia esprimibile mediante una macchina di Turing. Ma i problemi da risolvere sono difficili e complessi. Fare *problem solving* significa decomporre, ristrutturare, risolvere sottoproblemi e ricomporre, poi, le loro soluzioni. L'informatica – e questo è un suo secondo contributo originale – mette a disposizione *strumenti linguistici* progettati affinché ciò sia possibile e, per quanto possibile, semplice. Cioè evocativo, sintetico, economico; talvolta anche bello.

Come nelle lingue naturali, due linguaggi di programmazione non saranno mai equivalenti relativamente a queste caratteristiche. Ogni *buon* linguaggio suggerisce alcune analogie, alcune generalizzazioni, alcune semplificazioni. E non altre. Passare da un linguaggio all'altro, da una notazione all'altra, evoca nuovi concetti e suggerisce nuove soluzioni.

La formazione di una figura tecnica, sia questi un ingegnere meccanico, o un fisico, o un matematico, passa sempre attraverso una fase cruciale di formazione linguistica: l'apprendimento del linguaggio di quella scienza, dei suoi termini specifici e, soprattutto, della specifica *pragmatica*¹⁶ della lingua tecnica. Ciò è vero in modo particolarissimo per l'informatica, la cui essenza primaria risiede nell'immateriale dell'espressione linguistica del calcolo e dell'interazione. Davvero in informatica la forma è sostanza: il modo di esprimere un concetto (un algoritmo, la struttura di un protocollo, un'architettura software) è altrettanto importante del concetto espresso. E questa forma è influenzata in modo cruciale dal linguaggio che scegliamo per esprimerla. Non abbiamo solo i linguaggi di programmazione: usiamo ogni giorno anche linguaggi di modellazio-

¹⁶ Seguendo un classico lavoro di Morris, la linguistica contemporanea distingue la descrizione di un linguaggio in (almeno) tre grandi ambiti: quello della *grammatica*, quello della *semantica*, e quello della *pragmatica*. Quest'ultima cerca di rispondere alla domanda “Come usare una frase corretta e sensata?”. Frasi con lo stesso significato possono essere usate in modo diverso da utenti diversi. Contesti linguistici diversi possono richiedere l'uso di frasi diverse; alcune sono più eleganti, o più auliche, o più dialettali, di altre. Comprendere questi meccanismi di un linguaggio non è meno importante del conoscerne sintassi e semantica.

ne concettuale, quelli di specifica, i design pattern per le architetture software, e così via.

La formazione dell'informatico non può fare a meno di questa polifonia. La simultanea padronanza di più linguaggi – sia dello stesso livello (più di un linguaggio di programmazione, più di un linguaggio di specifica) che di livelli diversi (linguaggi di programmazione, di modellazione, di orchestrazione ecc.) – è una grande ricchezza per l'informatico. Anzi, si tratta di un vero e proprio requisito professionale. Padronanza che non significa né superficiale infarinatura degli aspetti esterni concreti di un linguaggio, né, all'estremo opposto, conoscenza iper-specializzata dei suoi dettagli reconditi. Padroneggiare un linguaggio significa conoscerne le strutture fondamentali, e come queste si riflettono e si influenzano l'una nell'altra. Significa conoscerne i pregi e saperli sfruttare, ma conoscere e riconoscere anche i suoi difetti e le caratteristiche meno riuscite. Ma, soprattutto, occorre sapere che, come le lingue naturali, anche i linguaggi di programmazione formano famiglie ed hanno tra loro somiglianze, analogie e genealogie che ne influenzano le caratteristiche. Se è impossibile imparare bene decine di linguaggi diversi, è possibile conoscere a fondo i meccanismi che ne ispirano e guidano il progetto e l'implementazione. La conoscenza di questo quadro di riferimento è il vero strumento professionale che non invecchia.

Conoscere più linguaggi di programmazione non è solo una riga in più su un *curriculum vitae*; la Babele dei linguaggi è una ricchezza e una benedizione. Parafrasando Steiner:

*"come doveva esser monotono programma-
re in Paradiso!"*

Bibliografia

- [1] Böhm C.: *Calculatrices digitales: Du déchiffrement de formules logico-mathématiques par la machine même dans la conception du programme*. *Ann. di Mat. Pura ed Applicata*, Vol. 37, n. 4, 1954, p. 175-217.
- [2] Crespi Reghizzi S.: *La compilazione: concetti e sviluppi tecnologici*. *Mondo Digitale*, 2, 2006, p. 65-72.
- [3] Felleisen M.: *On the expressive power of programming languages*. ESOP 1991, Springer LNCS, Vol. 432, 1991, p. 134-151.
- [4] Iverson K.: *Notation as a tool for thought*. *Comm. of ACM*, Vol. 33, n. 8, 1980, p. 444-465.
- [5] Steiner G.: *After Babel: Aspects of Language and Translation*. Oxford University Press, 1975.
- [6] Steiner G.: *Errata: An Examined Life*. Weidenfeld and Nicolson, 1997. Trad. it., Garzanti, 1998.
- [7] Wittgenstein L.: *Remarks on the Philosophy of Psychology*. Vol. 1, Blackwell, Oxford, 1980.

Il seguente articolo è una semplice introduzione ai linguaggi di programmazione:

- [8] Succi G.: *Evoluzione dei linguaggi di programmazione*. *Mondo Digitale*, n. 4, 2003, p. 39-52.

Sullo stesso argomento, e anche sui fondamenti della calcolabilità e la tesi di Church, contributi elementari e ben scritti sono quelli della rubrica "Dentro la scatola" di Mondo Digitale, curata da F. Screiber. In particolare:

- [9] Ghezzi C.: *I linguaggi di programmazione*. *Mondo Digitale*, n. 1, 2006, p. 61-66.
- [10] Mandrioli D.: *Potenza e limiti del calcolo automatico*. *Mondo Digitale*, n. 1, 2005, p. 62-67.
- [11] Mandrioli D.: *Formule, numeri e paradossi*. *Mondo Digitale*, n. 2, 2005, p. 63-69.

Un manuale recente in italiano sui linguaggi di programmazione, che non richiede prerequisiti significativi è:

- [12] Gabbriellini M., Martini S.: *Linguaggi di programmazione*. McGraw-Hill, 2007.

SIMONE MARTINI è ordinario di Informatica presso la Facoltà di Scienze Mat. Fis. e Nat. dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, dove è coordinatore del Dottorato di ricerca in Informatica. Laureato in Scienze dell'Informazione e Dottore di ricerca in Informatica, ha insegnato anche nelle università di Pisa e Udine, e trascorso periodi di ricerca a Stanford, l'École Normale Supérieure di Parigi, l'Université de Paris Nord, l'University of California at Santa Cruz. È membro dei consigli direttivi della European Association for Computer Science Logic e dell'Associazione Italiana di Logica e Applicazioni. Le sue ricerche riguardano la teoria dei linguaggi di programmazione ed i fondamenti logici dell'informatica.

E-mail: martini@cs.unibo.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.



Un approccio “mobile” nel settore della distribuzione alimentare

Daniele Restelli, Donatella Sciuto

1. INTRODUZIONE

Il presente caso descrive l'adozione di una *soluzione mobile* da parte di un'azienda operante nel settore della distribuzione alimentare. Il mutare del contesto di mercato, divenuto sempre più saturo e con una gestione sempre più complessa, ha portato l'azienda in analisi a dotarsi di una soluzione che le permettesse di fronteggiare le sfide competitive che le si presentavano. L'adozione di dispositivi mobili (computer portatili e *smartphone*) e l'integrazione con il sistema informativo hanno permesso di rendere più efficiente e flessibile una parte del processo di vendita. L'introduzione della soluzione è stata accolta con soddisfazione da tutti gli attori coinvolti nel processo e, in particolare, è stata percepita e adottata con entusiasmo dai principali utilizzatori, la forza commerciale, fattore indispensabile per il successo dell'operazione.

Nel presente articolo, viene descritta l'esperienza di Ristopiù, analizzandone il *core business* e le pressioni del contesto competitivo, ma soprattutto le valutazioni e gli impatti legati alla scelta di adottare una soluzione mobile.

2. RISTOPIÙ LOMBARDIA E IL GRUPPO

Ristopiù Lombardia ha per oggetto sociale il commercio all'ingrosso, la distribuzione e la movimentazione di prodotti alimentari e bevande, sia confezionate, sia a conservazione surgelata, congelata e a temperatura controllata. Ristopiù Lombardia è parte di un gruppo di aziende, tutte operanti nel settore alimentare, la cui costituzione si è rivelata opportuna a causa della variazione del contesto legislativo e della situazione di mercato. La creazione di questo gruppo ha permesso di ridurre gli investimenti in strutture, principalmente magazzini e automezzi, e di centralizzare alcune funzioni comuni.

Le aziende del gruppo sono Ristopiù Lombardia SpA, Ristopiù Piemonte SpA e Lagogel SpA. In particolare, le prime due aziende si occupano del mercato alimentare nelle regioni Lombardia e Piemonte con un *core business* focalizzato sulla vendita diretta a bar e ristorazione.

La terza azienda, Lagogel, si rivolge alla grande distribuzione organizzata (GDO), offrendo i propri servizi a minimarket e grandi piattaforme di vendita al pubblico (ipermercati), oltre a svol-

gere attività di piattaforma distributiva e di vendita diretta (*normal trade*) nel settore alimento. Il *core business* è quindi la distribuzione, *per conto* (mercati speciali), dei prodotti forniti dalle aziende produttrici (esempio, Nestlé, Bonduelle), di cui l'azienda è rappresentante sul territorio e per cui si occupa di gestire il parco clienti.

Le tre aziende sono tutte nate dalle esperienze di agenti che, successivamente, sono diventati concessionari e infine si sono specializzati nelle attività che ancora oggi operano. Questa dinamica evolutiva ha portato alla costituzione di società dove la proprietà continua a rivestire il ruolo del management.

Nonostante le tre aziende abbiano mantenuto le loro identità giuridiche, parte della gestione operativa è stata aggregata, concentrando in un'unica struttura la gestione di alcune funzioni, quali la gestione del sistema informatico e informativo, l'amministrazione, il call center e aggregando la gestione dei magazzini di Lagogel e Ristopiù Lombardia.

Questa struttura condivisa, che non costituisce un'entità giuridica in senso stretto, è nata con l'obiettivo di ridurre i costi della struttura comune, condividendoli con società simili ma operanti in territori o settori diversi. Le tre aziende sono di piccole e medie dimensioni; in particolare, le due aziende lombarde (Ristopiù Lombardia e Lagogel) sono medie imprese, mentre la terza, operante sul territorio piemontese, è una piccola impresa.

Nel presente caso l'analisi sarà focalizzata su Ristopiù Lombardia, in quanto è stata la principale promotrice dell'adozione della soluzione mobile, anche se la descrizione della soluzione e delle valutazioni compiute possono essere riferite ad ognuna delle tre aziende.

Ristopiù Lombardia è un'azienda commerciale nata formalmente nel 1999 a seguito dell'acquisizione del ramo d'azienda relativo al settore bar e ristorazione di alcune strutture già esistenti sul territorio dal 1950 e fondate una dalle famiglie dell'attuale presidente e dell'altro amministratore.

Nel 2006 l'azienda ha fatturato poco più di 11 milioni di euro (11.702.319 €) contando su una struttura in sede di 15 dipendenti.

Per avere una stima significativa della forza lavoro impiegata in azienda è però necessario tenere in considerazione anche il numero di agenti im-

piegati per la vendita sul territorio, inquadrati Enasarco (Ente Nazionale di Assistenza per gli Agenti e i Rappresentanti di Commercio) e quindi soggetti giuridicamente indipendenti (non assunti) dalla società. In Ristopiù Lombardia gli agenti sono 20, stima che sale a 50 considerando il gruppo composto dalle tre società operanti sul territorio lombardo e piemontese.

La gestione è centralizzata nelle mani dei due proprietari, che, contrariamente a ciò che accade nelle aziende con una piccola struttura (15 dipendenti), si affidano a qualificati collaboratori per la gestione relativa a settori tecnico/specifici.

Dopo aver fissato le linee strategiche, la gestione dell'adozione della soluzione mobile è stata demandata al responsabile dei sistemi informativi, che si è occupato di tutti gli aspetti, da quello tecnologico relativo alla scelta dell'architettura e dell'hardware, a quello della gestione del cambiamento nei confronti della forza vendita.

3. LA DISTRIBUZIONE PER CONTO, IL NORMAL TRADE, LA TENTATA VENDITA E LA PREVENTITA

Il mercato dell'alimento è caratterizzato da una peculiarità di gestione: le consegne *per conto*, aspetto che risulta più marcato nel caso di Lagogel e meno per Ristopiù.

Nelle consegne *per conto* lo sforzo di vendita è rivolto ai clienti finali dei propri fornitori, a cui viene consegnata la merce da parte di Ristopiù, per conto del fornitore.

Tale modello presenta delle criticità insite nel tipo di gestione: la fatturazione della merce è direttamente gestita del fornitore verso il cliente finale, mentre Ristopiù provvede alla presa ordine e consegna del prodotto. A fronte di tale servizio Ristopiù fatturerà un compenso per le consegne effettuate per conto dello stesso.

La forza commerciale di Ristopiù risiede quindi nella capacità di offrire ad un unico cliente i prodotti provenienti da più fornitori, oltre che i propri effettuando anche vendite dirette (*normal trade*). Questo contesto aumenta la complessità del modello, perché l'azienda, e di conseguenza il sistema informativo, devono supportare la modalità di consegna per conto di vari fornitori in termini di raccolta ordini, della gestione delle bolle accompagnatorie (suddivise

per singolo fornitore), dell'invio ai singoli fornitori dei dati di avvenuta consegna e la gestione di tutti i dati per l'emissione delle fatture e per il calcolo dei compensi spettanti a Ristopiù.

Inoltre, nei modelli di business come sopra descritti esistono due diverse modalità operative adottabili per proporsi al cliente: la tentata vendita e la prevendita.

La tentata vendita è una modalità di vendita in cui l'agente si reca dal cliente con la merce in carico sull'automezzo, che tipicamente deve essere un automezzo refrigerato per poter garantire la continuità nella conservazione del prodotto - per mantenere la catena del freddo, nel caso degli alimenti surgelati - in conformità alla normativa HACCP (normativa che fissa degli standard per la produzione e la distribuzione di alimenti).

La gestione delle vendite tramite l'approccio tentata vendita, necessita il supporto di terminali in grado di operare, presso la sede del cliente, una serie di operazioni e di produrre dei documenti, quali, per esempio, la bolla accompagnatoria. Questa operazione è indispensabile per permettere all'agente di non rientrare in sede per creare il documento.

La figura necessaria per la tentata vendita è un mix tra il consegnatario e l'agente. Operando in un mercato aggressivo diventa fondamentale avere una figura che si occupi delle vendite con le capacità di argomentare e proporre i prodotti, invece di occuparsi della consegna materiale delle merci.

Nella tentata vendita la figura professionale dell'agente è forzatamente poco specializzata perché deve occuparsi delle attività tipiche di un magazziniere, per caricare la merce sul mezzo, dell'agente di commercio per la vendita e, infine, rivestire il ruolo del consegnatario per lo scarico e la sistemazione della merce presso il cliente. Utilizzare la tentata vendita è vantaggioso perché permette di avere una consegna immediata, dato che la stagionalità del prodotto induce il cliente a mantenere il più basso livello di scorte possibile e, di conseguenza, la rapidità di consegna diviene un servizio indispensabile.

In passato, senza l'ausilio delle tecnologie ICT, era possibile erogare questo servizio solo grazie ad un "magazzino mobile" all'interno del mezzo del venditore. Di fatto, invece di estendere il sistema informativo, veniva esteso il magazzino,

con tutti i problemi e i costi tipici della movimentazione fisica delle merci.

Un limite ulteriore della tentata vendita è la stazza (capienza) del furgone, che risulta essere un vincolo soprattutto alle necessità dei bar, che ordinano una gamma molto estesa di prodotti, dal caffè, ai piatti pronti per il pranzo, agli alcolici per gli aperitivi, oltre a tutti i prodotti tipici, come gelati e panetteria.

Un sistema alternativo alla tentata vendita è la prevendita, in cui l'agente si reca dal cliente per la presa degli ordini senza la merce, che verrà consegnata il giorno seguente.

La prevendita permette di ridurre gli automezzi necessari, perché tipicamente per ogni due agenti c'è solo una persona che consegna la merce; questo permette anche la divisione delle figure coinvolte, con la conseguente possibilità di utilizzare figure maggiormente specializzate.

Un ostacolo alla diffusione della prevendita è costituito dalla mentalità del cliente, che tipicamente non è abituato alla pianificazione degli acquisti. Nell'ultimo periodo si può notare un lieve cambio della mentalità dei clienti, legato ad un progressivo cambiamento del mercato di fornitura, che in modo omogeneo si orienta verso la prevendita, costringendo i clienti a operare una programmazione degli acquisti.

Nella prevendita il venditore assume un ruolo di autonomia talmente elevato da permettere all'azienda di poter ampliare il proprio parco clienti senza incrementare la forza lavoro all'interno dell'azienda.

Questo è possibile grazie all'utilizzo di soluzioni mobili, grazie alle quali il processo di vendita si può focalizzare solo sul controllo degli ordini, la gestione delle giacenze di magazzino (per verificare le effettive consegne delle merci) e la gestione dei rapporti con i fornitori/clienti.

Inoltre, i mercati della grande distribuzione accettano solo i fornitori che utilizzano la prevendita, perché l'organizzazione per il ricevimento merci, prevede la presa e la consegna dell'ordine vengano effettuate in determinati orari prestabiliti dal cliente. Un secondo fattore è ovviamente legato alle quantità, dato che sarebbe troppo dispendioso gestire i volumi di un ipermercato con la tentata vendita.

Per evidenti motivi, Ristopiù Lombardia incentiva la prevendita rispetto alla tentata vendita, per

la facilità di gestione e per il minor costo legato ad una minore movimentazione delle merci. La scelta dell'approccio da utilizzare è legata alla dimensione della struttura del cliente: più l'azienda è piccola, più è sensato che venga utilizzata la tentata vendita, più l'azienda è grande, più è sensato che sia utilizzata la prevendita. Nel gruppo Ristopiù coesistono realtà di dimensioni diverse e orientate a mercati diversi, per questo motivo il sistema informativo deve supportare entrambe le modalità.

4. GLI STIMOLI DEL CONTESTO COMPETITIVO

La forte concorrenza e il cambiamento del mercato, inteso come cambiamento delle necessità della clientela in termini di prodotti e modalità operative di acquisto, hanno fornito un forte impulso verso l'informatizzazione e l'automazione di parte dei processi di vendita.

In un mercato estremamente competitivo, con margini molto bassi e con prezzi allineati, le aziende fornitrici devono fornire dei servizi accessori per differenziarsi dalla concorrenza, inducendo così un cambiamento delle attese dei clienti, che diventano più sensibili alla qualità del prodotto e del servizio.

Per poter fornire un servizio migliore, è necessario sostenere dei costi maggiori ed effettuare degli investimenti; questa situazione spinge l'azienda a rendere il più possibile efficiente il processo di gestione degli ordini.

La necessità di adottare tecnologie ICT a supporto della forza vendita è stata creata da un insieme combinato di fattori. La necessità fondamentale è il contenimento dei costi perché, come sempre accade in un mercato saturo, i margini di guadagno sono divenuti estremamente bassi. Un secondo fattore è rappresentato dalla necessità di avere sotto controllo la forza vendita. Infine, il terzo fattore è la necessità di poter gestire i canvas che negli anni passati erano creati per soddisfare solo la grande distribuzione, mentre ora sono indispensabili anche per il mercato della ristorazione.

I canvas sono degli insiemi di offerte, sconti e promozioni che ogni distributore e produttore è costretto ad offrire al cliente. Queste offerte sono tipicamente legate all'acquisto di un insieme di diversi prodotti venduti con particolari politiche di sconto. La diffusione dei canvas è

legata alla necessità di sostituire altre facilitazioni commerciali scomparse, come l'esclusività di zona che è divenuta inutilizzabile a causa di una forte concorrenza di prodotti molto simili tra loro. La proposta dei canvas diventa quindi uno strumento commerciale per permettere all'agente di contrattare con il cliente.

5. SISTEMI INFORMATIVI/INFORMATICI UTILIZZATI

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.

Nell'elenco seguente sono riportati i passaggi fondamentali relativi alle soluzioni a supporto del processo di vendita:

- 1954 – tentata vendita (con supporti cartacei);
- 1970 – tentata vendita (parzialmente informatizzata);
- 1994 – introduzione della prevendita e necessità di riduzione dei costi;
- 2000 – passaggio alla prevendita informatizzata;
- 2007 – introduzione sistema mobile per prevendita e tentata vendita.

Nel 1994 sono stati acquistati i primi terminali industriali che permettevano la memorizzazione degli ordini.

Questi terminali sono rimasti in dotazione agli agenti fino all'anno 2000, quando è stata presa la decisione di rinnovare i terminali e i sistemi operativi e gestionali dell'azienda. Questa necessità è nata a seguito dell'acquisizione di un concorrente che ha portato a un aumento del numero dei venditori e della varietà dei prodotti trattati.

Oltre a questo fattore, i consulenti informatici esterni all'azienda non assicuravano un corretto funzionamento delle applicazioni software a causa del *millenium bug*.

Fino all'inizio degli anni 2000, ogni agente redigeva autonomamente la lista dei clienti da visitare e per ogni cliente visitato eseguiva la registrazione degli ordini e la stampa bolle per la merce consegnata. Queste operazioni venivano eseguite utilizzando i terminali che, attraverso un programma DOS, permettevano agli agenti di inserire tutte le informazioni necessarie. Questa operazione richiedeva una perfetta conoscenza del catalogo prodotti, dato che era

necessario inserire tutte le informazioni, compresi i codici dei prodotti.

Un altro svantaggio di questa soluzione era dato dal fatto che l'agente era obbligato a recarsi in azienda alla fine della giornata per scaricare tutti gli ordini sul "concentratore" sotto forma di file testuali.

Il concentratore era un computer presente in azienda, che permetteva "l'accumulo" dei dati scaricati da tutti i dispositivi sotto forma di file testuali, ed era utilizzato per permettere ai programmi gestionali di connettersi e importare i file con i dati delle vendite.

Per descrivere questa soluzione, si citano prevalentemente i terminali perché era l'unico componente utilizzato. Questi terminali venivano utilizzati come computer portatili per svolgere le operazioni di automazione d'ufficio più semplici (compilazione dell'ordine, stampa bolla), e permettevano di risolvere i problemi legati alle attività più operative e di automatizzare solo parte delle attività di data entry degli ordini.

Nei primi anni 2000, oltre ai cambiamenti interni dell'azienda si sono verificati dei cambiamenti del mercato che hanno avuto un impatto sul modo di operare dei clienti.

Ristopiù si è dovuta adattare modificando le proprie modalità operative, portandola ad avere la necessità di automatizzare il processo di vendita per gestire i clienti in modo flessibile ed elastico.

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.

Tutti i sistemi di vendita (per la prevendita e per la tentata vendita) dovevano fornire la possibilità di analisi e reportistica degli storici degli acquisti dei clienti. Queste funzionalità facilitano il venditore su due versanti: il primo è relativo alla possibilità di eseguire una pianificazione degli acquisti a favore del cliente, che non sempre ha la capacità o la necessità di operare una pianificazione degli acquisti.

Il secondo fattore è prettamente legato alle facilitazioni per l'inserimento dell'ordine. I cataloghi sono tipicamente composti da più di 2000 prodotti e lo storico del cliente permette di fil-

trare tutti i prodotti del catalogo per presentare solo i prodotti acquistati dal cliente.

Un ulteriore obiettivo è quello di proporre i possibili prodotti accessori che, in condizioni normali, l'agente non prenderebbe in considerazione perché dispersi nel catalogo.

Il sistema mobile deve quindi supportare la raccolta di un unico ordine in modo agevole, non discriminando i prodotti in base al fornitore a monte ed emettere in loco le diverse bolle per i relativi fornitori.

Per questi motivi, i dispositivi utilizzati devono essere performanti per poter eseguire tutti i calcoli necessari a sgravare l'agente dal lavoro di gestire il processo di consegna per conto terzi.

Nel caso in cui la visita sia per tentata vendita, il terminale deve anche essere in grado di segnalare la disponibilità della merce sul mezzo (una sorta di gestione del magazzino mobile).

L'aspetto che premeva implementare nell'applicazione software era la possibilità di legare gli agenti ad un "giro di visite" organizzato dagli agenti stessi e dichiarato alla casa madre. In questo modo la casa madre può avere un quadro della disponibilità degli agenti e può quindi fissare dei nuovi appuntamenti con potenziali clienti. Un sistema simile permette alla casa madre di organizzare le visite ai propri clienti e, soprattutto, di effettuare delle verifiche sull'effettiva operatività degli agenti stessi, in termini di rispetto degli appuntamenti.

Un aspetto non secondario è rappresentato dai vincoli che il sistema può imporre in fase di inserimento dell'ordine: l'applicazione software deve poter gestire lo storico dei pagamenti, impedendo all'agente di raccogliere gli ordini dai clienti che risultano non in regola con i pagamenti. Questo aspetto non è di secondaria importanza perché fornisce all'agente la possibilità di addossare al sistema l'impossibilità di raccogliere gli ordini e di stimolare il cliente al rispetto delle tempistiche di pagamento.

Un aspetto molto apprezzato dagli agenti riguarda la possibilità di connettersi utilizzando le tecnologie wireless. L'aspetto di comunicazione non è irrilevante, perché permette agli agenti di trasmettere i dati degli ordini da qualsiasi luogo, permettendo al venditore un notevole risparmio di tempo e, contemporaneamente, permettendo all'azienda di operare una migliore gestione del magazzino. Per quest'ultimo aspetto è necessario ricordare che le consegne per la prevendita

avvengono nel giorno successivo all'ordine e per i magazzinieri risulta più efficiente poter organizzare i carichi nel giorno stesso dell'ordine.

L'introduzione delle nuove tecnologie di connettività (in particolare HSDPA) ha notevolmente migliorato le condizioni di lavoro, in termini di possibilità di trasmissione (con il GSM non in tutti i luoghi era possibile trasmettere agevolmente), ma soprattutto per i tempi di trasferimento dei dati.

I dati vengono sincronizzati almeno due volte al giorno per quanto riguarda la prevendita, mentre per la tentata vendita viene eseguita solo la richiesta di riordino.

Infine, il sistema permette di gestire facilmente la sostituzione o la mancanza (per ferie, malattia o termine del rapporto) di un agente, fornendo al sostituto uno strumento in grado di presentare tutte le informazioni che altrimenti rimarrebbero di proprietà esclusiva del venditore assente.

6. RISULTATI ED IMPATTI

I fattori che hanno influenzato l'adozione di una soluzione mobile all'interno di Ristopiù sono sempre stati legati alla percezione di una tecnologia non adeguata a supportare l'automazione del processo di vendita.

Questo scetticismo ha riguardato, negli anni passati, tutte le componenti tecnologiche: i dispositivi hardware, le applicazioni software (sul *client*) e la connettività wireless.

Per quanto riguarda i dispositivi, Ristopiù ha sempre considerato come caratteristica indispensabile la solidità del dispositivo perché la figura professionale del venditore, soprattutto per la tentata vendita, è molto più vicina alla figura di un addetto allo scarico merci piuttosto che a quella di un commerciale.

Questo significa che il dispositivo deve avere delle caratteristiche adatte alle sollecitazioni fisiche e all'ambiente in cui verrà utilizzato, come la robustezza e la facilità d'utilizzo.

Inoltre, Ristopiù ha sempre avuto la percezione che l'evoluzione dei dispositivi segna l'evoluzione dei sistemi per la prevendita; questo è dovuto al fatto che maggiori sono le facilitazioni che vengono fornite al venditore, maggiore deve essere la potenza di calcolo del dispositivo.

La logica utilizzata per la scelta del dispositivo è stata indirizzata alla scelta del prodotto con le migliori garanzie di qualità di funzionamento.

Attualmente sono utilizzati dei mini computer portatili Panasonic di tipo militare, che offrono le caratteristiche di robustezza e di capacità di calcolo necessarie per il lavoro che devono supportare.

Oltre alle caratteristiche fisiche dei dispositivi, hanno influito nella scelta gli accordi commerciali in termini di garanzia e in termini di rapidità nella manutenzione. Quest'ultimo aspetto non è irrilevante perché il non funzionamento di un dispositivo non permette al venditore di lavorare, con conseguenti perdite per il venditore e per l'azienda, oltre che i disservizi al cliente.

Un ulteriore aspetto riguarda le applicazioni software; la progressiva dismissione della tentata vendita che si è verificata su tutto il mercato ha comportato una progressiva scomparsa degli strumenti ICT a supporto di questa metodologia. I software che permettono la gestione della tentata vendita sono divenuti molto difficili da reperire.

Da un punto di vista organizzativo, nel 2000 la struttura di vendita era composta dal responsabile delle vendite che gestiva direttamente la rete dei venditori e riportava direttamente alla direzione. Dato il forte sviluppo del mercato, in questo periodo l'azienda si è riorganizzata per gestire i venditori in relazione al territorio, introducendo la figura dell'area manager che ha il compito di controllare la rete per valutare la qualità del servizio offerto ai clienti.

L'introduzione di tecnologie mobili ha permesso alla casa madre di avere una pianificazione delle visite degli agenti, ma la separa completamente dal cliente finale che viene gestito completamente dal venditore.

Per avere una percezione delle attività del venditore, in termini di qualità del servizio offerto al cliente, Ristopiù ha creato un call-center che, oltre alle attività di marketing push effettuabili telefonicamente (per esempio: offerta di nuovi prodotti), ha il compito di contattare i clienti i cui ordinativi hanno uno scostamento significativo rispetto ai loro stessi ordinativi medi.

Questa attività serve per la raccolta di informazioni dal cliente riguardanti il calo degli ordinativi, ma anche per far capire ai venditori che sono costantemente controllati. Il tentativo è quello di spostare la fase di ordine su canali utilizzabili direttamente dal cliente, telefonicamente o via web, in modo da poter dedicare la

forza vendita alla promozione e vendita di nuovi prodotti.

Gli agenti, non dovendosi più occupare della vendita di tutti i prodotti consolidati, avranno la possibilità di specializzarsi su determinate categorie di prodotti. Il cambiamento di strategia, e quindi la necessità di una riorganizzazione interna, si è reso necessario per rispondere ai cambiamenti del mercato. Anche da un punto di vista della gestione del cambiamento ci sono stati notevoli sforzi per permettere la completa accettazione dell'innovazione introdotta.

Negli anni 2000 e 2007 in azienda ci sono stati dei forti cambiamenti, con l'introduzione di nuovi dispositivi mobili, in un contesto dove i lavoratori, non ancora tecnologicamente maturi, si sono trovati a dover adottare un terminale intelligente, abbandonando un terminale "stupido".

Dal punto di vista delle reazioni a fronte dell'introduzione della soluzione mobile, si devono distinguere due momenti distinti: la prima fase di automazione è stata quella di far passare i venditori dall'utilizzo del supporto cartaceo all'utilizzo di un dispositivo elettronico. Questo ha comportato la nascita di paure all'interno dei collaboratori di Ristopiù; i principali timori riguardavano la paura di essere sorvegliati e di non disporre più di libertà operativa. In particolare questo secondo aspetto preoccupava maggiormente gli agenti, perché le fasi di inserimento dell'ordine sono monitorate dal software e quindi soggette a vincoli determinati a priori dall'azienda.

Questa prima fase è stata la più traumatica, soprattutto per la fascia di età intermedia (35-50 anni). La fascia di età più bassa, degli "entusiasti tecnologici", si è rivelata maggiormente avveza all'utilizzo della tecnologia, mentre la fascia superiore è risultata indifferente perché vede l'introduzione della soluzione come un fastidio da accettare per il breve periodo necessario ad arrivare al pensionamento.

La fascia intermedia ha invece dimostrato una scarsa dimestichezza con la tecnologia e ha manifestato all'azienda la paura di non sentirsi adeguatamente formati per l'utilizzo dei nuovi dispositivi, per il timore di trovarsi a dover fronteggiare delle situazioni non in grado di gestire. La criticità strategica della soluzione ha portato ad un passaggio forzato alla nuova soluzione, senza la possibilità di eseguire un progetto pi-

lota per valutare l'impatto sul rendimento e l'adeguatezza degli agenti.

Il progetto è stato presentato a tutti gli agenti, seguito da un addestramento graduale, basato sull'affiancamento di una persona dedicata alla risoluzione dei problemi che potevano riscontrare gli agenti. Questo affiancamento ha permesso l'erogazione di una formazione estremamente mirata a supporto degli agenti, oltre alla fondamentale raccolta di informazioni sui possibili miglioramenti dell'applicazione software.

Il secondo passaggio che ha portato all'introduzione della soluzione mobile vera e propria è stato accolto con molto entusiasmo, perché dopo aver accantonato il timore creato dall'introduzione dei primi dispositivi portatili, la possibilità di utilizzare una soluzione realmente mobile, aveva dei vantaggi evidenti. Prima dell'introduzione il venditore era costretto a rientrare in sede per scaricare gli ordini (i file testuali) e l'incasso della giornata. L'amministrazione eseguiva tutti i controlli sul venduto per controllare se il reso della tentata vendita o gli ordini della prevendita coincidevano con l'incassato. Queste operazioni richiedevano l'impiego di una quantità di tempo e di benzina che con la soluzione mobile permetteva di risparmiare agli agenti.

Prima dell'introduzione della soluzione mobile, se l'agente era impossibilitato a rientrare in sede, gli ordini venivano dettati telefonicamente alla segretaria in azienda, e a fronte di un risparmio di tempo e denaro dell'agente vi era una perdita di tempo e denaro dell'azienda.

I dubbi degli agenti legati all'adozione si sono dissolti in breve tempo, perché i vantaggi diventano evidenti al primo utilizzo e, soprattutto in un contesto dove esiste molta competitività interna tra gli agenti, uno strumento che permette di lavorare molto più velocemente riducendo gli sforzi è ben accettato.

7. CONCLUSIONI

L'introduzione di una soluzione *mobile* in Ristopiù ha portato notevoli vantaggi a tutti gli attori coinvolti nel processo di vendita. La soluzione ha permesso all'azienda di trarre dei benefici, semplificando il lavoro della forza vendita e aumentando la qualità del servizio verso il cliente finale. Inoltre, l'azienda può utilizzare un sistema che le permette di avere un maggior controllo sul processo di vendita, sia per quanto riguarda i

0



dati relativi alle vendite, sia per quanto riguarda la gestione ed 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 la possibilità di utilizzare lo strumento che fornisce delle funzionalità per la gestione del rapporto con il cliente (CRM). Non in ultimo, il

cliente può beneficiare e percepire una qualità di servizio maggiore, fattore che permette a Ristopiù di differenziarsi dalla concorrenza.

La scelta di introdurre una soluzione mobile è stata quindi una scelta vincente, soprattutto perché, oltre ad introdurre la tecnologia abilitante, l'azienda ha puntato sull'accettazione e sulla condivisione della necessità di utilizzare una soluzione mobile.

ROBERTO BELLINI è docente di Marketing e Gestione della Relazione con il cliente nell'ambito del MIP - Politecnico di Milano, con una focalizzazione sulla innovazione nelle reti di imprese. Presiede la Sezione AICA di Milano ed è responsabile per Aica del Cantiere dei Mestieri ICT.

E-mail: roberto.bellini@polimi.it

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

DANIELE RESTELLI è docente di Information System Design alla facoltà di Ingegneria dell'Università Carlo Cattaneo LIUC e collabora con il Centro di Ricerca per l'Economia e le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (CETIC) dell'ateneo.

È presidente del CdA di Lab4 Consulting Srl, società operante nel settore della consulenza ICT rivolta alle piccole e medie imprese.

E-mail: drestelli@lab4.net

Donatella Sciuto si è laureata in Ingegneria Elettronica nel 1984 presso il Politecnico di Milano. Ha conseguito nel 1988 il PhD in Electrical and Computer Engineering presso la "University of Colorado", Boulder. Nel 1991 ha completato il corso in Economia e Gestione Aziendale (CEGA) presso la scuola di Direzione Aziendale dell'Università Bocconi. Dal 1985 al 1992 ha lavorato come ricercatore presso il Dipartimento di Elettronica per l'Automazione dell'Università di Brescia. Dal 1992 al 2000 è stata professore associato presso il DEI del Politecnico di Milano, oggi è professore ordinario in Sistemi di Elaborazione presso la stessa sede.

Insegna inoltre presso la LIUC nell'ambito dei corsi di Sistemi Informativi da più di 10 anni. Ha pubblicato più di 200 articoli in ambito internazionale. Partecipa ai comitati scientifici di revisione di numerose conferenze internazionali e riviste del settore.

E-mail: sciuto@elet.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.



Sicurezza informatica e Privacy nella scuola

Antonio Piva, David D'Agostini

1. INTRODUZIONE

Accade spesso che fatti di cronaca riportino alla ribalta il tema della *privacy* nelle scuole ponendo interrogativi sulla liceità di determinate prassi o di certi comportamenti. Si pensi, a titolo esemplificativo, all'affissione dei voti alla fine dell'anno scolastico, oppure alla pubblicazione di dati relativi ad alunni disabili.

Si tratta di problematiche di indubbio impatto sociale e di forte interesse, non solo per gli studiosi della materia, ma soprattutto per le famiglie e i genitori che, sin dall'entrata in vigore della normativa sul trattamento dei dati personali¹ hanno dimostrato una marcata sensibilità per la riservatezza dei propri figli. Ciò non può che sottolineare la necessità di sviluppare una costante attenzione nei confronti della legislazione per evitare possibili infrazioni e per stimolare un atteggiamento consapevole nei confronti di un argomento tanto sentito e attuale. Esaminiamo, pertanto, alcune ipotesi di applicazione della normativa sulla *privacy* con specifico riferimento agli istituti scolastici, prendendo spunto anche dai casi più comuni portati in questi anni all'attenzione del Garante, non prima di aver illustrato le principali disposizioni di legge che disciplinano questo ambito.

2. NORME

Come noto, a far data dal 1° gennaio 2004, la principale fonte del diritto in materia di protezione dei dati personali è il d.lgs. 196/03 meglio noto come "*Codice della privacy*"; tale decreto, che ha abrogato e sostituito la precedente legge 675/96, dopo aver dettato le disposizioni generali nella prima parte, nella seconda si occupa di specifici settori tra i quali l'istruzione.

In particolare l'art. 95 riconosce alle finalità di istruzione e di formazione in ambito scolastico, professionale, superiore o universitario, il "rilevante interesse pubblico" richiesto ai soggetti pubblici per il trattamento di dati personali sensibili o giudiziari. Si consideri che la quantità di dati sensibili trattati nell'ambito scolastico è davvero notevole: basta pensare ai dati sullo stato di salute, sul credo religioso, sulle origini razziali ed etniche che ogni scuola raccoglie, elabora e conserva.

Vale la pena ricordare, inoltre, che la titolarità del trattamento di dati personali spetta all'istituto scolastico frequentato dall'alunno, stante l'autonomia funzionale, didattica, organizzativa e di ricerca, sperimentazione e sviluppo ad esso riconosciuta (si veda in proposito il d.P.R. 8 marzo 1999, n. 275).

¹ Il 6 maggio 1997 è entrata in vigore la Legge 675/96 che, attuando la direttiva comunitaria 46/95/CE, per la prima volta introduceva nell'ordinamento italiano la disciplina della tutela delle persone rispetto al trattamento dei dati personali. Ampia trattazione a questo tema è stata riservata, in occasione del decimo anniversario della normativa stessa, nel numero 22 del giugno 2007 di *Mondo Digitale*, al quale si rinvia.

Riquadro 1

Le schede del regolamento ministeriale

Scheda n. 1 – Selezione e reclutamento a TI e TD e gestione del rapporto di lavoro

Scheda n. 2 – Gestione del contenzioso e procedimenti disciplinari

Scheda n. 3 – Organismi collegiali e commissioni istituzionali

Scheda n. 4 – Attività propedeutiche all'avvio dell'anno scolastico

Scheda n. 5 – Attività educativa, didattica e formativa e di valutazione

Scheda n. 6 – Scuole non statali (relativamente agli eventuali dati sensibili e giudiziari che emergono nell'attività di vigilanza e controllo effettuata dall'Amministrazione e dai dirigenti scolastici delle scuole primarie incaricati della vigilanza sulle scuole non statali autorizzate)

Scheda n. 7 – Rapporti Scuola-Famiglie: gestione del contenzioso

In buona sostanza, ogni scuola -al pari di ogni altra Pubblica Amministrazione- può legittimamente trattare tutti i dati comuni (per esempio, i dati anagrafici) necessari per lo svolgimento delle proprie funzioni istituzionali; mentre il trattamento dei dati sensibili e giudiziari degli alunni (in conformità a quanto disposto dagli art. 20 e 21) viene consentito solo in riferimento ai tipi di dati e di operazioni identificati e resi pubblici con regolamento adottato in conformità al parere espresso dal Garante per la protezione dei dati personali.

In ottemperanza a tale previsione, il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca in data 7 marzo 2006 ha presentato al Garante lo schema di regolamento concernente le tipologie di dati sensibili e giudiziari, nonché delle operazioni eseguibili a cura del Ministero stesso e delle istituzioni scolastiche ed educative pubbliche. Nel regolamento, successivamente approvato con Decreto ministeriale n. 305 del 7 dicembre 2006², viene chiarito, tra l'altro, che i dati sensibili degli studenti possono essere usati solo per specifiche finalità: i dati sulle origini razziali ed etniche possono essere trattati solo per favorire l'integrazione degli alunni con cittadinanza non italiana; i dati relativi alle convinzioni religiose solo per garantire la libertà di credo religioso; i dati sulla salute solo per l'erogazione del sostegno agli alunni disabili, dell'insegnamento domiciliare e per il servizio di refezione; le informazioni sulle convinzioni politiche solo per la costituzione e il funzionamento delle consulte e delle associazioni degli studenti e dei genitori; i dati

² Il Decreto risulta pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n.11 del 15 gennaio 2007.

di carattere giudiziario sono trattati solo per assicurare il diritto allo studio anche a ragazzi sottoposti a regime di detenzione.

Il testo del Regolamento, molto snello ed essenziale, è suddiviso in 3 articoli nei quali si richiama il menzionato d.lgs. 196/03 e si sottolinea l'obbligo di trattare dati sensibili e giudiziari solo previa verifica della loro pertinenza, completezza e indispensabilità rispetto alle finalità perseguite nei singoli casi, specie quando la raccolta non avvenga presso l'interessato (art. 2).

Sono parte integrante del Regolamento 7 schede che individuano tutti i dati sensibili e giudiziari trattati dalle scuole, suddividendoli in ambiti [riquadro 1].

Ogni scheda consente alle scuole di individuare chiaramente i trattamenti consentiti, le finalità di rilevante interesse pubblico perseguite, le fonti normative, i soggetti esterni pubblici e privati a cui è possibile comunicare i dati, i tipi di dati trattati. Inoltre è molto importante non perdere di vista il contesto in cui il trattamento si svolge descritto in maniera riassuntiva dalle schede medesime.

Per esempio per le operazioni propedeutiche di avvio dell'anno scolastico (scheda n.4) non è consentito il trattamento dei dati relativi alle convinzioni filosofiche, che invece è consentito per la gestione del contenzioso e procedimenti disciplinari (scheda n.2).

Agli effetti pratici, le schede risultano estremamente importanti dal punto di vista operativo e costituiscono una "guida" obbligatoria cui le scuole non possono derogare. A titolo esemplificativo, nella gestione del rapporto di lavoro (scheda n. 1), i dati idonei a rilevare l'adesione al sindacato possono essere trattati solo per operare la ritenuta sindacale e per l'esercizio dei diritti sindacali: un trattamento per fini diversi sarebbe illegittimo.

L'adozione del Regolamento da parte del Ministero, pur non richiedendo una successiva adozione da parte delle scuole (obbligate per legge a rispettarlo), ha comportato la necessità di rivedere e modificare alcuni atti già adottati e i procedimenti interni alla scuola seguiti nel trattamento dei dati sensibili e giudiziari.

Risulta, infatti, necessario che:

□ nel Documento Programmatico per la Sicurezza la parte relativa all'elenco dei dati personali trattati (punto 19.1 del Disciplinare tecnico contenuto nell'Allegato B al d.lgs. 196/03) sia

adeguata alle prescrizioni e indicazioni contenute nelle schede;

□ il Titolare del trattamento (vale a dire il dirigente scolastico) adegui la nomina del Responsabile del trattamento richiamando le prescrizioni contenute nel Regolamento e fornendo gli indirizzi per la loro attuazione nei procedimenti amministrativi e nella gestione delle attività;

□ il Responsabile del trattamento (per la parte relativa al personale posto alle sue dirette dipendenze) e il Titolare del trattamento (per il personale docente) adeguino le designazioni degli incaricati del trattamento, modificando, se necessario, le autorizzazioni concesse e le linee guida emanate;

□ la conoscenza del Regolamento sia oggetto dell'attività di formazione del personale incaricato prevista dal d.lgs.196/03;

□ nell'informativa agli interessati si faccia riferimento al rispetto da parte della scuola alle prescrizioni del Regolamento;

□ si dia evidenza dell'aggiornamento del Documento Programmatico per la Sicurezza nella relazione al programma annuale.

Il Garante, dal canto suo, ha ribadito recentemente³ la necessità di delimitare la consultazione diretta di banche dati e le interconnessioni tra sistemi informativi delle scuole, in quanto tali operazioni potrebbero determinare un'ingiustificata circolazione dei dati degli interessati. In particolare l'Autorità ha disposto che i dati vengano trasmessi mediante un diverso tipo di collegamento informatico o telematico che consenta agli altri uffici della Scuola e ad altri soggetti pubblici di consultare i dati solo su richiesta.

A tal proposito, trova applicazione l'art. 96 del Codice della privacy, laddove è previsto che *"al fine di agevolare l'orientamento, la formazione e l'inserimento professionale, anche all'estero, le scuole e gli istituti scolastici di istruzione secondaria, su richiesta degli interessati, possono comunicare o diffondere, anche a privati e per via telematica, dati relativi agli esiti scolastici, intermedi e finali, degli studenti"*; possono, inoltre, essere comunicati anche altri dati personali degli alunni, purché non siano sensi-

bili o giudiziari, e abbiano rilevanza in relazione alle predette finalità.

La norma in chiusura richiama espressamente il decreto del Presidente della Repubblica 24 giugno 1998, n. 249 (*Regolamento recante lo statuto delle studentesse e degli studenti della scuola secondaria*) e la tutela del diritto dello studente alla riservatezza ivi sancita.

3. CASI

In questi anni il Garante si è pronunciato su molteplici ricorsi relativi all'ambito scolastico a volte anche per sfatare alcune convinzioni erronee come il fatto che i voti dovessero rimanere segreti ed essere consegnati in busta chiusa agli studenti. Gli stessi risultati degli scrutini finali -che, peraltro, non sono dati sensibili- devono essere pubblicati anche dopo l'avvento della normativa sulla *privacy*, essendo ciò previsto da una specifica disciplina in materia e rispondendo a principi di trasparenza.

Il 9 febbraio 2004, un'ordinanza del Ministro per l'istruzione ricorda che anche i punteggi attribuiti come crediti scolastici a ciascun alunno sono pubblicati nell'albo degli istituti, unitamente ai voti conseguiti in sede di scrutinio finale. In ciascun albo va anche pubblicato l'esito degli esami, *"con la sola indicazione della dizione non promosso nel caso di esito negativo"*; analoghe soluzioni sono state indicate in passato in varie ordinanze ministeriali del 2001 e del 2003.

Parimenti non esiste alcun provvedimento del Garante che proibisce agli alunni di rendere nota la fede religiosa o che ostacola le soluzioni da tempo in atto per la partecipazione o meno degli alunni all'ora di religione. Il necessario rispetto della volontà di ciascuno di mantenere riservate alcune informazioni sulla propria persona, infatti, non va confuso con la libertà, costituzionalmente protetta, di ognuno di manifestare liberamente le proprie convinzioni, anche di natura religiosa.

Un'importante tematica, alla quale l'Autorità ha dedicato un provvedimento⁴ *ad hoc*, è il cosiddetto "Portfolio", lo strumento didattico redatto

³ Parere 7 febbraio 2008 (relatore Giuseppe Fortunato) sullo schema di regolamento per il trattamento di dati sensibili e giudiziari predisposto dalla Scuola superiore della pubblica amministrazione locale - Bollettino del n. 92/febbraio 2008 (doc. web n. 1491594 nel sito www.garanteprivacy.it).

⁴ Si tratta della prescrizione del 26 luglio 2005 pubblicata nel Bollettino del n. 63/luglio 2005 (doc. web n. 1155253 nel sito www.garanteprivacy.it).

dall'insegnante per ciascun alunno che, oltre ai progressi formativi ed educativi dello studente, documenta interessi, attitudini, aspirazioni personali che emergono nel corso degli anni scolastici. Il *Portfolio* è compilato e aggiornato (nella scuola d'infanzia) dai docenti di sezione, ovvero (nella scuola primaria e secondaria di primo grado) dal docente *coordinatore-tutor* dell'alunno in collaborazione con altri docenti, alunni e loro genitori, i quali possono apportarvi alcune annotazioni (*allegati A, B e C del citato decreto*).

I genitori di alunni hanno lamentato possibili violazioni della riservatezza derivanti dalle modalità con cui istituti scolastici pubblici e privati trattano dati di carattere personale in relazione al *Portfolio*.

A fronte di tali segnalazioni il Garante è intervenuto precisando che il trattamento di dati personali effettuato mediante il *Portfolio* è consentito solo per raggiungere le finalità individuate direttamente dalla predetta legislazione di riforma (*d.lgs. n. 59/2004*), ovvero per valutare l'apprendimento e il comportamento degli studenti e per certificare le competenze acquisite; non possono, quindi, essere perseguite ulteriori finalità attinenti, per esempio, all'individuazione del profilo psicologico degli alunni o alla raccolta di informazioni sul loro ambiente sociale e culturale di provenienza.

Ciò premesso l'Autorità ha prescritto a tutti gli istituti scolastici di adottare idonee misure volte a favorire il rispetto della riservatezza, dell'identità e della protezione dei dati personali, considerata la quantità, la varietà e la delicatezza delle informazioni che possono essere inserite nel *Portfolio* e l'ingente numero dei minori e familiari interessati [riquadro 2].

Sono, infine, di indubbio interesse le problemati-

che relative alla tenuta del registro di classe, sia cartaceo che elettronico: considerati i noti principi di pertinenza e non eccedenza e di necessità a cui deve soggiacere ogni trattamento di dati personali, la scuola deve valutare attentamente quali informazioni annotare nel registro.

Il Decreto Ministeriale 5 maggio 1993 e l'Ordinanza Ministeriale n. 236 del 1993 indicano le funzioni che presiedono alla tenuta del registro di classe che, in linea di massima, ha lo scopo di tenere traccia delle notizie più importanti relative alla vita quotidiana della classe (assenze, lezioni, compiti, attività ecc.).

Da ciò consegue che, per la sua natura di documento volto a rendere conoscibili alcune informazioni a beneficio di tutta la classe, non è il caso che il registro contenga dati personali di natura sensibile (né, tanto meno, che venga usato per conservare certificati medici). Per lo stesso motivo, risulta assai difficile pensare che il registro di classe possa essere nascosto agli studenti i quali sono i primi interessati a conoscere molte delle informazioni contenute nel medesimo.

Quanto al registro elettronico appare opportuno ricordare l'obbligo legislativo di adottare le misure minime di sicurezza (codici personali di autenticazione, sistemi di protezione da agenti recanti danno, da intrusioni non autorizzate e sistemi di salvataggio periodico e di ripristino dei dati).

4. MISURE DI SICUREZZA

Gli adempimenti inerenti alla sicurezza dei dati e dei sistemi informatici (art. 31 del *Codice della privacy*) sono finalizzati a ridurre al minimo i rischi di distruzione o perdita dei medesimi, ovvero di accesso non autorizzato, di trattamento non consentito o non conforme alla finalità della raccolta; si prevede inoltre l'adozione di idonee misure di sicurezza in relazione al progresso tecnologico ed alle specifiche caratteristiche del trattamento di dati trattati.

Le prescrizioni sulla sicurezza dei dati e dei sistemi (art. 34 del *Codice, nonché il già citato l'Allegato B - Disciplinare tecnico in materia di misure minime di sicurezza*) comprendono tra le modalità tecniche da adottare in caso di trattamento con l'ausilio di strumenti elettronici, il ricorso a sistemi di autenticazione informatica mediante codice di identificazione personale (*username*) e parola chiave riservata (*pas-*

Riquadro 2

Le misure prescritte per il *Portfolio*

- 1 - Predisporre un modello di *Portfolio*
- 2 - Informare gli interessati
- 3 - Fornire ai docenti istruzioni per la compilazione
- 4 - Ridurre l'inserimento di dati sensibili degli alunni
- 5 - Designare gli incaricati che possono accedere
- 6 - Garantire la sicurezza dei dati
- 7 - Garantire l'esercizio dei diritti in materia di privacy
- 8 - Conservare i dati per brevi periodi
- 9 - Rilasciare il *Portfolio* all'interessato

sword)⁵, ovvero tramite dispositivi di autenticazione, per esempio, *token*, *smart card*, in possesso a uso esclusivo degli incaricati – in ambito scolastico insegnanti, personale tecnico e amministrativo.

Viene introdotto l'utilizzazione di un sistema di profili di autorizzazione, per ciascun utente o per classi omogenee⁶, in modo da limitare l'accesso ai solo i dati necessari, che deve essere periodicamente aggiornato verificando la sussistenza delle condizioni per la conservazione dei profili di autorizzazione.

I dati personali, inoltre, devono essere protetti contro il rischio di intrusione (per esempio, mediante *firewall* e programmi denominati *Intrusion Detection System*, IDS) e dall'azione di virus tramite idonei strumenti elettronici da aggiornare costantemente; vengono anche previsti l'aggiornamento periodico dei programmi finalizzati a prevenire la vulnerabilità dei sistemi e a correggerne i difetti (per esempio, *Patch* e nuove versioni) da effettuarsi almeno annualmente ed il salvataggio periodico dei dati (*back-up*) con frequenza almeno settimanale.

Il documento programmatico sulla sicurezza deve contenere l'elenco dei trattamenti, la distribuzione dei compiti e delle responsabilità, l'analisi dei rischi sui dati, le misure di sicurezza da adottare per l'integrità e disponibilità dei dati, la protezione delle aree e dei locali, la modalità di ripristino (si pensi al *disaster recovery*), il piano di formazione del personale incaricato al trattamento⁷.

Per quanto concerne l'utilizzo della Videosorveglianza da parte delle Istituzioni Scolastiche ci si riferisce al provvedimento del Garante del 29 aprile 2004⁸ e ai Principi di liceità, di necessità e di proporzionalità: l'eventuale installazione di sistemi di videosorveglianza presso istituti scola-

stici deve garantire "il diritto dello studente alla riservatezza" (art. 2, comma 2, d.P.R. n. 249/1998) e tenere conto della delicatezza dell'eventuale trattamento di dati relativi a minori. A tal fine, se può risultare ammissibile il loro utilizzo in casi di stretta indispensabilità⁹ (per esempio, a causa del protrarsi di atti vandalici), gli stessi devono essere circoscritti alle sole aree interessate ed attivati negli orari di chiusura degli istituti, regolando rigorosamente l'eventuale accesso ai dati. In relazione al principio di necessità, gli impianti di videosorveglianza possono essere attivati solo quando altre misure siano ponderatamente valutate insufficienti o inattuabili; ciascun sistema informativo e il relativo programma informatico dovrebbero essere configurati già in origine in modo da non utilizzare dati relativi a persone identificabili quando le finalità del trattamento possono essere realizzate impiegando solo dati anonimi (esempio, programma configurato in modo da consentire solo riprese generali che escludano la possibilità di ingrandire le immagini). Il software va configurato anche in modo da cancellare periodicamente e automaticamente i dati eventualmente registrati¹⁰; ed anche l'eventuale conservazione temporanea dei dati deve essere commisurata al grado di indispensabilità e per il solo tempo necessario - e predeterminato - a raggiungere la finalità perseguita¹¹.

Il sito scolastico utilizzato per promuovere le proprie attività, se offre agli utenti anche la possibilità di registrarsi tramite appositi moduli (*form*), per consentire poi di comunicare successivi aggiornamenti dell'offerta didattica o delle iniziative collaterali, deve prevedere adeguata e preventiva informativa contenente tutti gli elementi indicati all'art. 13 del Codice della Privacy (modalità di trattamento, finalità, titolare, re-

⁵ Parola chiave riservata e conosciuta solamente dall'incaricato, modificata da quest'ultimo al primo utilizzo e successivamente almeno ogni sei mesi; deve essere composta da almeno otto caratteri e non contenere riferimenti agevolmente riconducibili all'incaricato.

⁶ Per scuole si pensi agli studenti, personale ATA (in relazione agli specifici incarichi) o corpo docente.

⁷ Inoltre, per i dati personali idonei a rilevare lo stato di salute e la vita sessuale, le modalità di cifratura e di separazione dei dati dalle altre informazioni personali dell'interessato.

⁸ Si veda anche il Provvedimento a carattere generale - 29 novembre 2000 – denominato Videosorveglianza - Il decalogo delle regole per non violare la privacy.

⁹ Gli interessati devono essere preventivamente informati che stanno per accedere o che si trovano in un area video sorvegliata. Si deve perciò utilizzare adeguata informativa contenente, in forma sintetica, gli elementi dell'art. 13 del Codice della Privacy (allo scopo può essere utile riferirsi al facsimile di informatica allegato al citato provvedimento emesso da Garante sulla videosorveglianza).

¹⁰ Restano di competenza dell'autorità giudiziaria o di polizia le iniziative intraprese a fini di tutela dell'ordine pubblico o di individuazione di autori di atti criminali (per esempio, spacciatori di stupefacenti, adescatori ecc.).

¹¹ La conservazione deve essere limitata a poche ore o, al massimo, alle ventiquattro ore successive alla rilevazione, fatte salve speciali esigenze di ulteriore conservazione in relazione a festività.

sponsabile, comunicazione, diritti e modalità di esercizio degli stessi ecc.), chiarendo la natura obbligatoria o facoltativa del conferimento dei dati personali¹². Il Sito dovrà inoltre, in relazione al d.lgs. 82/2005 (*Codice dell'Amministrazione Digitale*), contenere per esempio anche l'organigramma, l'elenco completo delle caselle di posta elettronica istituzionali, i riferimenti del titolare e dei responsabili del trattamento.

Per quanto riguarda l'utilizzo degli strumenti informatici da parte del personale ed in particolare dei laboratori informatici da parte degli studenti, è opportuno predisporre e divulgare un apposito regolamento vietando per esempio la navigazione in siti contro la morale e/o potenzialmente pericolosi¹³, il download di file musicali o programmi per elaboratori senza specifica autorizzazione. Piuttosto che utilizzare un controllo a posteriori, magari analizzando i log contenuti nei sistemi¹⁴, tenendo conto della delicatezza dell'eventuale trattamento di dati relativi a minori è bene considerare l'utilizzo di appositi programmi di *web filtering* al fine di implementare una modalità di controllo preventiva. Infatti le operazioni esercitabili agli utenti dei sistemi possono essere limitate ai siti, alle pagine ed alle operazioni lecite inserendo nelle *black list* dei citati programmi i siti indesiderati, gli indirizzi IP o particolari URL, oppure le parole chiave indesiderate (non consentendo così agli utenti di visualizzare le pagine web con contenuti dubbi). La mancata ottemperanza alle disposizioni indicate nel codice della privacy comporta conseguenze sotto diversi profili¹⁵: sanzioni amministrative, risarcimento del danno, illeciti penalmente rilevanti.

I rischi pertanto impongono non una mera e statica adozione delle misure sulla sicurezza

ma anche, il costante aggiornamento e controllo delle stesse come per altro previsto dall'art. 34 e all'allegato B del Codice della privacy.

L'identificazione e l'aggiornamento costante dei processi riguardanti il controllo della sicurezza fisica, logica ed organizzativa¹⁶ al fine di garantire la riservatezza, l'analisi dei rischi per l'identificazione delle misure idonee di sicurezza, prevista dal *Documento Programmatico sulla Sicurezza*, la gestione di opportune procedure ed istruzioni operative frequentemente aggiornate¹⁷, il monitoraggio dei processi aziendali anche attraverso costanti verifiche interne tecnico-organizzative e audit, come previsto dalle norme volontarie internazionali ISO 9001, riguardanti la qualità, o più specificamente dalle norme ISO/IEC 27001, riguardanti i Sistemi di Gestione della Sicurezza delle informazioni, sono utili strumenti per garantire la Sicurezza informatica e Privacy nella Scuola.

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

DAVID D'AGOSTINI avvocato, master in informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie, collabora all'attività di ricerca scientifica dell'Università degli studi di Udine e ha fondato l'associazione "*Centro Innovazione & Diritto*". È componente della Commissione Informatica dei Consigli dell'Ordine del Triveneto, responsabile dell'area "*Diritto & informatica*" della rivista "*Il foro friulano*", membro dell'organo di Audit Interno di Autovie Venete SpA.
E-mail: studio@avvocatodagostini.it

¹² Si noti il provvedimento del 31 marzo 2003, con il quale l'Autorità Garante ha sanzionato con una multa il sito web che non aveva informato gli utenti sull'uso dei dati personali raccolti on line.

¹³ Si pensi ad armi, sesso, droga, pedofilia ecc.

¹⁴ Se da un lato è un dovere da parte delle Istituzioni scolastiche non consentire (mediante prevenzione) l'utilizzo di materiale illecito e non attinente alle attività scolastiche, dall'altro una mera strategia di controllo a posteriori potrebbe portare, analizzando i log, a violare i Principi di necessità e proporzionalità del Codice della Privacy (mediante operazioni eccedenti rispetto alla finalità); infatti potrebbero portare a conoscere dati personali sensibili (quali per esempio la vita sessuale, stato di salute, opinioni politiche o convinzioni religiose) riguardanti i dipendenti scolastici e gli allievi.

¹⁵ Per una completa trattazione si rinvia al numero 22 del giugno 2007 di *Mondo Digitale*.

¹⁶ Per il primo aspetto si cita dal controllo dell'accesso ai locali alla custodia dei supporti magnetici; per il secondo protezione delle informazioni e dei sistemi da danni legati a malfunzionamenti tecnologici accidentali o volontari; per il terzo gestione della sicurezza, policy, linee guida e procedure, audit.

¹⁷ Dando corpo alla formazione e sensibilizzazione ricorrente, a tutto il personale ed agli Studenti, sull'uso dei sistemi e sulle problematiche della sicurezza, attuazione di procedure di gestione delle credenziali di autenticazione, sistema di autorizzazione e gestione dell'ambito di trattamento consentito ai singoli incaricati, protezione da accessi non consentiti, procedure per custodia dei backup e ripristino dei sistemi, adozione ed aggiornamento antivirus, predisposizione e controllo di firewall, piano di disaster recovery.



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 modello per la professionalità ICT

Roberto Bellini

1. I FONDAMENTI DELLA PROFESSIONALITÀ

La professione ICT può essere considerata come una nuova tipologia di lavoro se confrontata con quelle di antica tradizione come l'avvocato, l'ingegnere meccanico, il medico, ecc. a causa dell'alto ritmo di innovazione delle tecnologie e delle relative applicazioni.

Anche la percezione di cosa sia la professione ICT dipende dai vari contesti in cui è inserita: cambia il significato attribuito a questo termine a seconda che si parli di un dipendente aziendale o di un consulente, di un ruolo operativo o di uno manageriale, di una competenza tecnica o comportamentale e così via. Manca in altre parole una base comune di comprensione su

cosa sia la professione ICT e quale sia il corpo di conoscenze condivisibile. Le tecnologie ICT sono infatti soggette a continui cambiamenti ed evoluzioni, dovute all'esplosione dell'innovazione nelle tecnologie digitali e all'accorciamento del ciclo di vita di questa tecnologia; di conseguenza la professionalità ICT è soggetta anch'essa a continui cambiamenti e richiede un sistematico aggiornamento delle conoscenze già acquisite, del modo di applicarle e della capacità di utilizzarle in contesti diversi: è necessario potersi riferire ad un sistema comune di competenze ICT nell'ambito di una struttura di qualificazione, da considerare come un prerequisito per lo sviluppo di un ambiente di tipo professionale in un contesto così mutevole.

A livello europeo da alcuni anni si stanno sviluppando una serie di riflessioni e di iniziative che pongono al centro della professionalità ICT l'esigenza di potersi riferire ad un unico modello che rappresenti una sorta di base comune a tutte le figure professionali operanti nel settore ICT. Una risposta a questa esigenza è stata data dagli inglesi i quali hanno introdotto come fondamento della professionalità ICT un Corpo di Conoscenze Essenziali (*Core Body of Knowledge*) comune a tutti i professional ICT. Il successivo traguardo è rappresentato dallo sviluppo di un approccio basato su competenze che potremmo descrivere come "abilità ad eseguire un insieme di attività sul posto di lavoro conformi a quanto richiesto sul mercato del lavoro. Il modello descrittivo della professionalità ICT si basa, secondo Hughes and Thomson (Harmonise 2008), su tre pilastri:

□ **competenza:** dimostra il possesso rilevante di conoscenze elementari e di capacità appropriate a una particolare attività o a uno specifico ruolo, integrato da un'esperienza pratica che completa la conoscenza teorica - **il saper fare in un contesto dato;**

□ **etica:** si riferisce a persone che si assumono una personale *responsabilità* e impegno per le decisioni che hanno preso e che lavorano finché non hanno ottenuto un risultato conforme a quanto richiesto dal committente. Diventare un professional richiede l'*impegno* a tenere fede ad un codice di condotta pubblico (**Codice Etico**) definito da istituzioni professionali o dalla comunità professionale e in cui siano esplicitamente indicati i criteri di *integrità*, *affidabilità* e *responsabilità* a cui il professionista si deve attenere;

□ **riconoscimento:** si riferisce al fatto che la professionalità ICT richiede un impegno a lavorare nell'interesse della società e la consapevolezza di aver assunto un insieme di responsabilità verso la professione; si riferisce anche al valore della attività e dei risultati del lavoro professionale riconosciuto dal committente del lavoro. Per aiutarci nel ragionamento che sviluppiamo in questo contributo, proponiamo di adottare per il modello della Professionalità ICT la schematizzazione indicata nella figura 1. Il professionista ICT, qualunque sia la modalità con cui contribuisce ad ottenere un componente di conoscenza, di prodotto o di servizio relativo alle Tecnologie Digitali e conforme a quanto richiesto dal committente, o singolarmente o nell'ambito di gruppi di progetto, o come dipendente o come libero professionista, accetta di muoversi nell'ambito dei confini indicati mettendo a disposizione del committente e dei suoi simili competenze, comportamenti etici e richieste di riconoscimento conformi a quanto indicato dalla propria comunità professionale.

2. L'IMPORTANZA DI POTERSI RIFERIRE AD UNO STANDARD CONDIVISO DELLE COMPETENZE ICT

Dall'esperienza inglese emerge un'ulteriore indicazione molto importante che riguarda la costruzione e gestione degli *standard di riferimento professionale*, che nel Regno Unito sono stati introdotti dal governo Thatcher e vanno sotto il nome di *National Occupational Standards* (Trevor Butall). L'introduzione di questi standard nasce dall'esigenza di essere più competitivi nei confronti dei concorrenti internazionali, di migliorare la qualità dei prodotti e servizi (soprattutto pubblici), di sviluppare un maggiore livello di sicurezza rispetto ad alcuni disastri nel Paese (ferrovie, piattaforme petrolifere nel mare del nord, sistema sanitario e dei servizi sociali) e, infine di poter meglio governare il forte cambiamento economico, da un'economia industriale basata su carbone, acciaio e petrolio ad un nuovo paradigma post-industriale che premierà la conoscenza, l'innovazione e il servizio al cliente.

L'introduzione dei *National Occupational Standards* non ha ovviamente risolto tutti i problemi, ma si riconosce che ha contribuito a migliorare la qualità dei servizi pubblici e anche privati e a preservare la posizione competitiva del Regno Unito

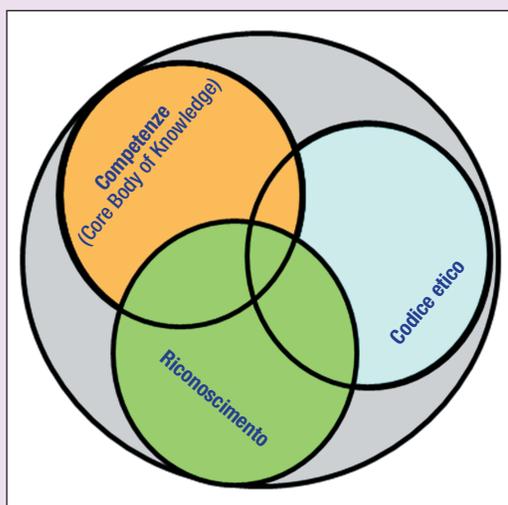


FIGURA 1
I fondamenti della professionalità ICT
(Fonte: Hughes and Thomson, 2007)

sul mercato globale nonostante i progressi delle nuove economie. L'impatto più notevole è stato sul nuovo sistema di formazione professionale inglese in cui si nota un approccio più flessibile sia da parte dei datori del lavoro che dei loro dipendenti: rispetto ad un contesto esterno che cambia in continuazione e a cui bisogna rispondere tempestivamente, cambiando gli obiettivi aziendali, i processi di lavoro e i comportamenti e rinnovando le conoscenze e le capacità di tutta la forza lavoro, il sistema dei *National Occupational Standards* ha permesso di rendere tutti i lavoratori a tutti i livelli competenti nello svolgere i loro ruoli e autonomi nel prendere le decisioni entro i limiti delle loro responsabilità.

La costruzione di uno standard di riferimento, per esempio per il settore e le fasce professionali dell'ICT, richiede però un'analisi rigorosa, dettagliata e condivisa per definire cosa sia una performance competente in un ruolo specifico: l'attenzione nella costruzione dello standard di una professionalità si sposta dalla descrizione del profilo riconosciuto dal mercato alle competenze necessarie a ciascun profilo per poter ottenere i risultati richiesti. Rispetto all'evoluzione tecnologica e ai cambiamenti nelle relative applicazioni, il profilo basato sulle competenze acquista un livello di flessibilità e di capacità in termini di adeguamento ai nuovi prodotti e servizi, ai nuovi processi e ai nuovi obiettivi dell'impresa o dell'organizzazione pubblica, notevolmente più alti. Va sottolineato che le competenze non sono una novità e una scoperta in quanto tale, dato che nel mondo del lavoro ha sempre contato il "mestiere", l'esperienza, il "saper fare" di un individuo; il passaggio richiesto dalle necessità di gestione della società della conoscenza è quello che permette di associare ad ogni profilo professionale le competenze che gli sono proprie.

La novità di una "gestione delle competenze" sta piuttosto nel far diventare le competenze un **fatto organizzativo**, cioè una realtà significativa non solo per il professionista che lavora, ma anche per l'organizzazione in cui lavora. Dal punto di vista della gestione delle risorse umane per competenze, questo significa che:

- i responsabili di un'organizzazione sono convinti che il **saper fare** posseduto dalle persone sia anch'esso parte del patrimonio organizzativo;
- il patrimonio delle competenze deve essere **conosciuto, valorizzato, diffuso, sviluppato**;

□ in sostanza è necessario **agire** per proteggere il patrimonio delle competenze.

L'implicazione di questo nuovo approccio organizzativo è l'esigenza di coniugare la gestione sia delle competenze che dei profili: infatti mentre l'insieme delle competenze descrive i **requisiti di competenza necessari** (cioè attesi e richiesti) per un processo o un servizio, un ruolo, una direzione o funzione, un team di lavoro o progetto, il profilo indica invece esplicitamente, ma in modo molto sintetico, di quale **know-how** ha bisogno un'organizzazione in termini di competenze, naturalmente in riferimento alla **posizione organizzativa o al ruolo**, che prescindono dalle persone che fisicamente ricoprono quel ruolo.

L'importanza di avere uno standard condiviso per le competenze ICT diventa ancora più determinante in funzione della specificità del settore, in cui le certificazioni *Vendor Dependent* si sono sviluppate negli ultimi 10 anni ad un ritmo crescente. Queste certificazioni identificano automaticamente specifici standard tecnologici di riferimento.

Uno dei risultati della ricerca *Harmonise*, finanziata e consegnata all'Unione Europea a inizio 2008, è stato quello di permettere di identificare tre classi di certificazioni e i relativi corpi di conoscenza retrostanti:

- le certificazioni dei principali fornitori (*Vendor Dependent*) a livello mondo di tecnologie digitali, di software e servizi, sviluppate come leva di marketing per la fidelizzazione e la promozione delle proprie terze parti operanti in diversi paesi; queste costituiscono la maggioranza delle certificazioni oggi adottate dal mercato, con Microsoft di gran lunga in testa per diffusione;
- alcune, limitate, esperienze di certificazione *Vendor Neutral*, legate al software Open Source e di supporto all'interoperabilità fra diversi fornitori (ComTia);
- le certificazioni *Vendor Independent*, che si stanno sviluppando con ritmi molto elevati, classificabili in tre tipologie diverse:
 - certificazioni di sviluppo verticale delle competenze per specifici profili professionali (Sicurezza Informatica, Project Management ICT, Web Management, Data Base Administrator, Network Designer ecc.). Alcune di queste hanno avuto grande successo (se misurate in miglioramento del valore di mercato di coloro che le detengono) e promuovono un'alta specializzazione

chiaramente orientata a rispondere ai bisogni attuali dell'industria del settore ICT;

- certificazioni di sviluppo sulle best practices nei processi ICT, come quelle ITIL, anche quest'ultime di grande successo in oltre 30 Paesi del mondo;
- certificazioni di sviluppo orizzontale delle competenze riferite ai processi ICT ma specifiche per profili professionali, come ad esempio quelle ISEB/SFIA in UK, quelle CIGREF per le grandi imprese in Francia, quelle APO/ITTS in Germania e infine quelle CEPIS/EUCIP, adottate in Italia e in un'altra decina di medi e piccoli Paesi europei.

La Comunità Europea, alla luce di queste specificità, ha lanciato ormai da quattro anni un tavolo tecnico per lo studio e la messa in campo di un framework condiviso a livello europeo che aiuti a orientare tutti gli stakeholder verso un sistema armonizzato e *Vendor Independent* che in prospettiva possa diventare anche uno standard europeo.

3. IL RUOLO DELLA CERTIFICAZIONE RISPETTO ALLA FORMAZIONE PERMANENTE

Affinché la professionalità in generale e quella ICT in particolare possa mantenere il proprio livello di aggiornamento e quindi alimentare un circuito di formazione permanente, è necessario introdurre il concetto di *verifica delle competenze possedute*. Stante infatti il ritmo di innovazione, nessun professional ICT si può considerare aggiornato per un periodo troppo lungo, dato che si stima che le competenze necessarie al governo della tecnologia e delle sue applicazioni si rinnovino per almeno il 50% ogni 5 anni!

Le certificazioni sembrano fornire una risposta a questa esigenza di continui cambiamenti, purché si riesca a rendere disponibile un sistema flessibile di qualificazione orientato alle competenze e basato su infrastrutture centrate sull'apprendimento a cui associare un sistema di accertamento periodico del livello di competenza acquisito anche sul lavoro. È indispensabile inoltre garantire che le certificazioni possano offrire la flessibilità richiesta per entrare nella professione attraverso la conferma del sapere (knowledge), del saper fare (skill) e del saper applicare in un contesto dato le "competenze" acquisite e dimostrate, valorizzando al massimo la

qualificazione educativa di base indipendentemente da dove questa sia stata ottenuta.

Lo schema descrittivo per innescare un ciclo di formazione permanente dovrebbe essere centrato sulle seguenti stazioni: formazione di base e ingresso sul mercato del lavoro e, da qui in avanti, esperienza di lavoro – formazione avanzata, certificazione – aggiornamento tecnico, e poi ulteriori cicli con periodicità massima di 5-7 anni. Come riferimento rispetto al livello misurabile delle competenze possedute, dovrebbe essere adottato lo standard delle professionalità per ogni singolo settore di industria: la Comunità Europea sta spingendo affinché un primo modello di questo tipo sia **sperimentato per il settore ICT**.

Una precisazione infine rispetto al ruolo dell'**abilitazione professionale** versus la **certificazione**, specificamente nel settore ICT e con riferimento, per l'Italia, al ruolo degli ordini professionali. La certificazione non deve essere vista come un processo concorrente all'abilitazione all'esercizio della professione: questa infatti è un riconoscimento obbligatorio, definito a livello nazionale, della propria capacità professionale **iniziale**, dopo aver perseguito una laurea triennale o quinquennale, mentre la certificazione costituisce una verifica periodica, **lungo l'intera vita professionale**, delle conoscenze e delle competenze di un professionista.

4. LO STANDARD EUCIP DEL CEPIS

EUCIP è il primo framework europeo di riferimento delle competenze informatiche, presentato in Italia nel marzo 2007 presso Confindustria Servizi e Innovazione delle Tecnologie (CSIT).

Per lo standard EUCIP, sono stati definiti due livelli di certificazione:

□ Il primo **core**, certifica il possesso delle competenze fondamentali che servono come base e prerequisito per quelle specialistiche; le competenze di base consentono infatti agli specialisti di poter operare nei rispettivi ambiti di lavoro con adeguata consapevolezza delle potenzialità delle tecnologie e delle problematiche ad esse connesse;

□ il secondo **elective**, certifica le competenze specialistiche possedute con riferimento ad uno di 21 + 1 profili professionali identificati ed è riservato a chi fa o intende svolgere una di tali professioni.

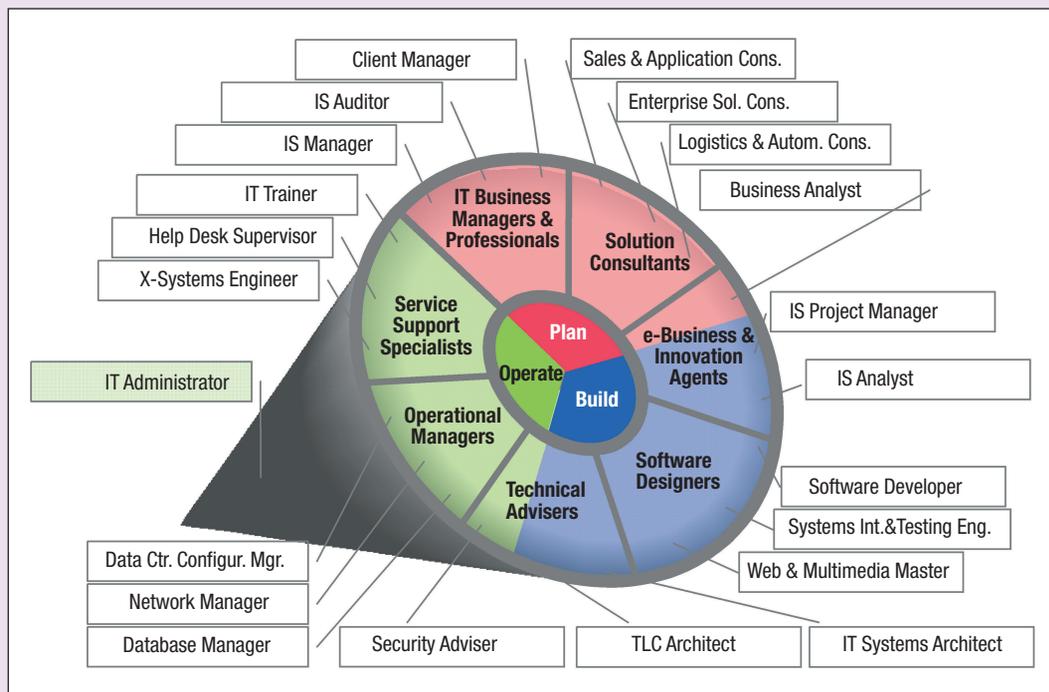


FIGURA 2
Il portafoglio dei 21 + 1 profili basati su competenze degli specialisti ICT

EUCIP nasce dal lavoro di ingegnerizzazione delle competenze ICT durato oltre 4 anni, con il coinvolgimento di oltre 100 fra professori universitari, consulenti e specialisti a livello europeo, che hanno contribuito a costruire il *syllabus* di ciascun profilo a partire dalla identificazione di circa 3.000 unità di conoscenza elementare (*knowledge objects*), raggruppate in 155 classi e 18 categorie di competenza, che danno luogo ai 21 + 1 profili raggruppati in 7 aree, come indicato nella figura 2.

Riassumiamo di seguito sinteticamente le caratteristiche specifiche e gli obiettivi di EUCIP come **framework di riferimento** per i profili professionali del settore ICT, applicabile in una molteplicità di Paesi:

1. si tratta di uno **schema condiviso** a livello europeo, che emerge come punto di sintesi dei precedenti sviluppi - in questo senso, anche grazie ad attenti riferimenti espliciti agli altri schemi, EUCIP nasce con l'obiettivo di non essere auto-referenziale;
2. il programma EUCIP è sviluppato in collaborazione con le principali aziende del settore ICT, ma il CEPIS - che non ha finalità di lucro - garantisce la più **completa indipendenza** da interessi economici forti, che sarebbero difficilmente accettabili in un terreno così vicino a quello della formazione;
3. EUCIP propone un **modello aperto di collaborazione**, secondo una logica "inclusiva" che mira

a valorizzare i ruoli dei molti soggetti che operano autonomamente nel campo della formazione e nella definizione di certificazioni ICT; oltre alla già accennata collaborazione con le aziende del settore, il modello di gestione di EUCIP tende a coinvolgere operativamente editori, università, scuole e centri di formazione pubblici e privati;

4. i "sillabi" dei profili professionali EUCIP costituiscono un definitivo riferimento per le certificazioni ma costituiscono anche un'utile guida per la stesura di **programmi formativi uniformi e riconoscibili a livello internazionale**;

5. EUCIP è stato concepito, inoltre, come sistema concreto per la **certificazione** del possesso di competenze professionali ICT da parte di singoli individui, per cui si presta molto bene a costituire il tramite tra i modelli di analisi delle competenze ICT e le azioni pratiche volte alla **formazione**, sia essa di tipo istituzionale (scuole, università ecc.), aziendale o di aggiornamento professionale;

6. laddove esista corrispondenza tra obiettivi formativi e programmi di certificazione, sarà possibile utilizzare le prove di certificazione come **strumento di misurazione** della qualità e dell'efficacia degli interventi formativi;

7. la **visibilità e circolarità delle qualifiche professionali** internazionali rende infine particolarmente vantaggiosa per tutti (enti di formazione, individui, aziende, uffici statistici ecc.) la

condivisione di un linguaggio comune in relazione alle competenze ICT.

Il portafoglio dei Profili EUCIP è riportato nella figura 2, in cui vengono messi in evidenza sia i rapporti fra i profili **elettivi** e la base comune a tutti EUCIP core, sia la differenza con il profilo IT Administrator, che non ha in comune con gli altri il livello core. Il Sistema dei Profili basato sul Corpo di Conoscenze Essenziali del framework EUCIP, permette di alimentare il circolo virtuoso del miglioramento della professionalità ICT e delle relative prestazioni con due obiettivi differenziati, che si congiungono nel momento in cui si persegue la certificazione:

- per il professional e manager a livello individuale: il miglioramento della professionalità e delle prospettive di carriera;
- per le imprese e gli enti della PA: il miglioramento delle prestazioni di gestione e dei processi di business.

5. CHI SONO I PROFESSIONISTI DELL'ICT

Sulla base delle considerazioni fatte, possiamo ora annoverare fra i professional e i manager ICT coloro che lavorano **nelle imprese fornitrici di hardware, software e servizi** (lato offerta), tutti coloro che lavorano ai vari livelli di competenza e responsabilità e che applicano il comune corpo di conoscenze; in particolare, sono coinvolti coloro che operano nelle reti distributive e in quelle di sviluppo del valore applicativo delle piattaforme tecnologiche e **nelle imprese e nelle organizzazioni utenti di**

tecnologia (lato domanda), tutti coloro che operano nella funzione aziendale specializzata nella pianificazione, realizzazione e gestione dei sistemi tecnologici digitali **nelle scuole e nelle università**, i ricercatori e i docenti che rispettivamente sviluppano e insegnano le basi e gli aggiornamenti del corpo di conoscenze comuni **i liberi professionisti** (consulenti), che operano a favore sia della domanda che della offerta con un rapporto di committenza esterna.

Rispetto al modello di professionalità adottato, lo standard EUCIP fornisce la risposta al primo dei pilastri identificati: il sistema delle competenze fondato su un Corpo di Conoscenze Essenziali; le definizioni seguenti ci permettono di passare dalle conoscenze al profilo professionale:

- le **conoscenze** (*knowledge*): sono l'insieme di fatti, principi, teorie e pratiche relative ad un settore di studio o di lavoro;
- le **capacità** (*skill*): esprimono l'abilità di portare a termine compiti puntuali di tipo tecnico, organizzativo, gestionale ecc. le capacità sono anche di tipo cognitivo, comportamentale e relazionale;
- la **competenza** (*competence*): è l'insieme di *conoscenze e capacità individuali in azione*, che consente al soggetto di raggiungere gli obiettivi attesi nell'ambito di un contesto specifico;
- **profilo professionale** basato **sulle competenze** (*job profile*): è l'insieme di competenze specifiche che mettono in condizione di produrre un risultato atteso in un contesto organizzativo stabile o di progetto.

Lo Standard EUCIP copre solo una parte delle competenze richieste ad un professionista ICT, e in particolare quelle di tipo tecnico e tecnologico, con qualche primo accenno sulle competenze cosiddette comportamentali; entra un poco nell'ambito della area **riconoscimento** in quanto identifica i profili riconosciuti dal mercato del lavoro, mentre non copre quasi nulla dell'area **etica** (Figura 3).

6. CONCLUSIONI

Il modello proposto per lo sviluppo delle professionalità ICT come apertura di questa nuova rubrica di Mondo Digitale, viene offerto come contributo alla discussione di tutti coloro che ritengono che anche in Italia sia necessario riprende-

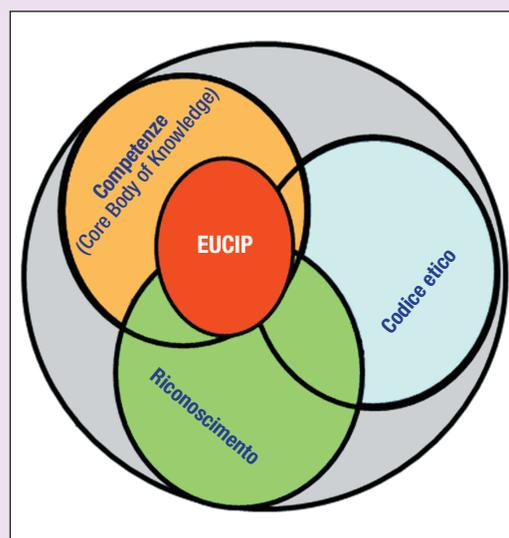


FIGURA 3

Come si colloca lo standard EUCIP rispetto ai vari componenti della professionalità ICT

re e approfondire tutti gli aspetti della professionalità, anche alla luce della recente approvazione della direttiva europea 2006/100/CE, con cui si introducono nuovi criteri di riconoscimento delle professioni non regolamentate, fra cui quelle attinenti al settore dell'ICT. Cercheremo, con l'aiuto dei professori Federico Butera e Alfonso Fuggetta, di analizzare le competenze reali che contribuiscono alla configurazione delle professionalità richieste dal mercato e a definire un ponte sia con l'università e la

scuola intese come sorgenti primarie di competenza che con la concreta esperienza di lavoro.

Bibliografia

- [1] AAVV, Ricerca: *Harmonise IT- Survey of Certification Schemes for IT Professionals across Europe towards Harmonisation*. UE, 2008.
- [2] Butall Trevor: *Competenze senza incubi*. 2005.
- [3] Deiana Angelo: *Il capitalismo intellettuale*. Sperling & Kupfer ed., 2007.

ROBERTO BELLINI è docente di Marketing e Gestione della Relazione con il cliente nell'ambito del MIP - Politecnico di Milano, con una focalizzazione sulla innovazione nelle reti di imprese. Presiede la Sezione AICA di Milano ed è responsabile per Aica del Cantiere dei Mestieri ICT.
E-mail: roberto.bellini@polimi.it

FEDERICO BUTERA è coordinatore del Corso di laurea in Scienze dell'Organizzazione e dal 2000 professore ordinario di Sociologia dell'Organizzazione all'Università di Milano Bicocca, cattedra che ha tenuto nei precedenti 12 anni all'Università di Roma "La Sapienza". Visiting Scholar alla Sloan School of Management del MIT. Fondatore nel 1974 dell'Irso- *Istituto di Ricerca Intervento sui Sistemi Organizzativi* - oggi Fondazione Irso di cui è il Presidente. Direttore della rivista "Studi Organizzativi". Ha diretto importanti cantieri di progettazione organizzativa e tecnologica nelle grandi imprese e amministrazioni italiane, ha guidato programmi di formazione manageriale di lungo periodo è stato advisor di Enti internazionali e delle Amministrazioni dello Stato e delle Regioni. È autore di 32 libri pubblicati in Italia e all'estero e di oltre 150 saggi scientifici e professionali.
E-mail: federico.butera@unimib.it

ALFONSO FUGGETTA, classe 1958, è Professore Ordinario di Ingegneria del Software presso il Politecnico di Milano e Faculty Associate presso l'Institute for Software Research (ISR) della University of California, Irvine (UCI, USA). Dal 2003 è Amministratore Delegato e Direttore Scientifico di CEFRIEL. Nel corso di questi anni, Fuggetta ha operato a diretto contatto con le imprese e molte pubbliche amministrazioni locali e centrali. Attualmente è membro della Commissione per il software a codice sorgente aperto nella Pubblica Amministrazione presso il Dipartimento per l'Innovazione e le Tecnologie del Ministero per le Riforme e le Innovazioni nella Pubblica Amministrazione.
E-mail: Alfonso.Fuggetta@polimi.it

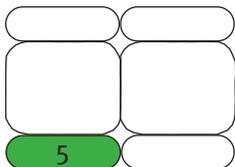


IL VALORE AGGIUNTO DELLA CERTIFICAZIONE ECDL

INDAGINE SUI DIPLOMATI ECDL

Fulvia Sala

Si presentano i risultati di una ricerca condotta da AICA sui diplomati ECDL inseriti nel mondo del lavoro. L'indagine riguarda, in particolare, le motivazioni delle persone che hanno deciso di investire nell'acquisizione di una certificazione informatica e i vantaggi conseguiti. Tra le principali indicazioni fornite dall'analisi, alcune sottolineano il valore aggiunto che l'acquisizione della certificazione comporta per gli individui, sia nell'accezione di lavoratori che come soggetti inseriti in un contesto sociale allargato, in relazione con molteplici realtà economiche e sociali.



1. INTRODUZIONE

L'offerta di tecnologie innovative e gli investimenti in nuovi servizi e prodotti digitali, possono essere in gran parte disattesi qualora non siano accompagnati da un adeguato sviluppo delle competenze informatiche, ossia da una valorizzazione delle capacità di coloro che queste tecnologie devono utilizzare.

L'adeguamento delle competenze riguarda, in primo luogo, **l'individuo come cittadino**. Le nuove tecnologie possono infatti influenzare il contesto sociale, modificando profondamente le abitudini e le consuetudini di vita dei singoli individui e della collettività. Basti pensare a come Internet abbia amplificato, in termini fino ad ora sconosciuti, la possibilità di comunicazione, abbattendo distanze di spazio e temporali, o come abbia esteso l'accesso a fonti di informazione; a tale proposito va ricordato, in primo luogo, l'impegno delle Pubbliche Amministrazioni nel definire e sviluppare, attraverso progetti di e-government, nuove forme di comunicazione, gestione e fornitura di servizi a cittadini ed imprese. È inoltre molto ampia, ed in continua evo-

luzione, la gamma dell'offerta di transazioni commerciali – di beni e di servizi – tra imprese private e consumatori finali; o, ancora, non va tralasciato l'avvio di investimenti in reti di nuova generazione, come le fibre ottiche, che consentiranno alle abitazioni di disporre di potenti sistemi di comunicazioni multimediali. L'intensificarsi dei consumi digitali comporta un rischio di divario nell'utilizzo di tali tecnologie; esiste quindi una marginalità indotta dalla diffusione di Internet e rappresentata prevalentemente da persone non inserite nel mondo del lavoro, come casalinghe e pensionati, o da persone a basso livello di istruzione e basso reddito.

Lo sviluppo delle abilità informatiche deve riguardare anche gli **individui nella accezione di lavoratori**. Oggi, nei Paesi industrializzati, fra questi l'Italia, una persona su due usa un computer nell'ambito della propria attività. Eppure, secondo indicazioni provenienti da più fonti, le aziende pongono mediamente scarsa attenzione alla preparazione informatica dei propri dipendenti. Una prima indicazione, per il mercato

italiano, deriva dall'esame dei rapporti Assinform che mostrano, negli ultimi anni, una progressiva diminuzione della spesa in formazione digitale (Figura 1); formazione che, peraltro, riguarda prevalentemente le figure specialistiche in campo informatico.

Sono ancora pochi gli "utenti" di tecnologia ICT che abbiano avuto la possibilità di acquisire competenze nell'ambito di percorsi formativi strutturati. A questo proposito valgono alcuni dati forniti dall'Istituto Nazionale di Statistica [1]: in Italia il 58% degli utenti non ha ricevuto alcuna formazione informatica; fra gli utenti che dichiarano di possedere abilità informatiche, la percentuale di chi è stato formato per iniziativa del datore di lavoro varia da un 6 ad un 36% in relazione alle diverse fasce di età (Figura 2 - 3). Sono dati in qualche modo correlati alle segnalazioni negative, per l'Italia, fornite da quegli indici che misurano la capacità di innovazione dei diversi Paesi; ad esempio, secondo l'European Innovation Scoreboard, un indicatore messo a punto dalla Unione Europea, l'Italia, nell'Europa dei 25, si trova al 21°mo posto come formazione continua della forza lavoro.

Anche la comunità dei professionisti ICT sembra non aver ancora pienamente compreso come l'ignoranza dell'utente finale, nell'utilizzo di tali tecnologie, possa rappresentare un serio ostacolo all'implementazione e al successo di sistemi e soluzioni innovative, sia in ambito pubblico che privato. L'alfabetizzazione informatica della forza lavoro rappresenta una premessa indispensabile per valorizzare le opportunità offerte dalle tecnologie informatiche e, quindi, per assicurare che l'ICT possa fornire un contributo e un supporto di rilievo al cambiamento, creando un importante vantaggio competitivo. Inoltre la mancanza di una formazione di base adeguata genera dei costi nascosti, che derivano da una minore produttività delle persone. Dati significativi al riguardo sono forniti dagli studi che AICA – in collaborazione con SDA Bocconi – conduce periodicamente sul "Costo dell'ignoranza informatica"; ricerche che quantificano, per il mondo del lavoro in generale, e per specifici settori di mercato, l'impatto economico che deriva da un ritardo nella "alfabetizzazione" della forza lavoro [2].

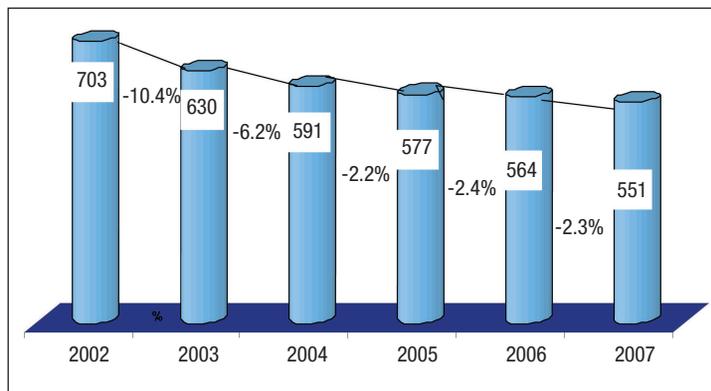


FIGURA 1
Spesa in formazione informatica in ml. € (dati Assinform mercato Italia 2002-2007)

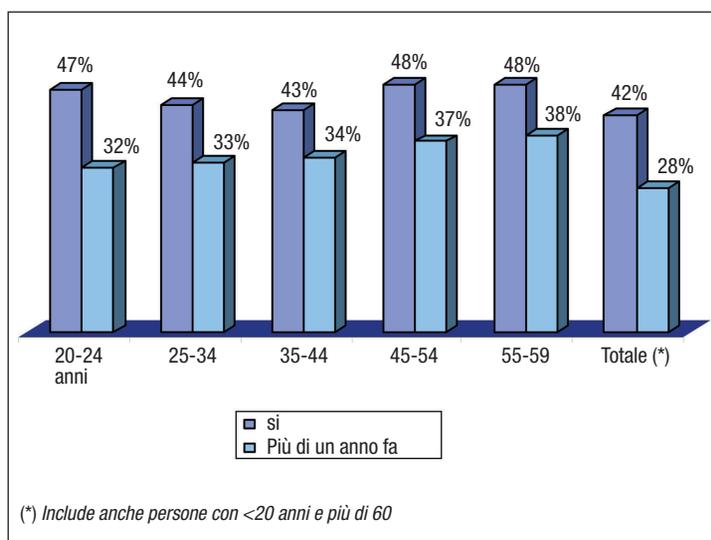


FIGURA 2
Utenti di personal computer in Italia: frequenza di partecipazione a corsi di formazione informatica (Fonte: ISTAT 2007)

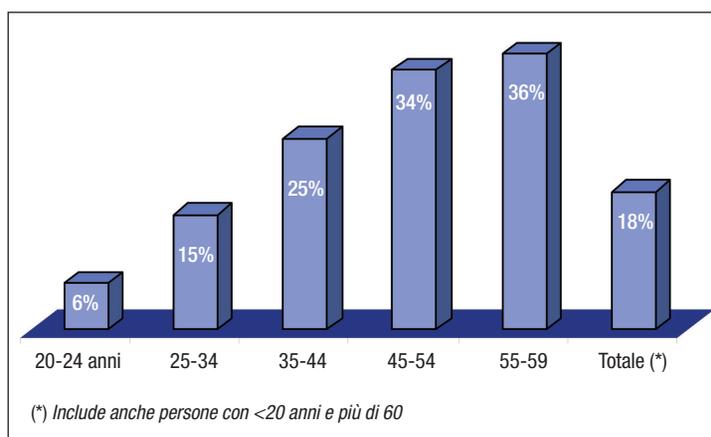


FIGURA 3
Frequenza di partecipazione a corsi per iniziativa del datore di lavoro (Fonte: ISTAT 2007)

2. ALFABETIZZAZIONE INFORMATICA IN ITALIA

Alfabetizzazione alle tecnologie informatiche è un termine molto generico, che sottende curricula formativi diversi, con il rischio di acquisizione di competenze che possono risultare non adeguate alle effettive necessità.

Per le persone mature il processo formativo consiste, prevalentemente, in autoformazione, con l'eventuale supporto di colleghi, amici, familiari. Una conferma deriva dall'esame dei dati ISTAT [1]: la percentuale di utenti adulti che hanno imparato da soli (*learning by doing*) varia da un 70 ad un 81 per cento,

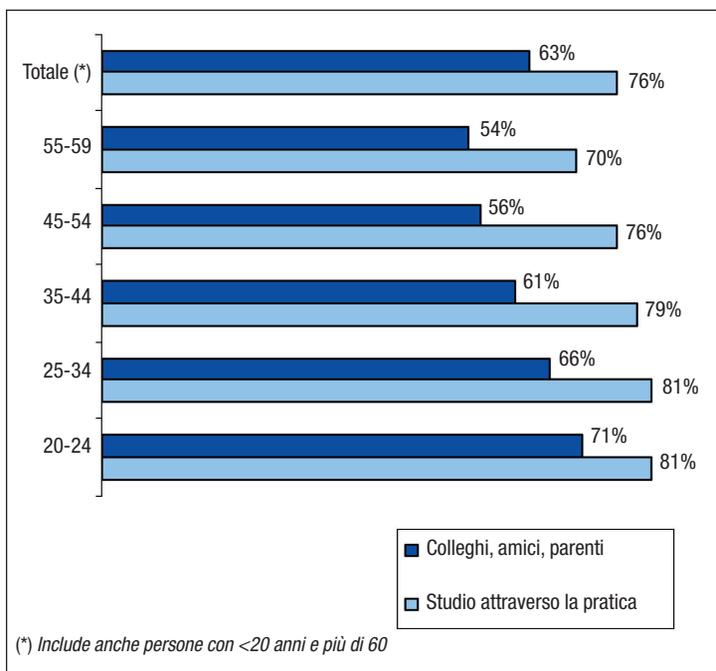


FIGURA 4
Alcune modalità di acquisizione delle abilità nell'uso del PC (Fonte: ISTAT 2007)

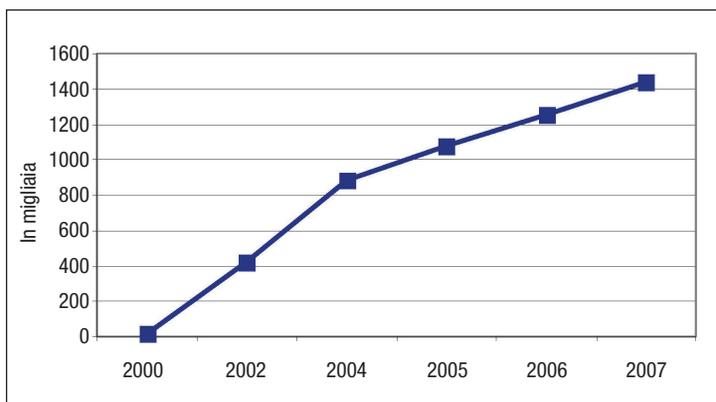


FIGURA 5
Numero di iscritti al programma ECDL

in relazione alle diverse fasce di età; inoltre più del 60% di questi utilizzatori hanno ricevuto un'assistenza "informale" sul posto di lavoro o a casa (Figura 4).

Le persone più giovani oggi si configurano come dei "nativi digitali", abituati ad una familiarità quotidiana con gli strumenti informatici e, per questo, spesso convinti di avere sufficienti competenze informatiche. La conoscenza e l'utilizzo di questi strumenti rischiano, però, di essere superficiali, con una valenza sostanzialmente ludica. Il fenomeno non è solo italiano; negli Stati Uniti, ad esempio, un recente rapporto pubblicato su Communications of the ACM [3], mostra come anche in quel Paese sussista un marcato divario fra i curricula educativi sull'ICT, le abilità acquisite dagli studenti che entrano nell'Università o si avviano al lavoro, nonché la percezione che gli stessi studenti hanno delle loro capacità. In Italia il fenomeno si inserisce in un contesto che è in ritardo, anche rispetto al resto dell'Europa, sulla digital literacy: infatti, nel nostro Paese, secondo Eurostat, il 33% dei giovani fra i 16 e i 24 anni non ha competenze informatiche, o le possiedono in modo superficiale, contro una percentuale pari al 23% nell'Europa e un'incidenza, per i Paesi Scandinavi, inferiore al 5% (<http://europa.eu.int/-comm/eurostat>). Il sistema educativo italiano sembra, inoltre, essere ancora inadeguato nel coinvolgimento delle nuove generazioni su temi di carattere tecnico scientifico e, sebbene oggi stia realizzando un potenziamento delle infrastrutture tecnologiche e stia avviando la sperimentazione di nuovi modelli didattici, ha sicuramente risposto con ritardo alle trasformazioni indotte dall'ICT.

A fronte di una situazione che presenta elementi di confusione e rischi di scarsa qualificazione, è cruciale l'importanza che oggi vengono ad assumere i **programmi di certificazione** delle competenze, che si basano sulla identificazione precisa degli argomenti da possedere e su esami che tale possesso possano verificare.

L'esigenza di dotarsi, in termini qualificati, di competenze informatiche di base sembra essere sempre più avvertita dalla popolazione italiana. Un'indicazione significativa a tale proposito deriva dall'incremento, registrato negli ultimi anni, della partecipazione al programma ECDL: il numero degli iscritti al programma (Figura 5) è infatti passato dalle 73.000 unità cir-

ca a fine 2000, a oltre un milione e quattrocentomila iscrizioni a fine 2007. Un incremento decisamente rilevante che, in termini indiretti, conferma l'attenzione verso un'acquisizione qualificata di conoscenze informatiche.

3. L'INDAGINE AICA SUI DIPLOMATI ECDL

Anche quest'anno, aggiornando ricerche analoghe condotte negli ultimi due anni, AICA ha voluto raccogliere alcune informazioni, sui diplomati ECDL inseriti nel mondo del lavoro, che consentissero un approfondimento o un'interpretazione del semplice dato numerico. L'analisi ha visto l'integrazione delle informazioni contenute nella banca data AICA con un'indagine campionaria estesa a 632 soggetti. Il campione, casuale, è stato stratificato fra Nord, Centro e Sud Italia in base alla numerosità della popolazione occupata (52% nord, 20% centro, 28% sud e isole). Le interviste, telefoniche e via e-mail, sono state effettuate nel periodo giugno-ottobre 2007.

Fra le principali indicazioni fornite dall'analisi vorremmo, in questa sede, soffermarci su alcune che sottolineano il valore aggiunto che l'acquisizione di competenze di base (in particolare ECDL) comporta per gli individui; sia nell'accezione di lavoratori che come soggetti inseriti in un contesto sociale allargato, in relazione con molteplici realtà economiche e sociali.

3.1. Il valore aggiunto per i lavoratori

A conferma della diffusione ormai pervasiva di tecnologie digitali va osservato come circa l'80% delle persone in esame utilizzasse un PC

sul posto di lavoro già prima dell'acquisizione di ECDL. Ed è significativo di un utilizzo ancora inadeguato degli strumenti informatici, il fatto che una persona su due indichi, fra le ragioni che hanno portato ad investire nella certificazione (con un impegno spesso personale in termini di tempo ed economici) il "desiderio di poter svolgere meglio, in termini più produttivi, il proprio lavoro". Il dato sembra sottolineare un'esigenza, ampiamente avvertita, di adeguarsi meglio ai nuovi modelli lavorativi; una risposta ad una probabile sensazione di disagio che si traduce nella volontà di acquisire delle competenze ritenute necessarie ad una partecipazione attiva nel contesto lavorativo. Si accennava, in precedenza, alla formazione informatica come elemento di produttività. Una conferma indiretta deriva da quanto dichiarato dagli intervistati: più del 60% afferma di avere avuto dei vantaggi professionali dalla certificazione, identificabili, in primo luogo e per quasi tutti gli intervistati, in una maggiore autonomia e in una maggiore padronanza nell'uso dello strumento informatico, nella possibilità di poter svolgere in modo più efficace ed efficiente il proprio lavoro (Figura 6). Un recupero, dunque, di produttività che, ovviamente, non vale solo a livello del singolo individuo ma si riflette sull'organizzazione nel suo complesso.

A questo proposito va osservato come, nella struttura imprenditoriale italiana, il 57% della forza lavoro sia occupata in imprese con meno di dieci dipendenti. Le microimprese italiane sono ancora caratterizzate, in prevalenza, da un basso utilizzo di strumenti informatici [Rapporto Assinform 2007], da una

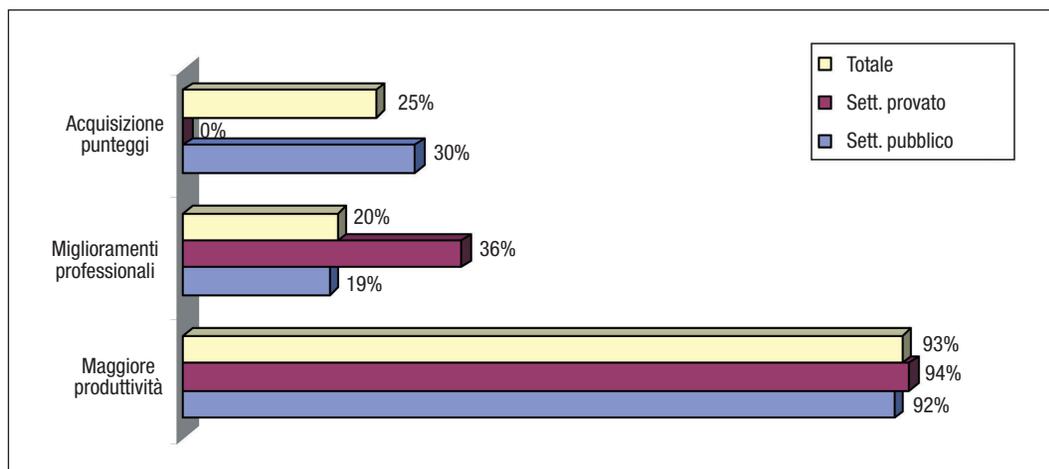


FIGURA 6
Diplomati ECDL nel mondo del lavoro: i principali vantaggi della certificazione (risposte multiple)

scarsa innovazione e focalizzate su una logica di contenimento costi; la formazione viene, in genere, considerata un costo non necessario ed è la prima voce a risentire di un eventuale contenimento del budget. Si viene dunque ad innescare un circolo virtuoso: poca formazione, ridotta competenza e capacità innovativa, minore competizione; per interrompere tale circolo una strada che va probabilmente percorsa – con il supporto di associazioni di categoria, ordini professionali, opinion leader – è quella di rendere consapevoli queste piccole imprese dell'incremento di produttività derivante da un adeguato percorso formativo e di come la formazione possa alla fine tradursi in una componente di vantaggio competitivo.

A conferma della scarsa attenzione posta dalle imprese al processo formativo, l'indagine mostra come la decisione di acquisire una certificazione sia stata, per il 93% dei diplomati in ambito privato, un'iniziativa individuale, subordinata alla volontà di aggiornamento dei singoli soggetti, con un impegno personale in termini di tempo ed economici. Nel settore pubblico, il 31% degli intervistati ha dichiarato di essere stato "sollecitato" dalle diverse Amministrazioni ad acquisire ECDL, con il coinvolgimento in progetti formativi. Ma, nel pubblico, un invito indiretto all'acquisizione di certificazioni informatiche deriva anche dall'attribuzione di punteggi utili per le graduatorie. Per esempio, il riconoscimento di punteggi alla certificazione, per il personale ATA delle scuole, ha comportato un aumento significativo dei diplomati ECDL in questo ambito: dal 20% dei diplomati del settore pubblico, nel 2002, al 31% nel 2005.

3.2. Il valore aggiunto per i cittadini

Si è già accennato a come le nuove tecnologie stiano generando delle enormi opportunità di trasformazione nelle modalità di vita, di lavoro e di relazione.

Da molti anni, per esempio, la Pubblica Amministrazione sta implementando sistemi di e-government, processi, cioè, di informatizzazione delle Amministrazioni che garantiscano ai singoli cittadini il diritto a ricevere, da enti locali e centrali, servizi e informazioni in forma digitale. E là dove è riuscita a presidiare la rete con servizi funzionali e di interesse per i cittadini, ha

svolto un forte ruolo di stimolo per la domanda. Nel settore privato, il mercato italiano dell'e-commerce, cioè l'insieme delle vendite di prodotti e servizi effettuate via Internet verso i consumatori finali, inizia ad avere dimensioni significative; il valore, a fine 2007, superava i 5 miliardi di euro grazie ad un tasso di crescita che, negli ultimi anni, non è mai stato inferiore al 30% [4]. Ma, nonostante l'aumento dei ricavi da vendite di beni e servizi on line, la diffusione del commercio elettronico, in Italia, non è ancora allineata a quella degli altri Paesi industrializzati; le vendite on-line rappresentano infatti, da noi, solo lo 0,5-1% delle vendite al dettaglio, contro un 5-6% a livello europeo e un 9% degli Stati Uniti. Permangono dunque ancora dei fattori di freno allo sviluppo dell'e-commerce che si potrebbe, invece, configurare come un acceleratore a livello economico; inoltre la possibilità di consultare un numero elevato di siti e di raccogliere senza fatica elevate quantità di informazioni circa l'offerta, fanno sì che il cliente assuma un maggior potere di mercato, a fronte di una capacità di scelta e di mobilità notevoli.

Anche il mondo bancario ha effettuato forti investimenti in nuove modalità di interazione con l'utenza. Sul fronte distributivo si stanno infatti affermando anche in Italia i canali telematici, sia in affiancamento a sistemi distributivi tradizionali, sia come modalità d'accesso quasi esclusiva da parte della clientela. Si tratta di un'evoluzione del concetto di offerta bancaria che comporta vantaggi significativi sia per le banche che per l'utenza. Per questa, una maggiore opportunità di selezione dell'offerta e benefici di natura non monetaria, di comodità: ad es. risparmio di tempo, opportunità di avere informazioni in tempi rapidi e senza limiti di orario e, anche in questo caso, possibilità allargate di scelta fra le offerte disponibili.

Infine vi sono prospettive di sviluppo significative anche per l'e-learning, cioè per il nuovo paradigma di formazione mediante strumenti telematici. Il tasso di sviluppo di questo mercato [5], oggi attestato attorno ad un 17%, ha dimostrato una crescita costante negli ultimi anni, a conferma di un interesse significativo nei confronti di questa nuova modalità formativa, da parte di imprese, pubbliche amministrazioni, università e scuole.

3.2.1. UTILIZZO DEI SERVIZI ON LINE

Complessivamente, comunque, l'Italia sembra essere ancora indietro nell'adozione di nuove tecnologie. Una conferma deriva dall'e-readiness index, una classifica relativa a sessanta Paesi, redatta dall'Economist Intelligence Unit, che sintetizza la capacità dei diversi sistemi economici, dei consumatori, delle istituzioni governative, di utilizzare le potenzialità dei sistemi ICT per lo sviluppo economico e sociale. Secondo tale classifica, l'Italia si colloca al 25esimo posto, al di sotto dei principali Paesi dell'Europa occidentale. Fra le azioni suggerite dallo studio per migliorare l'e-readiness, una politica di investimenti strategici, non solo in tecnologie ma anche nel capitale umano. La formazione ICT viene dunque, ancora una volta, indicata come fattore di competitività.

Ritornando ai risultati della ricerca AICA, l'86% dei diplomati ECDL ricorre ad almeno uno dei servizi on line sopra indicati; un 7%, che potremmo definire "gli entusiasti" usa Internet per tutte le opportunità esaminate, mentre un 14% (i conservatori) non sfrutta alcuna di queste funzionalità. Il ricorso a servizi on line è diffuso sia al Centro Nord (dove si trova la percentuale maggiore di "entusiasti": 10%) che al Sud e nelle Isole, senza differenze significative, ed è strettamente correlata al livello d'istruzione: l'88% dei laureati utilizza infatti almeno un servizio on line mentre questa percentuale è pari al 73% per chi è in possesso di un diploma di scuola media inferiore (Figura 7 - 8).

L'adozione dei nuovi modelli d'offerta richiede, ai singoli individui, il superamento di forti resistenze "culturali"; quanto può una formazione di base, tipo quella fornita da ECDL, fornire quella sicurezza, nell'uso di strumenti informatici, che rappresenta sicuramente una condizione vincolante per vincere tali resistenze?

Secondo l'indagine condotta da Istat sulla popolazione italiana [1], il 41% circa della popolazione fra i 25 e i 64 anni usa Internet per ottenere informazioni dalla P.A. mentre più di un terzo consulta i siti per scaricare moduli.

L'indagine AICA sui diplomati ECDL dimostra come l'acquisizione di competenze di base comporti un aumento molto significativo nell'accesso a servizi di e-government: il 71%

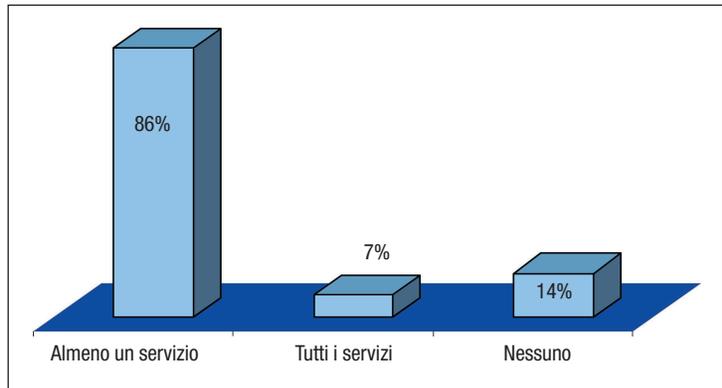


FIGURA 7

Diplomati ECDL nel mondo del lavoro: utilizzo dei servizi on line

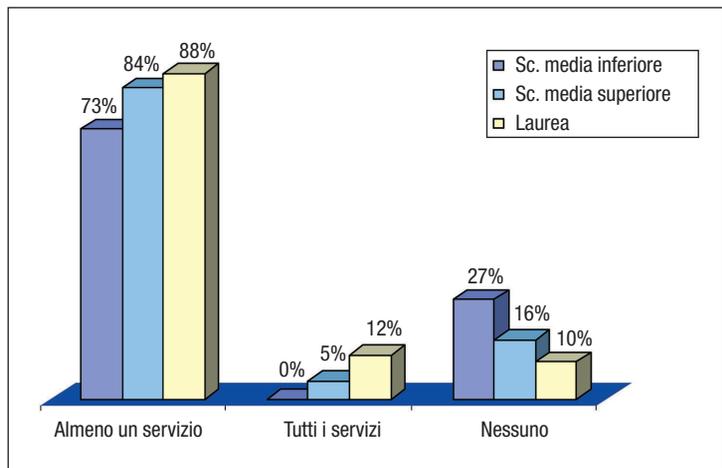


FIGURA 8

Diplomati ECDL nel mondo del lavoro: utilizzo dei servizi on line in base al titolo di studio

degli intervistati dichiara infatti di usare Internet per relazionarsi con la Pubblica Amministrazione; in particolare il 70% per ottenere informazioni, il 58% per un download della modulistica. Dal punto di vista generazionale sono soprattutto le persone con più di 40 anni ad utilizzare Internet per tali servizi: l'81% cerca informazioni, il 75% scarica moduli. Relativamente bassa, anche fra i diplomati ECDL, la percentuale di chi effettua pagamenti alla P.A. tramite Internet (22%); da un lato l'esigenza è probabilmente sporadica, dall'altro continua a permanere una certa diffidenza ad affidare alla rete dati di carte di credito (Figura 9 - 10).

A tale riguardo i dati Istat indicano pari al 27% la quota degli utenti Internet (con più di 14 anni) che hanno utilizzato la rete per effettuare acquisti on line; la frequenza maggiore

si ha nella fascia 25-34 anni, dove l'incidenza è pari al 35%. L'utilizzo di servizi bancari via Internet, per gli individui nelle diverse classi di età fra i 18 e i 65 anni, varia da un 9 ad un 39%; la percentuale di chi segue corsi on line non supera il 6%.

Anche per queste attività l'acquisizione di

competenze di base, assicurate dalla certificazione ECDL, sembra giocare un ruolo significativo nel garantire quella fiducia che porta ad un utilizzo più allargato della rete. La percentuale di diplomati ECDL che effettua acquisti on line è, infatti, pari al 45%, decisamente superiore, quindi, all'incidenza rilevata presso la popolazione italiana; i diplomati ECDL che usano applicazioni di home banking variano da un 28 ad un 44% del totale relativo alle diverse classi di età, con un'incidenza, in analogia a quanto avviene a livello Italia, maggiore per la popolazione fra i 25 e i 45 anni di età (Figura 11 - 12).

In particolare: gli utenti del sud e delle Isole sono chiaramente più diffidenti, rispetto alle altre regioni italiane, verso quei servizi che possono implicare transazioni in rete di carattere monetario. Gli acquisti on line, ad esempio, riguardano il 52% dei diplomati del nord Italia e solo il 34% di quelli del sud e delle isole; i servizi home banking sono adottati, nel nord, dal 45% dei diplomati ECDL mentre, nell'Italia meridionale e insulare, interessano solo il 28% dell'utenza.

Infine, molto superiore alla media nazionale è l'utilizzo di corsi di formazione on line, che riguarda il 36% dei soggetti intervistati da AICA; il dato è spiegabile con utilizzo molto elevato di servizi di e-learning da parte del corpo insegnante (53%), che rappresenta una percentuale decisamente significativa dei diplomati ECDL.

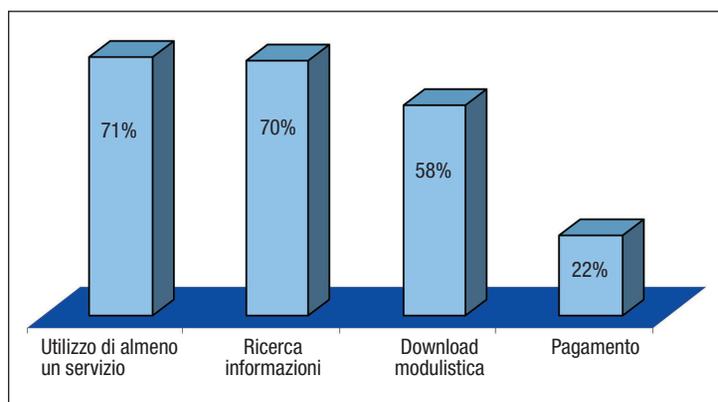


FIGURA 9

Diplomati ECDL: frequenza di utilizzo dei servizi e-government

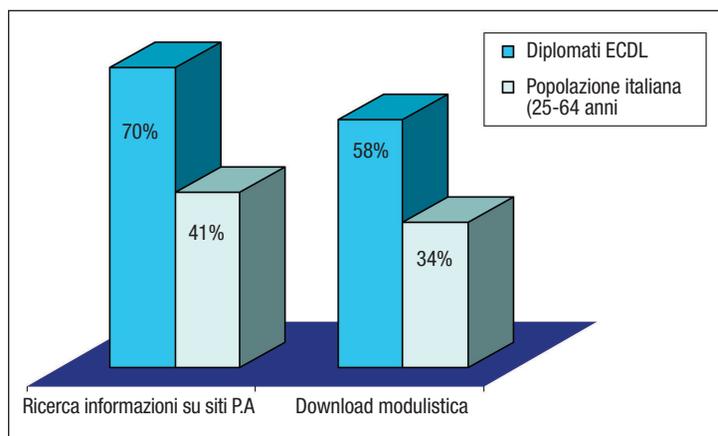


FIGURA 10

Servizi e-government: confronto frequenze d'utilizzo fra diplomati ECDL e popolazione italiana

4. PER CONCLUDERE

I dati, forniti dalla ricerca effettuata, dimostrano che l'acquisizione di competenze informatiche di base in termini qualificati, co-

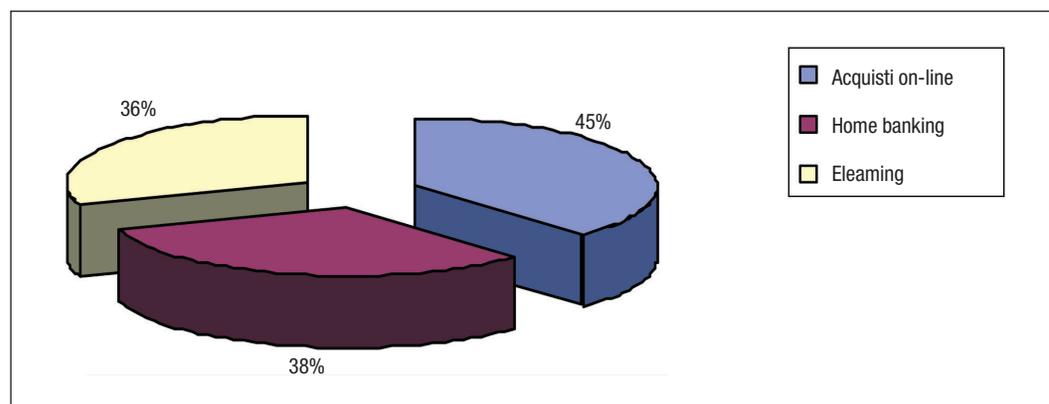


FIGURA 11
Diplomati ECDL: frequenza di utilizzo dei servizi on line

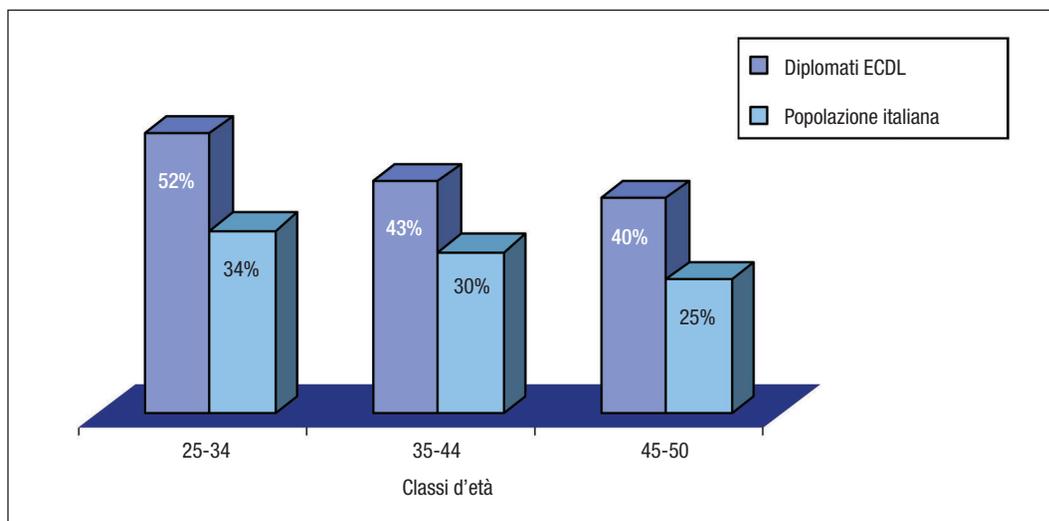


FIGURA 12

Acquisti on line: confronto, per classe d'età, della frequenza d'utilizzo fra diplomati ECDL e popolazione italiana

si come viene garantito da un programma di certificazione quale ECDL, rappresenta sicuramente un valore aggiunto per gli individui e per la collettività. Assicura, infatti, una maggiore autonomia in ambito lavorativo, contribuendo ad una riduzione dei tempi improduttivi legati ad una conoscenza insufficiente dello strumento informatico; fornisce, nell'utilizzo dei servizi in rete, quella fiducia e quella consapevolezza che consentono, anche al cittadino italiano, di usufruire dei vantaggi dell'interattività e di porsi ad un livello confrontabile a quello dei cittadini dei principali Paesi industrializzati.

Bibliografia

- [1] ISTAT: *L'ICT nelle famiglie e utilizzo degli individui*. Statistiche in breve, gennaio 2008.
- [2] *Il costo dell'ignoranza nella Società dell'Informazione*. Milano: Etas-Kompass; *L'ignoranza informatica: il costo nella Sanità*. Milano: McGraw-Hill; *Competenze digitali e produttività nel settore bancario italiano*, Milano: McGraw-Hill.
- [3] Communications of the ACM: *Inconsistencies and disconnects*. Aprile 2007, Vol. 50. n. 4.
- [4] *L'e-commerce B2c in Italia*. Netcomm, School of Management, Politecnico di Milano. *Rapporto e-commerce 2008*, Casaleggio Associati
- [5] *Osservatorio elearning 2006*. AlTech Assinform.

FULVIA SALA, dopo aver conseguito un Master in Statistica presso l'Università di Berkeley, ha ricoperto ruoli direttivi nell'area del marketing e della pianificazione nel settore informatico. Collabora con AICA svolgendo attività di consulenza nelle stesse aree.
E-mail: fulvia.sala@aicanet.it