

Editoriale

1996: un anno da ricordare

20 anni sono pochi o tanti secondo il punto di vista: guardandoli da quello delle tecnologie digitali è difficile, anche per chi li vive, rendersi conto dei cambiamenti avvenuti.

Gli antichi Greci li avrebbero detti anni ricchi di “kairos”, ossia di eventi che li hanno scanditi, in opposizione al flusso della sabbia nella clessidra che indica il “kronos”, ossia il tempo indifferenziato.

Due indicatori bastano a misurare la trasformazione.

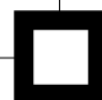
Da 35 milioni di utenti Internet, alla metà degli anni 90' del secolo scorso, siamo oggi passati a 3 miliardi; i telefoni mobili, nello stesso periodo, sono cresciuti da 80 milioni a 5.2 miliardi.

La logica che accomuna questi numeri è il ruolo trainante che gli utenti-cittadini hanno via via assunto in un settore che prima era considerato per soli addetti ai lavori.

Ed è proprio questa logica che rende importante, per AICA, ma, come dirò più avanti, anche per il paese, l'anno 1996.



**Giulio Occhini,
presidente CEPIS, firma
il contratto con la
Comunità Europea per
l'avvio del programma
ECDL (Dublino, 1996)**



Chi scrive era allora Presidente del CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies), la federazione europea delle società di informatica europee di cui, con la BCS (British Computer Society), AICA, quasi 10 anni prima, era stata socio fondatore.

Un freddo sabato mattina di fine gennaio di quell'anno, mi ritrovai a Bruxelles, nella sede della Direzione Generale Industria, per illustrare al Direttore e al suo numeroso staff, il progetto ECDL che il CEPIS stava mettendo a punto grazie al lavoro volontario di due valenti professionisti: il norvegese Niels Hoeg e l'Irlandese Dudley Dolan.

Il progetto intendeva dare una risposta concreta ed alcune semplici domande che stavano diventando di attualità: sai usare il computer? sai navigare su internet? sai proteggere i tuoi dati? sai gestire in autonomia il sistema informatico con cui lavori? e così via.

La ECDL aveva indubbiamente degli aspetti fortemente innovativi: per la prima volta, si pensava alla certificazione come veicolo di diffusione delle competenze digitali; e poi, appunto, ci si rivolgeva al grande pubblico che, con felice intuizione, si prevedeva diventasse il protagonista della nuova ondata di innovazione digitale.

La presentazione e la discussione che ne seguì andarono molto oltre l'orario previsto di colazione (pur essendo sabato), dandomi così un'idea dell'interesse suscitato; non mi aspettavo, però, che, meno di due settimane dopo, il CEPIS venisse formalmente invitato dalla Commissione Europea a sottoporre il progetto per un significativo finanziamento nell'ambito del programma Leonardo.

Proprio dalla sottoscrizione di quell'accordo con la Commissione prese avvio la lunga corsa della ECDL prima, in Europa, e poi nel mondo.

Con l'aiuto di Franco Filippazzi, anche in questo caso in sincronia con BCS AICA, fu tra le primissime società a portare l'iniziativa ECDL a livello Nazionale e sin dall'inizio fu accolta con un entusiasmo inaspettato.

Il programma fu varato nello stesso 1996 in occasione dello SMAU che era, allora, una delle più grandi rassegne europee di tecnologie digitali. A seguire, nel 1997, venne siglato il primo di una serie di protocolli tra AICA e MIUR per introdurre il programma nelle scuole italiane.

Molta acqua è passata, da allora, sotto i ponti; decine di editori e di aziende di formazione (in presenza o in e-learning) si sono cimentate con il programma creando un indotto di valore economico ben superiore a quello della pura certificazione.

La ECDL, più volte rinnovata per adeguarla al progresso tecnologico ed estesa a numerosi indirizzi professionalizzati (grafica, multimedialità, sanità, progettazione etc.) contribuisce tuttora, in modo determinante, alla diffusione della "digital literacy" del Paese, essendo ormai diventata una standard di riferimento mondiale, riconosciuto dagli Enti Nazionali di accreditamento (in Italia, ACCREDIA). Circa 25 milioni di cittadini del mondo hanno sinora conseguito una certificazione ECDL e, di questi, in Italia, se ne contano quasi 2 milioni e mezzo.

In conclusione, si può davvero affermare che, nel 1996, sia stato piantato un seme da cui è nato un albero che continua a crescere vigoroso nelle sue radici e nelle sue fronde.

È davvero un anno da ricordare e non solo da noi che ci occupiamo professionalmente di cultura digitale.

Giulio Occhini

AICA

L'eredità di Carl Adam Petri: dagli automi alla comunicazione

Luca Bernardinello - Felice Cardone - Lucia Pomello

Sommario

L'articolo rivisita i fondamenti concettuali della teoria delle reti di Petri, discutendo tra l'altro il contributo cruciale di Anatol Holt al suo sviluppo. L'esposizione punterà soprattutto su alcuni aspetti che sono stati trascurati ma che, a parere degli autori, mantengono ancora oggi un interesse sia culturale sia pratico. In particolare si discuterà la nozione di "pragmatica formale", e il ruolo del calcolatore come mezzo per la comunicazione organizzata, che deve accompagnarsi, secondo Petri, a una teoria generale del flusso di informazione. Si farà cenno anche alle relazioni fra la teoria petriana delle reti e l'apparato formale assiomatico di alcune teorie fisiche, un tema al quale Petri era particolarmente affezionato.

Abstract

This paper takes a look at the conceptual foundations of Petri's net theory, including the crucial contribution by Anatol Holt to its development. We focus on several aspects which, although neglected in the mainstream of the literature on Petri nets, still bear, in our opinion, a value, both theoretically and in applications. Specifically, we deal with the notion of "formal pragmatics", and with the role of computers as a medium for organized communication, which should, in Petri's view, be paired with a general theory of information flow. A section will be devoted to the relations between Petri's theory and the formal apparatus of physics, a topic to which Petri gave special importance.

Keywords: Petri nets, concurrency theory, automata theory, formal pragmatics, communication, information flow

1. Introduzione

Carl Adam Petri pose le basi della teoria di quelle che oggi chiamiamo “reti di Petri” negli anni '60 del secolo scorso. Alcune delle idee centrali della teoria, prima fra tutte la posizione privilegiata della “concorrenza”, suonavano allora eterodosse, ma sono state poi riscoperte più volte da autori diversi. Gli sviluppi successivi hanno privilegiato soprattutto il lato modellistico e analitico (con notevoli risultati nella messa a punto di strumenti formali di analisi), mentre alcune intuizioni di Petri, di portata più generale, sono state trascurate. Oggi le reti di Petri sono uno strumento familiare per molti informatici e ingegneri, e sono spesso comprese nel curriculum formativo dei relativi corsi di laurea.

Dopo la scomparsa di Petri, nel 2010, diversi testi ne hanno ricostruito la storia personale e scientifica. Einar Smith, che ha collaborato con Petri, ha pubblicato una vera e propria biografia ([1]). Segnaliamo poi [2] per un approccio tradizionale e un panorama complessivo sullo sviluppo della teoria e delle sue applicazioni, [3] per una ricostruzione sintetica ma completa della carriera scientifica di Petri, e [4] per un'interpretazione del suo contributo dal punto di vista epistemologico.

In questo articolo, dopo avere brevemente richiamato i fondamenti e gli elementi principali della teoria, ci concentriamo su un nucleo di temi che, pur non avendo ricevuto grande attenzione, ci sembrano significativi sia sul piano strettamente teorico sia su quello delle applicazioni. La scelta è inevitabilmente parziale e l'articolo non pretende di dare un quadro completo, per il quale rimandiamo ai riferimenti bibliografici.

2. Origini e fondamenti concettuali

Lo sviluppo della teoria delle reti di Petri ha avuto origine dalla tesi di dottorato di Carl Adam Petri [5], in cui vengono messi in luce i limiti del modello classico della computazione rispetto alla sua effettiva realizzabilità in base ai principi della fisica moderna: in particolare l'esistenza di un limite superiore alla velocità di trasmissione dei segnali e alla densità con cui l'informazione può essere memorizzata.

A partire dalla teoria delle reti logiche, nella sua tesi Petri specifica alcuni circuiti combinatori *asincroni*, il cui funzionamento non dipende né dall'esistenza di un *clock* comune per il coordinamento degli elementi (ottenuto mediante esplicita organizzazione della comunicazione tra di essi), né dall'assunzione di uno stato globale: infatti ogni singolo elemento del circuito si trova di volta in volta in un proprio stato locale e può evolvere in maniera in parte indipendente.

Gran parte della dissertazione è dedicata quindi a mostrare come questi circuiti combinatori asincroni possono essere utilizzati per costruire effettivamente qualsiasi macchina di Turing e in particolare anche una macchina di Turing universale, mostrando così come la teoria classica della computazione basata sul modello sincrono (automi sincroni) risulti inclusa in una teoria più generale.

L'obiettivo ultimo è quello di fondare una nuova teoria della comunicazione basata sull'utilizzo dei computer, visti non come semplici strumenti di

elaborazione numerica ma come mezzi generali per “il flusso di informazione strettamente organizzato”. Il titolo della dissertazione, “Kommunikation mit Automaten” (“Comunicazione con gli automi”), volutamente può infatti essere interpretato come comunicazione *con* gli automi o *con l'aiuto* di automi.

Il modello di base della teoria dei sistemi distribuiti asincroni, che è stata così sviluppata, vede fin da subito come ingredienti elementari per la descrizione sia della struttura del sistema che del suo comportamento gli stati locali (o *condizioni*) e le transizioni locali (o *eventi*), interconnessi da una relazione di *flusso*. Quest'ultima specifica per ogni evento quali sono le condizioni che lo causano (o *pre-condizioni*), che sono cioè vere prima che l'evento occorra e che diventano false quando l'evento occorre, e quali le condizioni che sono l'effetto dell'evento (*post-condizioni*), che quindi da false diventano vere all'occorrenza dell'evento.

Stati locali ed eventi sono così due concetti complementari, o meglio duali come Petri stesso afferma, che hanno uguale importanza nella modellazione del sistema. Nei lavori successivi alla dissertazione sono state sviluppate varie notazioni formali, comprese una notazione grafica intuitiva, una formulazione algebrica e una topologica [6-8].

Graficamente un sistema modellato da una rete di Petri è rappresentato da un grafo orientato bipartito, costituito cioè da due tipi di nodi: le condizioni sono rappresentate come cerchi che contengono una marca se la corrispondente condizione è vera, mentre le transizioni locali, o eventi, sono rappresentate da rettangoli connessi da archi orientati alle rispettive pre-condizioni e post-condizioni. Lo stato globale del sistema è definito così dalla collezione di condizioni vere e rappresentato dalla distribuzione di marche nei cerchi relativi. La dinamica del comportamento può essere simulata spostando le marche dalle pre-condizioni delle transizioni abilitate alle loro post-condizioni, dove una transizione è abilitata se le precondizioni sono vere e le post-condizioni false.



Figura 1. Occorrenza di un evento (prima e dopo)

L'estensione di un evento è quindi completamente definita dalle sue pre- e post-condizioni; inoltre se due eventi sono indipendenti, hanno cioè pre- e post-condizioni completamente disgiunte e sono entrambi abilitati, allora possono occorrere in maniera *concorrente*, e ciò a prescindere da qualsiasi scala temporale.

Se invece una post-condizione di un evento è pre-condizione di un altro evento, allora tra i due c'è una relazione di *dipendenza causale*: il secondo evento non può occorrere se non dopo l'occorrenza del primo.

In questo modo l'ordinamento temporale è sostituito dall'ordinamento causale e la possibilità di esecuzione di eventi in qualsiasi ordine è rimpiazzata dalla loro concorrenza, la loro mutua indipendenza causale. La *simultaneità* è possibile solo come sincronizzazione così come nell'applauso in cui la mano destra batte sulla sinistra, che batte simultaneamente sulla destra.

Un altro tipo di relazione tra eventi che Petri analizza già nella sua dissertazione è la relazione di *conflitto*, che si verifica quando due eventi abilitati condividono una pre-condizione ("conflitto in avanti", si veda l'esempio a sinistra della Figura 2). In questo caso l'occorrenza dell'uno disabilita l'altro, ma a priori non è specificato quale evento occorrerà; uno qualunque tra essi potrebbe occorrere e solo dopo tale occorrenza il sistema contiene l'informazione relativa. Per Petri la presenza di un conflitto è dovuta al fatto che la rete in questione è in realtà una sottorete di una rete più grande che contiene le condizioni necessarie a risolvere il conflitto e che ne rappresenta l'ambiente. La soluzione di un conflitto è il risultato di un flusso di informazione dall'ambiente del sistema verso il sistema modellato. Questa interpretazione rispecchia la visione deterministica del mondo che Petri ribadisce fino nei suoi ultimi interventi ed è del tutto in sintonia con alcune linee di ricerca della fisica contemporanea.



Figura 2. Conflitto in avanti e conflitto all'indietro

Petri esclude non solo la creazione di informazione ma anche la distruzione di informazione. Tale situazione è esemplificata dal "conflitto all'indietro": se due eventi come nell'esempio a destra della Figura 2 condividono una post-condizione e tale post-condizione è vera ciò significa che si è persa l'informazione relativa a quale tra i due eventi era abilitato e la cui occorrenza ha resa vera la post-condizione. In questo caso non vi è reversibilità se non considerando la rete più grande di cui quella in oggetto è sottorete e che contiene l'informazione necessaria.

L'idea di reversibilità della computazione spinse Petri alla ricerca di una teoria della conservazione dell'informazione che esprima una legge analoga alla legge di conservazione dell'energia in fisica (su questo aspetto torneremo nel paragrafo 5).

Un'altra situazione che può verificarsi in un modello basato sulle reti di Petri è la *confusione*, cioè la combinazione di un conflitto tra due eventi con la concorrenza di uno di questi con un altro evento in modo tale che, nel momento in cui i due eventi concorrenti occorrono, non è possibile stabilire oggettivamente se è stato risolto il conflitto e come. La confusione corrisponde quindi a situazioni in cui la causalità e l'indipendenza non possono essere distinte chiaramente.

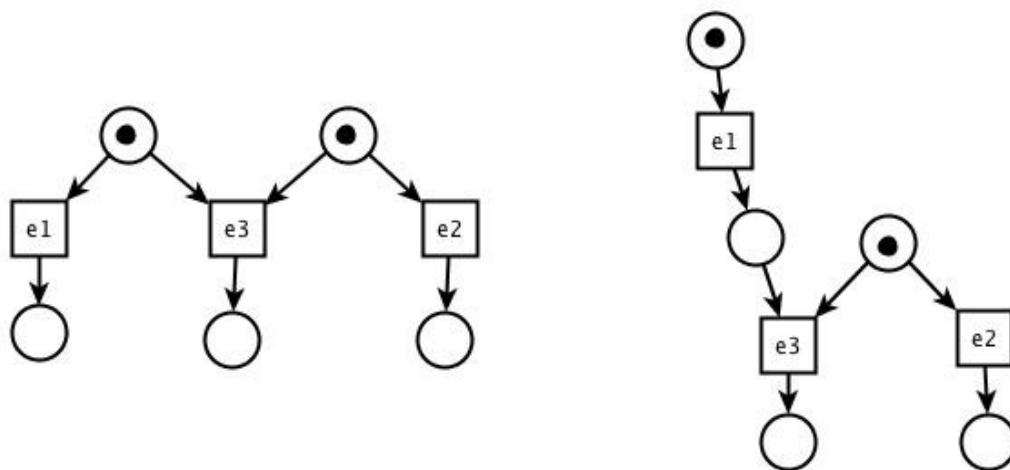


Figura 3. Due casi tipici di confusione

Ad esempio se l'evento e1 nella Figura 3 a sinistra corrisponde all'azione "A va in tram", e3 all'azione "A e B vanno in auto assieme", mentre e2 corrisponde a "B va da solo in auto", nel modello non è specificato chi dei due tra A e B prende la decisione di proseguire da solo forzando l'azione dell'altro. Nel secondo esempio in Figura 3 a destra supponiamo invece che e1 rappresenti l'evento "A diventa disponibile ad andare in auto assieme", allora il fatto che si passi dalla configurazione iniziale attraverso lo scatto concorrente di e1 ed e2 alla situazione in cui A è disponibile e B è partito da solo non consente di stabilire se è stato risolto un conflitto, cioè se B ha deciso di andare da solo e non assieme, oppure se in assenza della disponibilità di A, B ha proseguito da solo perché era la sua unica alternativa possibile.

Le situazioni di confusione modellano in genere interazioni tra componenti in cui le scelte nel comportamento non sono locali e non è quindi chiaramente specificato a quale componente viene attribuita la responsabilità di decisione.

Einar Smith ha mostrato che situazioni di confusione sono spesso inevitabili nei modelli di sistemi reali costituiti da diverse componenti che si sincronizzano, come ad esempio nel caso dell'utilizzo in mutua esclusione di una risorsa condivisa (si vedano [1] e [3] per una discussione intuitiva). A differenza di altri linguaggi per modellare i sistemi concorrenti, le reti di Petri permettono di identificare precisamente e formalmente queste situazioni.

3. La meccanica del coordinamento

L'idea che il coordinamento sia una dimensione fondamentale della vasta gamma di utilizzi di un calcolatore è una caratteristica di quello che si potrebbe considerare il contributo epistemologico delle reti di Petri. È abbastanza frequente trovare riferimenti a problemi relativi al coordinamento fin dai primi lavori di Petri sulle reti. Ma il coordinamento diventa in modo esplicito oggetto principale di studio soltanto nei lavori di Anatol W. Holt, pioniere americano dell'informatica che dalla metà degli anni '60 contribuì allo sviluppo teorico delle reti di Petri ed alla loro diffusione in svariati ambiti applicativi, dalla teoria dei circuiti asincroni alla modellizzazione delle procedure legali (si veda [9] per una panoramica dei contributi di Holt). È proprio Holt che raccoglie il primo frammento dell'eredità di Petri, reinterpretando le reti e utilizzandole nella descrizione delle attività umane organizzate attraverso l'invenzione della *meccanica del coordinamento*. Senza entrare in definizioni formali, possiamo cercare di capire attraverso alcuni esempi di cosa si tratta.

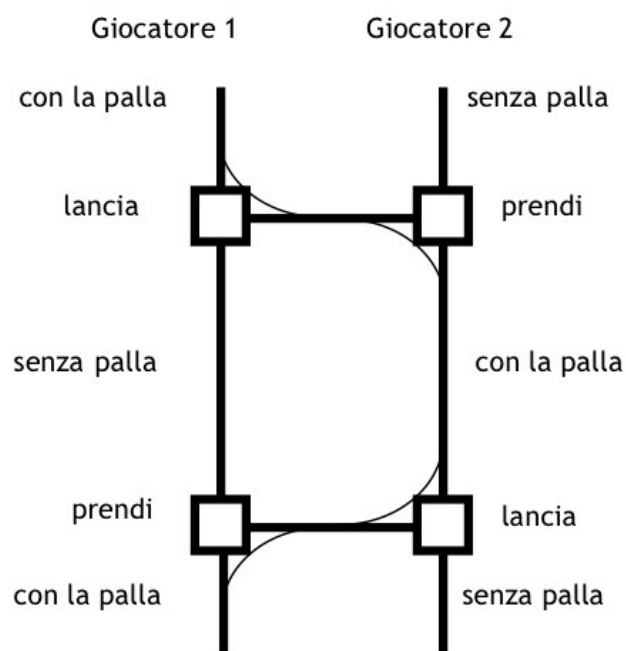


Figura 4. Il gioco della palla: diagramma di ruoli e attività

Immaginiamo due bambini che giocano a lanciarsi una palla: ciascuno di loro, quando è in possesso della palla, la lancia all'altro e poi aspetta, preparandosi a prenderla quando ritorna, lanciata dal compagno. Per quanto semplice, questa attività mette in evidenza alcune caratteristiche universali di situazioni in cui è richiesto il coordinamento tra partecipanti ad una attività organizzata. Per esempio, dal punto di vista strutturale non c'è distinzione tra i due compagni:

abbiamo uno stesso *ruolo* di giocatore che entrambi ricoprono svolgendo le stesse *attività* di lanciare la palla e prenderla, passando attraverso stati intermedi in cui hanno, o no, la palla. La vita dei due giocatori è descritta dallo sviluppo infinito del diagramma in Figura 4, dove la palla è rappresentata dalla linea continua che passa da un giocatore all'altro nelle *interazioni* in cui un giocatore lancia la palla e l'altro la prende.

Una diagramma simile potrebbe anche descrivere la struttura di una conversazione, o di un dibattito, con il relativo alternarsi dei partecipanti nel prendere la parola. Il formalismo grafico è parte della teoria dei diagrammi di ruoli e attività, introdotti da Holt come notazione per un tipo particolare di rete di Petri, e oggi ampiamente utilizzato (si pensi ai diagrammi di sequenza di UML).

Consideriamo ora l'attività organizzata eseguita da un impiegato che deve separare moduli di due colori, rosa e azzurro: i moduli sono posti in due pile separate, quelli azzurri a sinistra e quelli rosa a destra [10]. Lo smistamento dei moduli si svolge secondo regole (modulo azzurro a sinistra, modulo rosa a destra) che ne costituiscono l'aspetto meccanico. Tuttavia, è parte della nozione di attività organizzata il fatto che sia eseguita da *attori* umani da cui traggono origine gli interessi e le responsabilità delle azioni coinvolte. Le macchine, in quanto tali, non possono eseguire azioni perché non se ne possono assumere la responsabilità. Questo esempio, apparentemente banale, se considerato dal punto di vista della meccanica del coordinamento ne esemplifica alcuni degli ingredienti fondamentali.

In primo luogo, l'attività coinvolge entità di due specie: i moduli (con lo spazio che questi occupano), e le azioni che vengono eseguite sui moduli. Mentre i primi sono *corpi*, entità che occupano spazio, le seconde sono *operazioni*, entità che prendono tempo. Questa è l'interpretazione degli elementi di una rete di Petri che sta alla base della teoria del coordinamento, introdotta da Holt come disciplina scientifica di un nuovo tipo, che possa essere assunta come fondamento degli utilizzi del *computer* quale dispositivo per il coordinamento di azioni all'interno di attività organizzate.

La natura dello spazio e del tempo considerati in questo specifico contesto, e più in generale nel contesto di qualsiasi attività organizzata, è del tutto diversa da quella dello spazio e del tempo della fisica: si parla, appunto, di *spazio* (e *tempo*) *organizzativo*. Nel caso di un ufficio, lo spazio organizzativo non è immediatamente riducibile al volume della stanza che lo ospita, ma consiste di quegli elementi spaziali che hanno pertinenza con le attività svolte nell'ufficio: le scrivanie, i cassetti, gli armadi, ma anche i corridoi e i passaggi tra aree diverse della stanza, che probabilmente corrispondono ad attività tra le quali occasionalmente possono manifestarsi interazioni. È l'attività organizzata nel suo complesso che determina la topologia dello spazio organizzativo, in funzione della connessione tra le varie sottoattività secondo il principio generale che attività che interagiscono debbano essere fisicamente vicine, cioè topologicamente connesse. Questa interpretazione operativa della connessione topologica, e più in generale l'idea che l'architettura del luogo in cui si svolge un'attività organizzata debba avere una relazione stretta con la

struttura di quell'attività, è un tema ricorrente del lavoro di Holt, il quale parlava a volte dei *computer* come di "edifici elettronici".

Nell'esempio delle pile di moduli, descriviamo l'attività dell'impiegato con una rete di Petri che mostra l'azione di smistamento dei moduli di colori diversi in zone distinte dello spazio organizzativo:

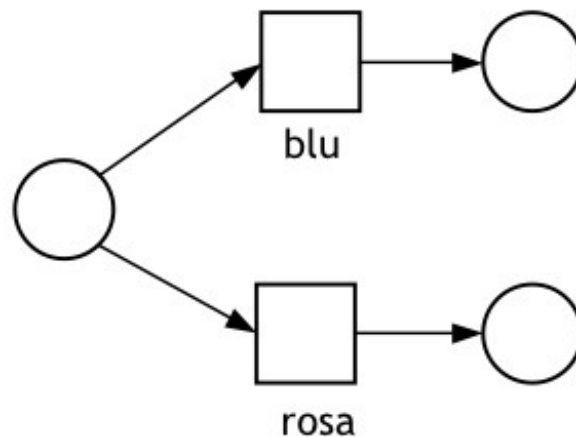


Figura 5. Decidere dove mettere i moduli

Questo spazio organizzativo è articolato da una linea di divisione immaginaria (cioè, non fisica ma organizzativa) tra la pila dei moduli azzurri, quella dei moduli rosa e la pila originale dalla quale provengono i moduli da ordinare. Le azioni dell'impiegato trasformano lo *stato* dei moduli, identificato con la loro posizione nello spazio organizzativo (a sinistra/a destra).

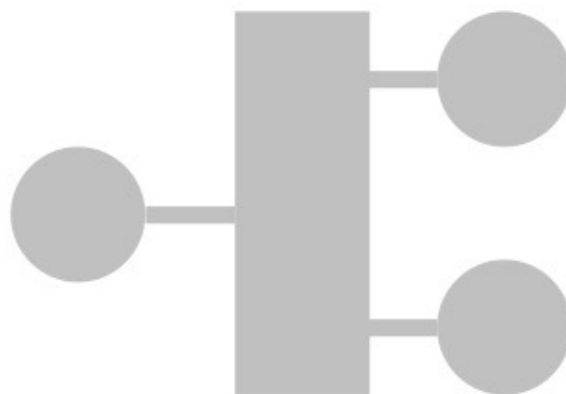


Figura 6. Connessione tra luoghi dello spazio organizzativo

Possiamo ora sovrapporre le due reti per esprimere in modo visuale la relazione tra i due aspetti, spaziale e temporale, dell'attività di smistamento dei moduli. Il confine tra gli spazi entro i quali l'attività si svolge, associati alle tre pile, coincide con una decisione dell'impiegato, determinata dal colore del modulo:

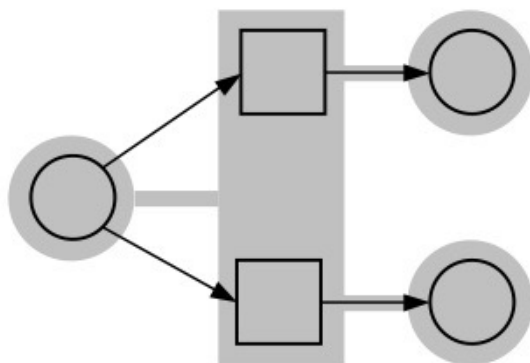


Figura 7. Spazio e tempo nell'attività dell'impiegato

Nei primi anni '70 Petri si era accorto che la sovrapposizione di reti come quella che abbiamo appena utilizzato corrisponde all'esistenza di una funzione continua rispetto ad una topologia che può essere definita su ogni rete di Petri, e che di fatto caratterizza le reti (non orientate) come spazi topologici (si veda [11]). Si possono così utilizzare le trasformazioni continue tra reti di Petri per formalizzare le relazioni tra viste di un processo o di un sistema a diversi livelli di astrazione, o tra un processo ciclico ed il suo sviluppo infinito nel tempo.

Complichiamo ora la situazione immaginando di avere una "catena di montaggio" in cui i moduli entrano, vengono sottoposti all'esame dell'impiegato che li separa in base al colore, e attraversano una serie di uffici successivi fino ad arrivare ad un ufficio dove vengono reimmessi in un'unica pila. Tuttavia, si richiede che un modulo non possa essere ricevuto da un ufficio se questo non ha ancora inoltrato il modulo ricevuto prima di quello. La rappresentazione di un particolare stato di questa attività è data dalla rete di Petri della Figura 8, dove un modulo rosa (*r*) è pronto per essere trasferito dal primo al secondo ufficio della catena, che è libero (*l*), mentre il terzo ufficio è occupato con l'elaborazione di un modulo azzurro (*a*), ed un nuovo modulo sta aspettando (*n*) di entrare nella catena. È importante che ogni trasferimento di un modulo da un ufficio al successivo sia autorizzato dal verificarsi di una preconditione che esprime che l'ufficio successivo è libero, come (*l*), in modo che un ufficio non si trovi ad elaborare più di un modulo per volta: a questo servono gli archi rivolti in senso opposto al flusso dei moduli. Si tratta di uno schema di coordinamento che è caratteristico della *bucket brigade* vista in molte scene di film *western*, ma anche del controllo di una *pipeline* (che trasporta bit, qui rappresentati dai moduli azzurri e rosa) che non richiede il controllo del ritmo di trasmissione da parte di un orologio centralizzato, ma che procede in modo del tutto asincrono ([12]).

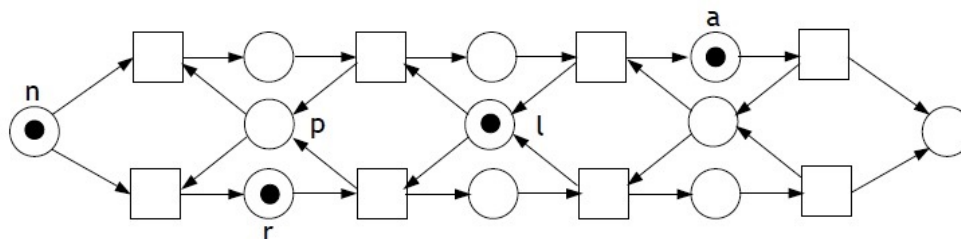


Figura 8. La storia dei moduli

La meccanica del coordinamento di Holt nasce dall'intuizione che questi esempi rappresentino situazioni universali in cui la composizione di regole semplici, espresse in modo formale attraverso reti di Petri o formalismi da esse derivate, dà luogo a fenomeni di coordinamento che possono essere studiati attraverso questi formalismi.

4. Discipline della comunicazione e pragmatica formale

La comunicazione è essa stessa una particolare attività organizzata, che richiede un elevato livello di coordinamento. Pensiamo ad esempio alla disperata ricerca di Lucia da parte di Renzo nella Milano colpita dalla peste, descritta in alcune delle pagine più celebri de *I Promessi Sposi*. E se Renzo e Lucia avessero avuto entrambi un cellulare? D'altra parte, quante nuove trame sono possibili con le attuali possibilità di comunicazione? Dai segnali di fumo degli indiani dei film *western* ai *gadget* delle vicende di spionaggio, la possibilità di avere l'informazione a disposizione quando e dove questa serve ha giocato un ruolo fondamentale nel definire la forma delle attività umane organizzate.

Le regole che sono alla base degli atti comunicativi permettendo che questi vadano a buon fine dovrebbero essere alla base della progettazione degli strumenti informatici di comunicazione. Ma esiste veramente una teoria della comunicazione che prenda in considerazione questi aspetti? Molti dei contributi di Petri e Holt possono essere interpretati come sforzi verso l'obiettivo di far venire alla luce questa teoria in aggiunta alla più classica teoria matematica della comunicazione.

Infatti quest'ultima, attraverso i risultati di Nyquist, Hartley e specialmente di Shannon, è una teoria dell'efficienza della trasmissione di segnali su un canale disturbato. Il problema di "riprodurre in modo esatto o approssimativo in un punto un segnale scelto in un altro punto" [13] si basa su un'idea di comunicazione che è soddisfacente dal punto di vista fisico, ma che non fornisce alcun aiuto sistematico a capire gli aspetti essenziali dell'uso del *computer* per la comunicazione nel contesto delle attività umane organizzate. Dal punto di vista di queste ultime, le domande rilevanti riguardano piuttosto *chi* produce l'informazione, *quando*, *dove*, e *che cosa* l'informazione rappresenta. Serve allora una nuova metafora della comunicazione su cui basare la costruzione di una teoria in cui queste domande trovino una naturale collocazione.

Questa teoria considera il *computer* come macchina per la comunicazione (Holt) ed in particolare come mezzo per l'organizzazione del flusso

dell'informazione (Petri). Quali sono gli aspetti rilevanti dell'informazione in questo contesto? L'informazione è una *risorsa*, più precisamente "quel tipo di risorsa che è utilizzata per risolvere i conflitti" ([7], p. 9). Riprendendo l'esempio dei moduli, nella Figura 8 la condizione *n* determina un conflitto la cui soluzione (da parte dell'impiegato) introduce nel sistema nuova informazione che corrisponde alla scelta: modulo azzurro vs modulo rosa. Questa è la concezione dell'informazione utilizzata da Holt e Commoner [14], e da Petri [15], come *risorsa*, cioè come qualcosa di cui ci possa essere scarsità.

L'informazione come risorsa è alla base di una concezione del processo comunicativo alternativa a quella classica. L'informazione diventa parte di un processo di natura economica di produzione, scambio e consumo con aspetti che il modello della teoria dell'informazione classica non riesce a prendere in considerazione. Per esempio, poiché una risorsa è sempre da qualche parte, l'informazione può essere presente in un sistema ma può non essere posseduta dall'attore che ne ha bisogno. Una parte importante nella progettazione di attività organizzate consiste proprio nel fare in modo da portare l'informazione nella parte del sistema in cui serve e nel momento in cui è necessario disporne ("Parlando astrattamente, la limitazione artificiale e ben strutturata delle risorse è uno dei principali modi per stabilire un'organizzazione — forse l'unico" [7, p. 10]). Questo aspetto di località dell'informazione entra in gioco anche quando si deve fare in modo che l'informazione resti nascosta ad altre parti del sistema, come in una vicenda di spionaggio. In questo contesto sono significative le limitazioni sulla riproducibilità dei segnali, la possibilità di copiarli e di condividerli. L'accessibilità di una risorsa varia con il tempo. Così l'informazione può diventare obsoleta o essere rimpiazzata da una sua versione aggiornata. Per questo, in alcuni casi le risorse sono immagazzinate, ma quando lo sono, si rende anche necessaria una forma di manutenzione. Come in un grande magazzino le merci sono classificate sia per inventariarle che per trovarle più facilmente, così classifichiamo l'informazione per renderla più facilmente reperibile. Queste sono solo alcune delle osservazioni suggerite dalla concezione dell'informazione sviluppata nell'ambito della teoria dell'attività organizzata di Holt ([10]).

Seguendo l'idea della comunicazione come scambio di risorse, diventa naturale disciplinare gli atti comunicativi considerandone l'analogia con le transazioni economiche, dando così origine ad una economia ed una giurisprudenza generalizzate che potrebbero essere considerate la base per l'elenco, suggerito da Petri [15], delle *Discipline della Comunicazione*, "discipline di una scienza della comunicazione che deve ancora essere creata e discipline nel senso di un insieme di regole che devono essere seguite perché la comunicazione abbia successo".

Poiché la comunicazione si basa sul linguaggio, è utile ricordare che lo studio generale dei segni, noto come *semiotica*, ha tradizionalmente accettato la distinzione, formulata dal filosofo Charles Morris, di tre aspetti di un linguaggio in senso semiotico, cioè un sistema di segni e convenzioni per il loro utilizzo negli atti comunicativi. La *sintassi* è l'aspetto relativo alle regole di combinazione dei segni del linguaggio nella produzione di testi significativi. La *semantica* riguarda il significato delle combinazioni sintatticamente ammissibili di segni e

delle relazioni di sinonimia che tra esse si instaurano. Infine, la *pragmatica* si occupa dei fenomeni relativi all'utilizzo dei testi, in quanto veicoli di significato nel contesto di concrete situazioni comunicative.

Le discipline della comunicazione suggerite da Petri si collocano nell'ambito di una *pragmatica formale*: la comunicazione in un contesto organizzativo prende sempre la forma di trasmissione di *documenti*, intesi come testi dotati di uno stato pragmatico all'interno di un sistema di persone che interpretano ruoli che fanno parte della struttura dell'organizzazione.

Petri ha elencato dodici discipline della comunicazione, basandosi su esempi concreti di problemi che possono essere classificati come difetti di comunicazione. Così, per esempio, abbiamo discipline per *copiare* e *cancellare* i documenti coinvolti nell'atto comunicativo: un esempio che motiva la necessità di queste discipline è il cambiamento di valore pragmatico tra una banconota e una sua copia. Un altro genere di fenomeni è oggetto delle discipline dell'*identificazione*, *indirizzamento* e dell'*assegnazione di nomi*, rilevanti in particolare in ambiti organizzativi basati su *computer*, in cui la facilità di proliferazione dei dati rende indispensabile disporre di metodi sistematici per associare ad essi degli identificatori unici. Analogamente, Petri elenca discipline di *sincronizzazione*, *composizione*, *modellazione*, *autorizzazione*, *valutazione*, *delegazione* e *riorganizzazione*.

Le indicazioni date da Petri in merito allo sviluppo di queste discipline sono purtroppo estremamente frammentarie e costituiscono a nostro parere un importante aspetto dell'eredità di Petri, che ha già ispirato alcune realizzazioni concrete ([16]). È proprio a partire da uno sviluppo sistematico di questo ramo della *pragmatica formale* che potrà prendere le mosse una teoria (e forse anche un'etica) dei processi informativi adeguata al ruolo essenziale che al loro interno il *computer* gioca attualmente, e continuerà a giocare in misura sempre crescente.

5. I modelli combinatori fra discreto e continuo

Finora ci siamo occupati prevalentemente di quella che Petri ha chiamato "teoria speciale delle reti", cioè dell'impiego delle reti per modellare un singolo sistema, a un livello di astrazione specifico. Ma Petri ha sempre coltivato l'ambizione di costruire una teoria generale, nella quale ci si possa spostare, usando strumenti matematici rigorosi, fra diversi livelli di astrazione e di descrizione.

Nella concezione petriana di una tale teoria generale dei sistemi (e delle sue applicazioni) la relazione di concorrenza fra gli elementi di un modello ha un ruolo fondamentale. Questa circostanza ha spinto Petri a tentare un'assiomatizzazione nella quale l'unico concetto primitivo sia proprio quella relazione. La tesi di fondo è che questa relazione, tra fenomeni fisici elementari opportunamente scelti, possa servire da base concettuale per una teoria dei processi e dei sistemi, e che la teoria corrispondente sia lo strumento per giungere a soluzioni corrette e realizzabili dei problemi tipici nei sistemi distribuiti ([17]).

Petri segue qui una via affine alle assiomatizzazioni classiche della geometria, come quella di Hilbert: gli assiomi sono puramente formali (anche se,

naturalmente, sono scelti in vista di una interpretazione privilegiata). In partenza, abbiamo quindi un insieme di elementi dotato di una relazione binaria, che viene chiamata *concorrenza*.

L'assunto di base è che la relazione binaria di concorrenza sia riflessiva e simmetrica ma, in generale, non transitiva: il fatto che A sia concorrente con B e B sia concorrente con C non esclude che A e C siano in relazione di dipendenza causale. Le relazioni di questo tipo sono spesso chiamate relazioni di *similarità*, e appaiono in diverse discipline, fra le quali la teoria dell'utilità ([18]), nella quale è rilevante la relazione di *preferenza*, che si suppone sia applicata da un individuo nel compiere certe scelte, e l'associata relazione di *indifferenza*. Già dagli anni '50 si era osservato che questa relazione non è transitiva, come si potrebbe ingenuamente ritenere; si tratta quindi di una similarità, nel senso indicato sopra.

Le reti, così come presentate nei paragrafi precedenti, saranno derivate come modelli privilegiati della teoria. Più esattamente, i postulati scelti da Petri selezionano una classe ristretta di reti, che devono servire da fondamento per i livelli successivi di modellazione, secondo uno schema a strati, discusso in [17], che riassumiamo nel seguito.

L'idea di *stratificazione* è ben radicata nell'informatica: dall'*hardware* al *software* di sistema, fino a quello applicativo, è comune presentare una scala di strati, ognuno dei quali si appoggia sui "servizi" forniti dallo strato sottostante. Nel suo sforzo di fondare una teoria generale dei sistemi e dei processi, che si possa in particolare applicare all'informatica e alla computazione, Petri propone di incastrare i livelli tradizionali in una scala più ampia, della quale le reti costituiscono lo strumento matematico centrale.

Al gradino più basso della scala stanno gli assiomi della concorrenza; i modelli "naturali" della teoria sono le reti di occorrenze, cioè reti acicliche di stati locali (o condizioni) e eventi locali, che rappresentano processi concorrenti nel loro svolgersi nel tempo (simili al modello di scambio della palla illustrato in Figura 4). Queste reti sono, in linea di principio, infinite, ma si possono "ripiegare" su sé stesse per ottenere modelli finiti dei sistemi in grado di generare quei processi. Si ottengono in questo modo le classiche reti finite di cui abbiamo parlato in precedenza. Il loro impiego come specificazioni di sistemi, *software* e *hardware*, ne costituisce la principale applicazione. A un livello di astrazione ancora più alto, gli elementi di una rete si interpretano come *agenzie* e *canali*, *interessi* e *restrizioni*, entrando nel campo della pragmatica formale, discusso nel paragrafo precedente.

Il passaggio da un livello a quello successivo della gerarchia deve poggiare, secondo Petri, su una nozione di *omomorfismo*, cioè di corrispondenza definita formalmente tra elementi delle reti di livelli contigui.

Petri ha sempre sottolineato il ruolo che la fisica dovrebbe svolgere nello sviluppo formale e concettuale della sua teoria delle reti, e in generale, di ogni teoria dei processi e del flusso di informazione. Questo ruolo è duplice: da una parte, ogni processo si compie nella realtà fisica, e deve quindi sottostare ai vincoli determinati dalle leggi fisiche (la velocità di un segnale non può superare

quella della luce, la densità di immagazzinamento delle informazioni non può crescere indefinitamente); dall'altra le teorie fisiche, specialmente nella loro veste formalizzata, costituiscono un paradigma al quale ispirarsi.

La scelta degli assiomi citata sopra mette in particolare evidenza il debito di Petri verso certe presentazioni della fisica teorica; il riferimento forse più evidente, del resto esplicitamente riconosciuto già dalla sua tesi di dottorato, è quello a Rudolf Carnap e alla sua formalizzazione logica dello spaziotempo relativistico, ma per certi aspetti più interessante ci sembra l'idea secondo la quale un processo di computazione debba risultare *reversibile*; a questo proposito, osserviamo che l'adozione di componenti asincroni e reversibili nella progettazione di circuiti e dispositivi di calcolo è oggi considerata come una delle soluzioni ai problemi di efficienza energetica della computazione (si veda ad esempio [12]).

Nelle relazioni tra fisica e computazione emerge un tema che ha suscitato l'interesse di diversi autori: la relazione fra continuo e discreto. Petri avanza una proposta: una teoria combinatoria, discreta nella sostanza, ma nella quale introduce elementi propri del continuo, secondo una linea concettuale che possiamo far risalire a Henri Poincaré. In *La science et l'hypothèse*, Poincaré definisce un *continuum* come un sistema d'elementi sul quale è definita una relazione binaria di *indistinguibilità*, e tale che si possa, partendo da un elemento qualsiasi, raggiungere ogni altro elemento attraverso una serie di elementi intermedi, a due a due indistinguibili. Sostituendo la relazione di indistinguibilità con quella di concorrenza, otteniamo uno degli assiomi posti da Petri a fondamento della sua teoria.

L'idea di un modello discreto dei fenomeni fisici è stata indagata da diversi autori, con scopi e metodi diversi. Al momento, il tentativo più avanzato sembra quello basato sugli automi cellulari, su cui esiste una vasta letteratura, e in particolare l'ambizioso e controverso progetto portato avanti da Stephen Wolfram. Altri approcci sono stati proposti da Konrad Zuse (Calculating Space), che per un breve periodo collaborò con Petri, e da William Fredkin (Digital Philosophy, su cui vedi anche [19]).

Conclusioni

Ci sembra che l'eredità di Petri possa essere cercata in tre direzioni principali. In primo luogo c'è un lascito concettuale ormai ampiamente consolidato: il superamento del modello tradizionale di automa sequenziale. Le nozioni di stato locale e di trasformazione locale di stato fanno parte infatti del bagaglio di strumenti essenziali a chi oggi progetta, realizza, analizza sistemi distribuiti, anche se non utilizza il formalismo delle reti di Petri.

Accanto a ciò, in questo articolo abbiamo cercato di portare alla luce quella parte di eredità che non è stata ancora (pienamente) raccolta, e che si sostanzia nell'idea di una pragmatica formale e di una serie di discipline della comunicazione, fondate sull'intuizione che i «calcolatori» sono principalmente uno strumento per la comunicazione.

Infine, e ad un livello molto più generale, c'è il contributo epistemologico dell'opera di Petri, che si esprime nella sua concezione dei modelli nella scienza

e nella tecnica. In questo articolo non abbiamo trattato questo aspetto, il cui studio è iniziato solo di recente. Si veda a questo proposito [4]. Riteniamo che le reti di Petri con i loro sviluppi teorici siano solo una delle manifestazioni della ricchezza di questa concezione.

Bibliografia

- [1] Smith, Einar (2015). Carl Adam Petri. Life and Science, Springer.
- [2] Silva, Manuel (2013). "Half a century after Carl Adam Petri's Ph.D. thesis: A perspective on the field", *Annual Reviews in Control*, 37, 191-219.
- [3] Smith, Einar (2014). "Petri and how he saw the world", *Software & Systems Modeling*, 14 (2), 727-733.
- [4] De Michelis, Giorgio (2015). "The contribution of Carl Adam Petri to our understanding of 'computing'", HaPoC 2015: 3rd International Conference on the History and Philosophy of Computing, Pisa, ottobre 2015.
- [5] Petri, Carl Adam (1962). *Kommunikation mit Automaten*, Dissertation, Schriften des IIM 2, Rheinisch-Westfälisches Institut für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn (trad. ing. *Communication with Automata*, Technical report RADC-TR-65-377, Volume I, Final Report, Supplement I).
- [6] Petri, Carl Adam (1973). "Concepts of Net Theory", *Proc. of the Symposium and Summer School on Mathematical Foundations of Computer Science*, Strbské Pleso, High Tatras, Czechoslovakia, September 3-8, 1973, Mathematical Institute of the Slovak Academy of Sciences, 137-146.
- [7] Petri, C. A. (1980). "Introduction to General Net Theory", in W. Brauer (a cura di) *Net Theory and Applications, Proc. of the Advanced Course on General Net Theory of Processes and Systems*, Hamburg, 1979, volume 84 di *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 1-19.
- [8] Genrich, H. J., Lautenbach, K., Thiagarajan P. S. (1980). "Elements of General Net Theory", in W. Brauer (a cura di) *Net Theory and Applications, Proc. of the Advanced Course on General Net Theory of Processes and Systems*, Hamburg, 1979, volume 84 di *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 21-163.
- [9] Cardone, F. (2015) "Computers and the mechanics of communication. Outline of a Vision from the Work of Petri and Holt", in Beckmann, Arnold et al. (a cura di), *Evolving computability. 11th conference on computability in Europe, CiE 2015, Bucharest, Romania, June 29 – July 3, 2015*, volume 9136 di *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 3-12.
- [10] Holt, Anatol W. (1997). *Organized Activity and its Support by Computer*, Kluwer.
- [11] Petri, C. A. (2001). "Mathematical aspects of net theory", *Soft Computing*, 5, 146-151.
- [12] Sutherland, Ivan E., Ebergen, Jo (2002). "Computers Without Clocks", *Scientific American*, 287(2), 62-69.
- [13] Shannon, C. E. (1948). "A mathematical theory of communication", *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.

- [14] Holt, A. W., Commoner, F. (1970). "Events and conditions" in J. B. Dennis, (a cura di), *Record of the Project MAC conference on concurrent systems and parallel computation*, ACM, New York, NY, USA, 3–52.
- [15] Petri, C. A. (1977). "Communication disciplines" in B. Shaw, (a cura di), *Computing System Design*, University of Newcastle upon Tyne, 171–183.
- [16] De Cindio, F., De Michelis, G., Simone, C. (1987). "The communication disciplines of CHAOS", in Voss, K., Genrich, H. J., Rozenberg, G. (a cura di), *Concurrency and nets: advances in Petri nets*, Springer-Verlag, 115-139.
- [17] Petri, C. A. (1979). "Concurrency as a Basis of Systems Thinking", *Proc. of the 5th Scandinavian Logic Symposium*, 143-162.
- [18] Luce, R. D. (1956). "Semiorders and a Theory of Utility Discrimination", *Econometrica*, vol. 24 n. 2 (Apr. 1956), pp 178-191.
- [19] Longo, G. O., Vaccaro, A. (2014). "La Nascita della Filosofia Digitale", *Mondo Digitale*, Anno XIII, n. 52, 1-19.

Biografie

Lucia Pomello, laureata in Matematica, ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Informatica nel 1988. È professore associato di Informatica presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca. L'attività di ricerca è prevalentemente nell'ambito dell'informatica teorica e riguarda i modelli formali per il disegno, l'analisi e la sintesi di sistemi concorrenti e distribuiti. Dal 2004 fa parte del 'Petri Nets Steering Committee' e dal 2008 dell'Editorial Board della rivista ToPNoC: Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency, Springer.

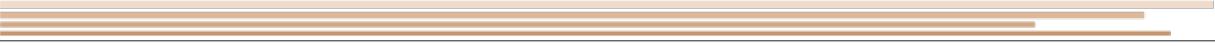
Email: lucia.pomello@unimib.it

Felice Cardone, laureato in Filosofia nel 1983, ha conseguito il Dottorato in Informatica nel 1990. Attualmente è professore associato presso il Dipartimento di Informatica dell'Università di Torino dopo avere insegnato nelle Università di Milano e di Milano-Bicocca. I suoi interessi scientifici si concentrano sui fondamenti dell'informatica, sia nei loro aspetti logici che in quelli storici e filosofici. È membro del consiglio direttivo dell'AILA, Associazione Italiana di Logica e Applicazioni.

Email: felice.cardone@unito.it

Luca Bernardinello si è laureato in Scienze dell'informazione presso l'Università degli studi di Milano nel 1986, e ha conseguito il dottorato di ricerca in Informatica presso l'Université de Rennes I. Dal 2001 è ricercatore presso il Dipartimento di informatica dell'Università degli studi di Milano-Bicocca. Si occupa dei fondamenti della teoria della concorrenza e di modelli formali di sistemi concorrenti.

Email: luca.bernardinello@unimib.it



Comprendere lo sviluppo dei moderni linguaggi di programmazione in chiave evolutiva

Silvia Crafa

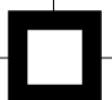
Sommario

La teoria dell'evoluzione è da tempo utilizzata nell'analisi di sistemi non biologici, come lo sviluppo della tecnologia o dei linguaggi umani. Anche la storia dei linguaggi di programmazione, caratterizzata da veri e propri processi di variazione e selezione, può essere riletta in chiave evolutiva. Senza forzare un'interpretazione darwiniana in un contesto così diverso, in questo articolo useremo con precisione il linguaggio evolutivo biologico e i suoi pattern esplicativi per mettere in luce le diverse dinamiche che entrano in gioco nel processo di sviluppo dei linguaggi di programmazione.

Abstract

The Evolutionary Theory has been used to analyze non biological systems, such as the evolution of technology and that of human languages. Even the history of programming languages can be observed in an evolutionary framework, since it displays variation and selection processes. In this paper, rather than casting programming languages evolution into the Darwinian account, we borrow the biological talking to unveil evolutionary patterns and driving forces that unfold behind the development of this rich scientific area.

Keywords: evolutionary theory, evolution of technology, history of programming languages, programming abstractions, mainstream programming models



1. Introduzione

Anche se non sempre ce ne rendiamo conto, i linguaggi di programmazione hanno una notevole influenza sull'ambiente che ci circonda, perché stanno alla base del funzionamento di quasi tutti i dispositivi tecnologici, dai piccoli sistemi embedded inseriti nella lavatrice di casa o nella centralina di controllo dell'automobile, ai sistemi software che gestiscono una banca o un ospedale, fino agli smart-tags oggi inseriti in molti oggetti che danno vita al cosiddetto Internet of Things.

Come i linguaggi umani, anche i linguaggi di programmazione (LP) servono per comunicare: permettono ad un programmatore di istruire un dispositivo hardware, permettono a due o più programmi software di interoperare tra loro, e permettono anche ai programmatori di scambiarsi algoritmi, cioè informazioni in formato preciso e non ambiguo.

I primi linguaggi di programmazione nacquero negli anni '50, ma la loro esplosione avvenne negli anni '80 sulla spinta dell'ampia diffusione dei personal computer. Al giorno d'oggi si tratta ancora di un ambito estremamente vivo e dinamico: nuovi linguaggi nascono continuamente e i linguaggi più diffusi competono tra loro, spesso spinti dalle aziende che li usano all'interno delle tecnologie che vendono. Anche la misurazione della popolarità di un linguaggio è un argomento molto dibattuto e non facile da definire [1].

L'analisi dello sviluppo storico di questi linguaggi può essere fatta secondo diverse prospettive; volendo ad esempio compilare una linea temporale di LP bisogna scegliere un criterio secondo cui ordinare i linguaggi, ma la scelta di tale criterio non è così semplice come appare a prima vista: ad esempio elencare i linguaggi rispetto alla data di invenzione oppure alla data in cui sono diventati popolari produrrebbe risultati molto diversi. Non è raro infatti che il successo di un linguaggio non sia legato all'obiettivo per cui era stato inventato: ad esempio Objective-C è rimasto in sordina quasi vent'anni prima che Apple lo rendesse estremamente diffuso in quanto unico linguaggio utilizzabile per programmare le apps dei dispositivi mobili Apple. Da poco più di un anno inoltre Apple ha optato per un nuovo linguaggio di programmazione, Swift, più moderno e più orientato alle nuove tecnologie, determinando quindi un rapido crollo della diffusione di Objective-C, che si è forse avviato verso l'estinzione (si veda ad esempio l'indice TIOBE di Objective-C in [2]). Molto diverso sembra invece essere il destino del linguaggio Cobol: nato nel 1961, pur essendo passato per una serie di aggiornamenti è senza dubbio un linguaggio obsoleto, ma sembra essere quasi immortale perché gran parte dei sistemi software finanziari sono scritti in questo linguaggio e tradurre del codice stabile in un nuovo linguaggio aprirebbe la porta all'introduzione di errori e problemi di manutenibilità e retro compatibilità che non sarebbero sostenibili. Succede quindi che il nocciolo di questi software rimane scritto in Cobol e viene rivestito di uno strato esterno e di un front-end scritti in linguaggi più moderni.

Le alterne vicende di Objective-C e di Cobol sono un piccolo esempio di come la storia dei LP sia caratterizzata da innovazioni, diversificazioni, trasferimenti orizzontali e influenze sociali, che possono essere letti come veri e propri processi

di variazione e selezione distintivi della teoria dell'evoluzione darwiniana. Lo studio di questa teoria è infatti già da tempo uscito dai confini della biologia per essere applicato all'analisi di svariati sistemi culturali, tra cui l'evoluzione della tecnologia (e.g. [3][4][5]) e l'evoluzione del linguaggio umano (e.g. [6][7]). Per comprendere fino a che punto i sistemi non biologici possono essere visti come un sistema evolutivo, va innanzitutto ricordato che la teoria dell'evoluzione comprende molto più che i soli meccanismi di variazione e selezione, raccogliendo al suo interno una ricca varietà di pattern esplicativi. Alcuni, come le mutazioni casuali, la contingenza e la selezione naturale, fanno parte del nocciolo della teoria, altri invece sono meno fondanti ma comunque ben riconosciuti, come ad esempio la plasticità fenotipica, il gradualismo o gli equilibri punteggiati e l'effetto della costruzione della nicchia (si veda [8] per uno scorcio del dibattito attuale su quali siano i processi fondanti della teoria dell'evoluzione). D'altra parte in letteratura è molto vivo anche il dibattito su quale sia il senso e il limite dell'analogia tra l'evoluzione biologica e quella culturale (e.g., [9][10]): spesso variazione, selezione e soprattutto ereditarietà operano in modo molto diverso nei sistemi biologici ed in quelli culturali, e lo sviluppo di tratti culturali molto diversi tra loro, come ad esempio la diffusione dei brevetti e quella delle lingue parlate, richiedono chiaramente spiegazioni molto diverse e ad hoc.

Ponendoci nel solco di questi dibattiti, in questo articolo ci chiederemo se è possibile guardare alla storia dei linguaggi di programmazione in una prospettiva evolutiva. Senza voler forzare l'analogia con la teoria darwiniana, useremo il linguaggio evolutivo come strumento esplicativo, allo scopo di analizzare le diverse dinamiche in gioco e stimolare lo sviluppo di meta-conoscenza sulla storia dei linguaggi di programmazione.

Più precisamente, nella Sezione 2 vedremo come gli elementi distintivi dell'evoluzione dei sistemi tecnologici si ritrovino anche nell'ambito dei linguaggi di programmazione. Nella Sezione 3 illustreremo i salti evolutivi identificabili nelle fasi più recenti della storia dei LP, mettendo in luce i concetti cruciali che ne hanno modellato lo sviluppo. Sarà esaminato il processo di ricerca di costrutti di programmazione di volta in volta più adatti al contesto storico e, facendo riferimento a linguaggi concreti, saranno evidenziate vere e proprie catene evolutive di linguaggi.

La Sezione 4 sarà dedicata all'analisi di pattern evolutivi sofisticati, come la co-evoluzione, i macro-trend, la costruzione della nicchia e l'exaptation. Concluderemo infine nella Sezione 5 con una discussione sull'uso del framework evolutivo in un contesto così lontano da quello in cui è nato.

2. I linguaggi di programmazione e l'evoluzione tecnologica

Lo studio dei linguaggi di programmazione si inserisce nel panorama più ampio dell'analisi dell'evoluzione della tecnologia, un settore dell'evoluzione culturale che è molto studiato in letteratura. Come l'evoluzione biologica, anche lo sviluppo tecnologico manifesta processi di variazione e selezione, ma anche di convergenza, contingenza ed estinzione. Si riconosce nel progresso tecnologico anche un pattern elaborato come l'esistenza di equilibri punteggiati, cioè la presenza di lunghi periodi di stasi interrotti da periodi di improvvisa e

rapida apparsa di numerosi elementi di novità (e.g. [11]). Allo stesso tempo, sussistono profonde differenze con i sistemi biologici, prima tra tutte il fatto che le innovazioni tecnologiche sono *progettate intenzionalmente*, sia con obiettivi immediati, ad esempio una nuova automobile più sicura della versione precedente, sia con obiettivi più a lungo termine, come quello di rendere sempre più pervasiva nella società la capacità di computazione, inizialmente tramite computer portatili, successivamente tramite smartphone, fino allo scenario dell'Internet of Things attualmente in costruzione. Va osservato che, a differenza della biologia, nel caso della tecnologia la progettazione esplicita delle novità tecnologiche è sostenuta anche dalla possibilità di avere una chiara nozione di *progresso misurabile*, in termini di maggiore efficienza, correttezza, sicurezza, velocità o minor costo economico o energetico.

Un altro aspetto ben noto dell'evoluzione è il cosiddetto *tinkering*, cioè il riuso e la ricombinazioni di elementi preesistenti secondo nuovi schemi. Anche in biologia organismi nuovi riusano elementi preesistenti in strutture nuove, ma mentre le nuove strutture biologiche restano in genere stabili per molto tempo, nel caso della tecnologia anche l'aggiunta di semplici novità può scatenare ricombinazioni di precedenti tecnologie con effetti molto ampi. I linguaggi di programmazione non sfuggono da questi aspetti chiave dell'evoluzione tecnologica, e ne offrono esempi interessanti. Se consideriamo infatti il linguaggio Java, osserviamo che il passaggio dalla versione 1.7 all'attuale versione 1.8 rappresenta un profondo cambiamento, sia tecnico (nuove primitive di programmazione e conseguenti profonde modifiche del sistema runtime) che nello stile di programmazione, integrando aspetti di programmazione funzionale nel modello ad oggetti che era distintivo della programmazione Java. Un tale cambiamento ha richiesto uno sforzo che è stato chiaramente studiato e progettato a fondo, e che è diventato necessario per rendere il linguaggio competitivo nello sviluppo di applicazioni che gestiscono efficientemente strutture dati di enormi dimensioni, come quelle richieste dalle applicazioni per i Big Data (ad esempio il grafo di una rete sociale). In questo cambiamento inoltre si ritrova anche un chiaro esempio di tinkering, infatti alcuni costrutti aggiunti a Java 8 non sono affatto nuovi, ma sono classici costrutti della programmazione funzionale già da tempo integrati nella programmazione ad oggetti in linguaggi come OCaml, C# o Scala. Però la ricombinazione dei nuovi costrutti con quelli distintivi del linguaggio Java permette (auspicabilmente) di estendere il successo delle tecnologie Java ai più moderni contesti applicativi, riguadagnando spazio nei settori attualmente più redditizi del mercato informatico.

Infatti, un elemento distintivo e spesso cruciale nell'evoluzione tecnologica, e in particolare nel caso dell'information technology, è l'impatto di *fattori economici e sociali*. Al giorno d'oggi la tecnologia, l'economia e i sistemi sociali sono profondamente interconnessi ed interdipendenti, ed ognuno di questi ambiti è in grado di incidere sulle prospettive di sviluppo degli altri. Si può dire che non siano solo tre ambiti che co-evolvono e si influenzano reciprocamente, ma si può pensare che costituiscano un vero e proprio *ecosistema*. Ad esempio nel caso dell'informatica esigenze di retro-compatibilità, così come richieste dettate

da mode o da aziende che dominano il mercato, spesso limitano o rendono impossibile la diffusione di nuove soluzioni, mantenendo la tecnologia dominante ad un livello sub-ottimale.

Ad esempio, a volte le applicazioni software vengono sviluppate usando tecnologie e linguaggi legati al web più per una scelta dettata da un trend che da un effettivo vantaggio rispetto all'uso di linguaggi general-purpose più solidi e classiche architetture client-server. Inoltre, innovazioni come Internet, il Cloud computing e i Big Data hanno avuto un impatto talmente forte sulla società che queste parole non corrispondono solo a termini scientifici, ma a vere e proprie keyword di analisi economiche e sociali. Infine, anche la scelta politica di vari governi nazionali di supportare programmi educativi di alfabetizzazione informatica (ad esempio in Italia il progetto "Programma il Futuro" [12]) è in grado di incidere sulle prospettive di sviluppo dell'ecosistema informatica-economia-società: si consideri ad esempio come la popolarità di Scratch, un linguaggio di programmazione pensato per i bambini, sia nettamente cresciuta ponendolo al 29-esimo posto nella classifica dei LP più popolari secondo l'indice TIOBE del gennaio 2016 [13].

Quanto detto finora illustra come gli elementi distintivi dell'evoluzione della tecnologia caratterizzino anche il processo di sviluppo dei linguaggi di programmazione. D'altra parte, seguendo la letteratura sull'evoluzione dei sistemi culturali, è possibile studiare in modo preciso fino a che punto i LP costituiscano uno specifico sistema evolutivo darwiniano. Per una discussione dettagliata di questi aspetti si veda ad esempio [14], mentre rimandiamo alla Sezione 4 la descrizione di come alcuni pattern distintivi della teoria dell'evoluzione si rintraccino anche nel caso dei LP offrendo un'ottica nuova per la loro analisi.

3. I salti evolutivi nella programmazione mainstream

Come anticipato nella Sezione 1, se da un lato è facile elencare cronologicamente le date di origine dei vari linguaggi di programmazione, raccontarne il loro processo di sviluppo in termini di una linea temporale è tutt'altro che scontato. Ad esempio, la timeline riportata in [15] racconta la storia di soli cinquanta LP, ma già rappresentare i cambiamenti di questi pochi linguaggi richiede un grafo abbastanza complesso. Lo studio della teoria dell'evoluzione insegna inoltre che la rappresentazione dei processi evolutivi richiede una topologia più complessa di quella lineare: in biologia si usano tipicamente gli alberi per rappresentare l'evoluzione filogenetica delle specie. Anche le analisi filogenetiche delle diverse lingue parlate dagli uomini hanno dimostrato che le loro storie si possono descrivere tramite un albero con diversi gruppi monofiletici [6,16]. Curiosamente, alcune di queste tecniche di ricostruzione filogenetica sono state applicate anche ai linguaggi di programmazione: partendo dai dati forniti da Wikipedia a proposito di quali LP hanno influenzato la creazione di quali altri LP, in [17] gli autori estraggono una filogenesi per un dataset di 347 linguaggi. In particolare, il loro metodo genera due alberi distinti, uno che rappresenta le "speciazioni" dei linguaggi funzionali e un secondo, separato, che rappresenta quelle dei linguaggi imperativi. In

aggiunta a questi alberi, viene prodotto anche un grafo che descrive le influenze orizzontali tra linguaggi. In realtà, per quanto storicamente corretti, due alberi separati per i linguaggi imperativi e i linguaggi funzionali non sono un risultato soddisfacente, soprattutto per i linguaggi moderni che sempre di più integrano questi paradigmi. Rimandiamo a [14] per una discussione dettagliata dei risultati in [17], e osserviamo che già il grafo in [15] citato sopra mostra come la rappresentazione ad albero sia inadeguata: lo sviluppo dei LP rivela infatti una vera e propria *rete* di innovazioni con pattern di diversificazioni e fusioni multiple, che richiama piuttosto le complesse filogenesi reticolari tipiche dei batteri [5].

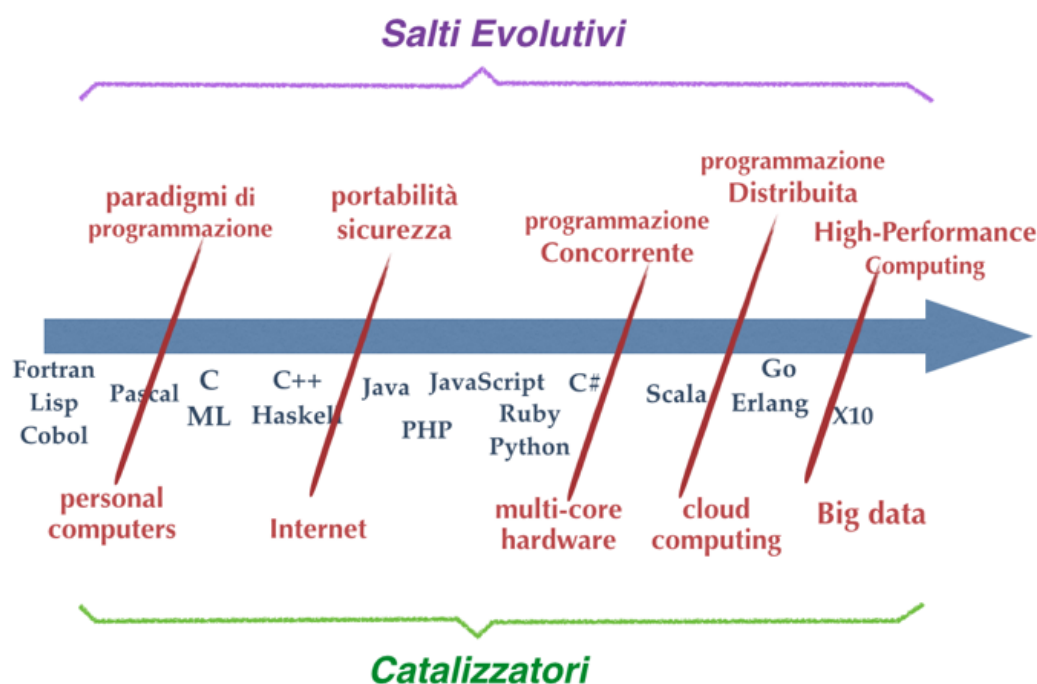


Figure 1 I salti evolutivi nella programmazione mainstream

Se dunque è impraticabile linearizzare l'evoluzione dei linguaggi di programmazione, è invece possibile disporre su una linea temporale i principali salti evolutivi nel loro sviluppo storico. Osserviamo innanzitutto che, come spesso avviene nello sviluppo tecnologico, anche nel caso della programmazione mainstream ogni grande cambiamento richiede un catalizzatore, qualcosa cioè che funga da incentivo forte a cercare nuove soluzioni, magari ripescandole tra (o ricombinandole con) innovazioni rimaste per molto tempo un po' in sordina.

L'exkursus storico-evolutivo tracciato in questa sezione è quindi riassumibile nella Figura 1, che illustra la sequenza di salti evoluti riscontrabili nella storia dei

LP con i corrispondenti catalizzatori che hanno effettivamente innescato questi salti. Sulla linea temporale sono anche elencati una serie (molto parziale e incompleta ma comunque indicativa) di linguaggi di programmazione che hanno conosciuto un picco di popolarità in quella fase. Coerentemente con quanto discusso sopra, l'ordinamento della figura non è affatto cronologico: ad esempio Python è un linguaggio introdotto (poco) prima di Java, e la gestione dei problemi di concorrenza è stata chiaramente affrontata prima della nascita di Internet.

3.1 Le prime rivoluzioni

Tra gli anni '50 e '60, con l'introduzione dei linguaggi come Fortran, Lisp, Cobol e Algol, si può iniziare a parlare di LP moderni che, rispetto ai precedenti linguaggi più direttamente legati all'hardware sottostante, introducono primitive più astratte, come `if`, `goto`, `continue`, in grado di dare struttura ai programmi. Negli anni '80 la rivoluzione dei personal computer, che cominciano a diffondersi in maniera capillare, rende la programmazione un'attività sociale, che richiede linguaggi general-purpose e che astraggono maggiormente i dettagli strutturali. In questo contesto, il successo di linguaggi come C, Simula, Smalltalk, ML e Prolog denota l'inizio della diversificazione tra *paradigmi* di programmazione: imperativo, funzionale, logico e orientato agli oggetti. Il caso della programmazione ad oggetti (OOP) è uno di quegli esempi di tecnologie che restano in sordina per un po' prima di conoscere un successo eccezionale: la OOP nasce infatti negli anni '60 in ambiente accademico, ma diventa il vero paradigma dominante nella programmazione mainstream solo negli anni '90, quando i sistemi software industriali si sono fatti così complessi che le capacità di modularità, data hiding e riuso del codice distintivi della OOP, diventano una necessità per poter gestire software complesso in modo economico e affidabile [18].

Un altro cambiamento fondamentale nel panorama dei LP è avvenuto con la comparsa di Internet, e in particolare con la scoperta delle nuove opportunità commerciali che la rete ha portato con sé. Innanzitutto la possibilità di mettere in comunicazione macchine diverse ha spostato l'obiettivo dei LP dalla velocità ed efficienza di esecuzione verso la portabilità (la capacità di far eseguire un programma in un ambiente di esecuzione distinto da quello in cui è stato scritto) e la sicurezza. In questo scenario il linguaggio Java e il bytecode della sua macchina virtuale (JVM) hanno portato al successo concetti di portabilità già noti ad esempio in linguaggi come ML e Smalltalk. La successiva crescita del Web al di sopra della rete Internet ha poi sostenuto la popolarità dei cosiddetti linguaggi di scripting, come PHP, JavaScript, Python o Ruby, che ben si prestano a sviluppare agilmente piccoli programmi (i.e. script) da inserire in pagine web e server web.

Il successivo salto evolutivo nella timeline corrisponde alla popolarità della programmazione concorrente, che offre cioè la capacità di programmare più flussi di controllo che eseguono contemporaneamente. Come per l'OOP, anche in questo caso LP concorrenti esistono fin dagli anni '60, ma la loro diffusione è rimasta limitata perché programmare correttamente la gestione di più attività che procedono insieme è molto più complesso che scrivere codice che esegue in

sequenza. La situazione è però cambiata all'inizio del 2000, quando il costante avanzamento tecnologico, che fino ad allora aveva garantito la continua costruzione di processori hardware sempre più veloci, ha raggiunto il suo limite fisico: per avere delle prestazioni migliori non era più possibile ottenere una CPU più efficiente, ma bisognava cambiare il modello di architettura dei processori, aggiungendo più CPU nella stessa macchina e facendole cooperare sempre meglio. Nacquero così i processori multicore, e da allora l'hardware parallelo è diventato a tutti gli effetti lo standard attuale. Questo cambiamento si è rivelato dunque il vero catalizzatore per la programmazione concorrente, perché solo i programmi che definiscono e coordinano (in modo corretto ed efficiente) le loro sottoattività concorrenti sono in grado di beneficiare a pieno del parallelismo dell'hardware sottostante.

3.2 L'evoluzione di alcuni costrutti di programmazione

Prima di parlare della fase più recente dello sviluppo dei linguaggi, ci addentriamo in questa sezione un po' più nei dettagli concreti dell'evoluzione di alcuni costrutti di programmazione, un po' come, in biologia, oltre a ripercorrere i cambiamenti delle specie, si può osservare l'evoluzione (attraverso varie specie) di specifici tratti, come le ali o la coda.

Ogni paradigma, o stile, di programmazione ha infatti dei tratti fondamentali, che si traducono in precisi costrutti di programmazione, come le funzioni e i dati immutabili nella programmazione funzionale o gli oggetti e l'ereditarietà nella OOP. Questi costrutti non sono univoci, ed evolvono nel tempo con l'evolvere dei linguaggi. Ad esempio si nota una chiara evoluzione dei costrutti di programmazione ad oggetti guardando la linea evolutiva che porta dal linguaggio C++ a Java fino al linguaggio Scala. Innanzitutto, l'incapsulamento dei dati, principio cardine della OOP, era sostanzialmente violato dalle `friend-functions` di C++, che sono state eliminate in Java, per arrivare poi ad adottare in Scala lo Uniform Access Principle che prevede l'uso di una sintassi talmente uniforme da mantenere totale l'incapsulamento dell'implementazione degli oggetti. Inoltre, il classico problema dell'ereditarietà multipla nella OOP era stato affrontato in C++ introducendo l'ereditarietà virtuale nelle gerarchie a diamante, per passare poi ad una soluzione molto diversa in Java usando il costrutto delle Interfacce, fino alla scelta, in qualche modo intermedia, di Scala basata sui mixins.

Nel caso della programmazione concorrente la scelta dei costrutti è maggiormente critica perché la concorrenza gioca un ruolo cruciale a diversi livelli di astrazione: c'è concorrenza a livello di architettura hardware, di sistema operativo (che gestisce contemporaneamente diversi processi), di supporto runtime del linguaggio (ad esempio la JVM consiste di diversi thread concorrenti), di sintassi del LP, fino al livello logico di progettazione di un algoritmo concorrente. I costrutti di concorrenza di un linguaggio devono quindi essere allo stesso tempo sufficientemente astratti per permettere di tradurre in un programma la logica di un algoritmo concorrente, e sufficientemente snelli da poter essere implementati in modo efficiente e scalabile. Ad esempio, il modello a thread originale di Java prevedeva di usare la classe `Thread` per gestire

contemporaneamente sia il nuovo flusso di esecuzione concorrente sia l'attività logica da fargli eseguire. Dalla versione 1.5 di Java, con le classi di tipo `Executor`, è possibile disaccoppiare la definizione delle attività logiche da quella dei meccanismi della loro esecuzione, e decidere politiche di esecuzione molto più efficienti utilizzando ad esempio pool fatti di pochi thread della JVM per eseguire concorrentemente numerose attività logiche.

L'intrinseca difficoltà del ragionamento e della programmazione concorrente fanno sì che al giorno d'oggi siamo ancora essenzialmente in una fase di "sperimentazione": nuovi costrutti o nuovi mix di costrutti esistenti vengono adottati dai linguaggi sulla base dei loro ambiti di applicazione. Rimandiamo a [19] per una discussione più dettagliata, ricordando qui brevemente i tre principali modelli di concorrenza a cui si rifanno maggiormente gli attuali linguaggi mainstream. Il modello più diffuso, utilizzato per esempio in Java, C# e C++11, è quello a *memoria condivisa*, in cui le diverse attività concorrenti comunicano sincronizzandosi su uno stato condiviso. Questo modello ben si armonizza con lo stile imperativo di questi linguaggi, ed è molto naturale in un approccio data-centrico, in cui un controllo centralizzato coordina le diverse attività che operano su dati condivisi. D'altra parte la gestione corretta degli accessi a questi dati condivisi si dimostra molto difficile, ed errori come interferenze, data race, deadlock, inversioni di priorità sono difficili da eliminare completamente anche ricorrendo a test estensivi. Il modello a *scambio di messaggi* è invece naturale nei linguaggi funzionali: lo stato della computazione non è più condiviso e modificabile, ma viene trasformato e comunicato tra le diverse attività concorrenti. Questo modello permette una programmazione più dichiarativa e con meno rischi di interferenze, ma richiede un carico aggiuntivo per la gestione delle comunicazioni. Si inseriscono in questo modello i cosiddetti sistemi di Attori, tipici ad esempio dei linguaggi Erlang e Scala usati rispettivamente in progetti come Facebook Chat o WhatsApp e LinkedIn o Ebay.

Il terzo modello di concorrenza, attorno a cui è di recente esploso l'interesse sia della comunità di ricerca che dell'industria, si basa sull'uso dei processori grafici (GPU) che offrono un'architettura massicciamente parallela tale da supportare con grande efficienza classi di applicazioni che lavorano su grandi moli di dati, come simulazioni fisiche, ray tracing, applicazioni bioinformatiche o di intelligenza artificiale, ricostruzioni 3D fino alle previsioni degli andamenti delle azioni finanziarie. Questo tipo di programmazione, detta General Purpose GPU-Programming richiede però specifici algoritmi e specifici linguaggi di programmazione, attualmente ancora piuttosto legati al tipo di architettura su cui sono implementati. Il crescente interesse su questi temi sta però facendo nascere sempre più progetti di sviluppo di LP di più alto livello di astrazione al di sopra di queste tecnologie, e.g. CUDA 6, OpenAcc, Copperhead.

3.3. Le sfide più recenti

Se lo sviluppo di hardware come i processori multicore e le GPU ha catalizzato la popolarità della programmazione concorrente, più di recente le nuove tecnologie di cloud computing hanno fatto da catalizzatore per la diffusione della *programmazione distribuita*. Anche in questo caso i sistemi distribuiti non

sono certo una novità, insieme ad un gran numero di tecniche di programmazione correlate, come la comunicazione tramite socket, le Remote Method Invocation, o i più recenti Grid computing e Service Oriented Architectures. D'altra parte la comparsa sul mercato di risorse cloud, cioè grandi spazi di memoria o risorse di calcolo come cluster di computer, a prezzi accessibili ha determinato un cambiamento importante, arrivando a modificare addirittura il modello di business delle aziende. Invece di un service provider acceduto secondo il modello client-server, si è passati al cosiddetto Software As A Service model, in cui le applicazioni sono realizzate come servizi disponibili su un ampio spettro di piattaforme che va dai piccoli dispositivi mobili fino a grandi cluster che offrono migliaia di processori multicore.

Questo scenario richiede soluzioni specifiche per gestire aspetti chiave come la scalabilità (cioè l'aumento o la diminuzione delle risorse hardware impegnate a seconda dell'aumento o diminuzione del carico di lavoro da effettuare), l'eterogeneità dell'hardware impiegato, la tolleranza ai guasti (sia software che hardware), la responsività, la sicurezza e la privacy. Tutti questi aspetti di programmazione distribuita non sono nuovi, ma con il cloud computing riemergono ad un più critico ordine di grandezza e richiedono certamente nuove soluzioni sia a basso livello, di architettura e di sistema, ma anche linguaggi di programmazione con adeguati costrutti per la gestione elastica della distribuzione. In questo contesto sembra essere particolarmente attrattivo il paradigma della *programmazione reattiva* [20], che promuove in particolare l'uso di costrutti asincroni, cioè di istruzioni che disaccoppiano la richiesta di effettuare un'operazione dalla sua esecuzione. In questo modo quindi la componente software che ha chiesto un'operazione non viene bloccata in attesa che l'operazione si concluda, determinando una maggiore efficienza e scalabilità delle prestazioni del sistema.

Infine, l'ultimo cambiamento riportato in Figura 1 rappresenta la sfida informatica più attuale, cioè la capacità di operare con le enormi moli di dati prodotti continuamente dalle reti sociali e dai dispositivi smart, sempre più pervasivi, come gli smartphone, i tablet, le smart-TV, i dispositivi di domotica e ogni oggetto dotato di tecnologia NFC (Near Field Communication) capace di attivarsi e scambiare dati con dispositivi di computazione presenti nelle vicinanze. La capacità di analizzare questi dati, in inglese "big data analytic", rappresenta la vera killer application per quello che si chiama *High Performance Computing* (HPC), cioè quel modello di programmazione fortemente orientato alla scalabilità su hardware massicciamente parallelo, inclusi i supercomputer con migliaia di processori.

È ancora troppo presto perché l'HPC sia considerato mainstream, ma citiamo come esempio X10: un linguaggio di programmazione open-source sviluppato da IBM Research che estende i costrutti tipici della OOP con nuove primitive specifiche. In particolare, X10 usa il costrutto fondamentale di *place*: un'astrazione che rappresenta un nodo virtuale di computazione che può essere mappato indifferentemente su un computer all'interno di un cluster o su un core all'interno di un supercomputer. Un programma X10 gestisce quindi in modo centralizzato un gran numero di attività di calcolo distribuite in un insieme di

place, ed è in grado di lavorare con collezioni di dati così grandi da dover essere memorizzate a pezzi su più place. Si arriva così a gestire in modo agevole codice che gira su migliaia di nodi multicore.

Per concludere, osserviamo che se già la programmazione concorrente e distribuita coinvolgevano diversi livelli di astrazione, nell'HPC lo scarto tra la logica delle applicazioni per big data e l'infrastruttura di esecuzione è particolarmente ampio e richiede dunque degli specifici costrutti che rendano possibile allo stesso tempo una programmazione dichiarativa, cioè orientata al problema da risolvere, e un'implementazione estremamente efficiente. Due pattern di programmazione particolarmente efficaci in questo contesto sono il modello *map-reduce* e il modello *bulk synchronous parallel* (BSP). Il primo, implementato ad esempio dalle tecnologie Google's MapReduce, Apache Hadoop e Apache Spark, riusa i classici combinatori map e reduce della programmazione funzionale per esprimere algoritmi di ordinamento e ricerca in modo massicciamente scalabile (e.g. [21,22]). Il modello BSP, implementato ad esempio da Google's Pregel e Apache Giraph, si dimostra particolarmente interessante per la sua capacità di lavorare con grafi di dimensioni enormi, come i grafi sociali o geografici, sfruttando al massimo la distribuzione del carico di lavoro tra diverse macchine (e.g. [23,24]).

4. I pattern evolutivi rintracciati nella storia dei linguaggi di programmazione

Questa sezione illustra come alcuni dei pattern esplicativi sviluppati all'interno della teoria dell'evoluzione si possano riconoscere anche nello sviluppo storico dei linguaggi di programmazione. Senza voler forzare l'analogia con l'evoluzione biologica, è interessante osservare come questi pattern, pur in un contesto molto diverso da quello in cui sono nati, riescano a mettere in luce alcune delle dinamiche che entrano in gioco nel mondo dei LP.

Co-evoluzione

Analogamente alla co-evoluzione del linguaggio umano e della struttura del cervello dell'uomo, i linguaggi di programmazione hanno indubbiamente una storia di co-evoluzione con lo sviluppo delle tecnologie hardware. Infatti, molti dei salti evolutivi che abbiamo visto nella sezione precedente hanno come catalizzatore proprio degli avanzamenti delle architetture hardware. Nel caso dei LP esiste però una seconda importante linea di co-evoluzione, che non ha un corrispondente biologico: gli avanzamenti della ricerca teorica. Infatti le tecniche di programmazione mainstream e la ricerca teorica sui LP si sono mutuamente influenzate, spesso con contaminazioni tra soluzioni teoriche e pratiche nate a distanza di tempo. Nella sua Turing lecture [25], Robin Milner osserva che le astrazioni di programmazione più appropriate nascono proprio da una *dialettica* tra i test sperimentali condotti dalla programmazione pratica e gli approfonditi test matematici portati avanti dall'approccio teorico. Il ruolo della ricerca teorica nell'evoluzione dei LP è quindi essenziale per il metodo dialettico identificato da Robin Milner. I linguaggi formali studiati nell'approccio teorico sono infatti adatti a testare nuove primitive di programmazione e nuovi modi di comporre diverse

primitive, il tutto in un modello conciso ed espressivo. In altri termini, permettono di fare *sperimentazione in un ambiente controllato*, testando nuovi "tratti" di un linguaggio e promuovendo dunque specifiche "mutazioni" nei linguaggi. Questa capacità di sperimentare, progettare e testare possibili mutazioni non ha eguale né in biologia né nell'evoluzione del linguaggio umano.

Trend Macro-evolutivi

In biologia un trend macro-evolutivo è uno sviluppo che avviene in modo trasversale in diverse specie; ad esempio le dimensioni fisiche del cervello sono aumentate parallelamente nell'evoluzione di specie distinte di ominidi. Nel contesto dei linguaggi di programmazione si assiste ad un progressivo innalzamento del livello di astrazione dei linguaggi mainstream. Nuovi linguaggi, così come le nuove release dei linguaggi più classici, supportano un stile di programmazione più dichiarativo, che si focalizza cioè più sul "cosa fare" che sul "come fare" [19]. I dettagli sull'implementazione del "come fare" vengono progressivamente rimossi dal controllo del programmatore (o mascherati) e affidati ai supporti runtime dei linguaggi, che infatti si fanno via via più complessi. Si pensi ad esempio alla gestione della memoria e a come la possibilità del C++ di controllare direttamente l'allocazione e la deallocazione della memoria sia stata abbandonata in Java per affidarla alla gestione automatica, meno precisa ma più sicura, del garbage collector offerto dal supporto runtime. Come ulteriore esempio si consideri come è cambiato il modo di operare sulle collezioni di dati: supponiamo ad esempio di voler identificare all'interno di una lista di persone l'età dell'uomo più anziano. L'approccio mainstream di un tempo, illustrato dal seguente codice Java, consisteva nel programmare esplicitamente lo scorrere di ogni persona nella lista verificando se si tratta di un maschio e aggiornando il massimo corrente ogni volta che si trova un uomo con un'età maggiore di quella incontrata in precedenza:

```
Persona[] elenco = ... // inizializzazione dell'elenco
int max = -1;
for (int i=0; i< elenco.length; i++)
    if(elenco[i].getGenere()==MASCHIO && elenco[i].getAnni() >max)
        max = elenco[i].getAnni();
```

L'approccio offerto invece dai costrutti più dichiarativi dei linguaggi moderni permette di manipolare direttamente la lista di persone tramite ad esempio operazioni di filtraggio, chiedendo quindi di indicare nel programma unicamente il criterio secondo cui filtrare la lista. Utilizzando i nuovi costrutti di Java 8 il codice precedente si può riscrivere come segue, dove l'elenco di persone viene filtrato in un elenco di soli uomini, trasformato nell'elenco delle età di tali uomini ed infine ne viene estratto il massimo:

```
Collection<Persona> elenco = ... // inizializzazione dell'elenco
int max = elenco.stream().filter( p-> p.getGenere()==MASCHIO )
    .mapToInt( p-> p.getAnni() )
    .max();
```

Lo spostamento di molti linguaggi verso uno stile più dichiarativo dipende dal fatto che l'uso di costrutti di programmazione più astratti permette di scrivere programmi più chiari e compatti quindi più corretti e più facilmente mantenibili. Ma è importante ricordare che ciò è stato possibile grazie al contemporaneo sviluppo di hardware sempre più efficiente, che ha permesso di supportare la crescita della complessità degli strati software di cui sono composti i supporti runtime dei linguaggi, a cui sono stati progressivamente lasciati i dettagli che al programmatore non si chiede più di indicare.

Costruzione della nicchia

I moderni sistemi software, come ad esempio quelli delle grandi aziende Internet-driven come Google, Facebook o LinkedIn, non sono scritti usando un solo linguaggio di programmazione, ma sono formati da diversi strati e moduli software scritti usando diversi linguaggi, che interoperano tra loro a vari livelli di astrazione. In alcuni casi, tra cui in particolare le applicazioni Web, i diversi linguaggi coinvolti sono appositamente pensati per essere usati insieme, formando così quello che potremmo chiamare un *ecosistema di linguaggi*. Ad esempio, siti web ricchi e dinamici come quelli di Twitter, Amazon o eBay, richiedono lo sviluppo di un back-end, che effettua il grosso del lavoro tipicamente consultando un database, e un front-end che si occupa dell'interazione dinamica con l'utente. Avendo scopi molto diversi, questi due lati dell'applicazione sono spesso scritti usando linguaggi distinti. Ma anche solo lo sviluppo del lato front-end generalmente coinvolge tre diversi linguaggi di programmazione: HTML5 per gestire il contenuto delle pagine web, CSS per gestire l'aspetto delle pagine, e JavaScript per gestire il comportamento logico delle pagine. L'uso di questi tre linguaggi è talmente interconnesso da poter riconoscere un effetto di costruzione della nicchia, cioè la modifica/evoluzione di uno dei tre provoca un cambiamento nel contesto d'uso degli altri che retroagisce e impatta sulla loro evoluzione.

Exaptation

Con il termine exaptation si intende il processo evolutivo in cui un tratto evoluto con una certa funzione viene successivamente riutilizzato con una funzionalità diversa. Ad esempio, alcune specie di dinosauri erano coperte di piume probabilmente per riscaldarsi, ma nell'evoluzione in uccelli le piume sono state "riusate" per volare.

Un interessante esempio di exaptation si può riscontrare nel mondo della programmazione osservando che dopo circa cinquant'anni in cui i linguaggi di programmazione funzionali sono rimasti in secondo piano, al giorno d'oggi il loro tratto distintivo, cioè l'uso delle funzioni come valori first-class, rappresenta la novità più interessante dei linguaggi mainstream. In questa nuova fase infatti le funzioni diventano il fulcro su cui si poggiano alcuni meccanismi di programmazione concorrente e asincrona, come ad esempio i futures, le callback o la programmazione reattiva. Per capire come sia avvenuta questa exaptation è utile osservare che il concetto di *funzione* può essere riletto come un'astrazione che rappresenta un *comportamento*: come una funzione un comportamento è componibile con altri comportamenti per ottenere

comportamenti complessi, e può essere comunicato tra diversi moduli software e condiviso tra diversi flussi logici concorrenti. Inoltre, mentre la programmazione imperativa richiede di pensare in termini di *tempo*, la programmazione funzionale si basa sul concetto di *spazio*, descrivendo cioè l'avanzamento della computazione in termini di trasformazioni di valori tramite (composizioni di) funzioni, al posto del susseguirsi temporale di comandi che modificano lo stato della memoria. Progettare i sistemi concorrenti in termini di cambiamenti spaziali invece che temporali rende più facile gestire il nondeterminismo intrinseco a questi sistemi, generando quindi software più corretto. Inoltre questa visione spaziale si armonizza bene con la capacità di strutturare il software tipica della programmazione orientata agli oggetti. Come abbiamo visto nella sezione precedente, la capacità di supportare efficacemente la programmazione concorrente, in particolare per operare efficientemente sulle enormi collezioni di dati, è un fattore critico per il successo di un linguaggio, che è riuscito infatti a catalizzare dei cambiamenti profondi in linguaggi come C++ e Java, passati ai nuovi standard C++11 e Java 8 anche per introdurre le funzioni come valori first-class (chiamandole lambda-expression).

5. Conclusione

In questo articolo abbiamo visto come il linguaggio della teoria dell'evoluzione possa essere usato efficacemente per mettere in luce diversi aspetti dello sviluppo storico dei linguaggi di programmazione. Per capire però fino a che punto questa teoria rappresenti un framework esplicativo corretto per questo ambito è necessario approfondire l'analisi di come i processi di variazione, selezione ed ereditarietà operano nel contesto biologico e in quello culturale/tecnologico. Se da un lato esiste molta letteratura sull'evoluzione della tecnologia in generale, o su ambiti specifici come l'evoluzione di specifici manufatti o dei brevetti tecnologici, ancora poco è stato studiato il caso dei sistemi software e dei linguaggi di programmazione. Sarebbe invece stimolante rispondere a domande come cos'è una mutazione in un LP o esiste una lotta per la sopravvivenza (nel mercato del software) tra linguaggi? Che ruolo ha il mercato o le strategie di marketing nella selezione tra LP? Quanto conta la plasticità e la flessibilità dei principi di progettazione di un LP per la sua sopravvivenza? Il profondo cambiamento che è stato richiesto per passare dalla versione 1.7 di Java alla nuova versione 1.8 rappresenta un ottimo esempio di adattamento al contesto e di lotta per la sopravvivenza.

In conclusione, applicare la teoria darwiniana a sistemi culturali o sociali, per quanto accattivante, ha il grosso rischio di essere una forzatura: le analogie fenomenali non vanno scambiate per spiegazioni e non vanno fatti trasferimenti teorici grossolani. D'altra parte, quando si guarda allo sviluppo storico di un sistema, che sia biologico, culturale o tecnologico, c'è sempre in gioco un intreccio interessante di dinamiche diverse, e il confronto (cauto) con la ricchezza esplicativa della teoria dell'evoluzione è un modo per cercare di identificare e di fare ordine tra tutte queste dinamiche. Considerare quindi la teoria dell'evoluzione come un toolbox di pattern esplicativi può offrire uno

strumento per arricchire l'analisi anche dell'attuale esplosione delle tecnologie software.

Bibliografia

- [1] Wikipedia: Measuring programming language popularity. https://en.wikipedia.org/wiki/Measuring_programming_language_popularity (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [2] TIOBE Index for Objective-C http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/Objective_C.html (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [3] Arthur, B.(2009). The nature of technology. What it is and how it evolves. Free Press.
- [4] Johnson, S.(2010). Where good ideas come from: a natural history of innovation. Riverhead Press.
- [5] Solè, R., Valverde, S., Rosas-Casals, M., Kauffman, S., Farmer, D., Eldredge, N.(2013). "The evolutionary ecology of technological innovation", *Complexity*, 18, 15-27.
- [6] Pagel, M.(2009). "Human language as a culturally transmitted replicator", *Nature Reviews Genetics*, 10, 405-415.
- [7] Atkinson, Q.D., Meade, A., Venditti, C., Greenhill, S.J., Pagel, M., (2008). "Languages Evolve in Punctuational Bursts", *Science*, 319, 588.
- [8] Laland, K., Wray, G.A., Hoekstra, H.E.,(2014). "Does evolutionary theory need a rethink?", *Nature*, 514, 161-164.
- [9] Claidiere, N., Scott-Phillips T.C., Sperber, D. (2014). "How Darwinian is cultural evolution?", *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 369: 20130368.
- [10] Lane, D., Maxfield, R., Read, D., van der Leeuw, S., (2009). "From Population to Organization Thinking", *Complexity Perspectives in Innovation and Social Change, Methodos Series 7*, Springer.
- [11] Loch, C.H., Huberman, B.A.,(1999). "A Punctuated-Equilibrium Model of Technology Diffusion", *Management Science*, 45(2), 160-177.
- [12] Programma il Futuro. MIUR e CINI <http://www.programmailfuturo.it/> (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [13] TIOBE Index for January 2016, <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html> (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [14] Crafa, S., (2015). "Modelling the Evolution of Programming Languages". Technical Report arXiv:1510.04440 2015.
- [15] <http://www.levenez.com/lang/> (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [16] Mace, R., Holden, C.J.,(2005). "A phylogenetic approach to cultural evolution". *Trends in Ecology and Evolution* vol. 20: 116-121.

- [17] Valverde, S., Solè, R.,(2015). "Punctuated equilibrium in the large-scale evolution of programming languages", *Journal of The Royal Society Interface*, vol. 12(107).
- [18] Sutter, H. "The free lunch is over: A fundamental turn toward concurrency in software". Dr. Dobbs's (online) Journal 30-3:
<http://www.gotw.ca/publications/concurrency-ddj.htm>. (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [19] Crafa, S.,(2015). "The role of concurrency in an evolutionary view of programming abstractions", *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming* vol 84:732-741.
- [20] The Reactive Manifesto, <http://www.reactivemanifesto.org/> and <http://typesafe.com/blog/reactive-manifesto-20> (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [21] Czajkowski, G., Dvorsky M., Zhao A.J., Conley, M.,(2011). "Sorting petabytes with MapReduce - the next episode". Available at
<http://googleresearch.blogspot.com/2011/09/> (ultimo accesso Gennaio 2016).
- [22] Goodrich, M.T., Sitchinava, N., Zhang, Q., (2011). "Sorting, searching, and simulation in the mapreduce framework", *Algorithms and Computation: (7074)*, pp. 374-383.
- [23] Bisseling, R.H., McColl, W.F. (1994). "Scientific computing on bulk synchronous parallel architectures". *Proceedings of the 13th IFIP World Computer Congress*:(1), pp. 509-514.
- [24] Valiant, L.G.,(2011). "A bridging model for multi-core computing". *Journal of Computer and System Sciences*: 77(1), pp. 154-166.
- [25] Milner, R., (1993). "Elements of Interaction - Turing Award Lecture", *Communication of the ACM*, vol. 36(1): 78-89.

Glossario

mutazione genetica: modifica stabile ed ereditabile del materiale genetico, dovuta ad agenti esterni o al caso ma non alla ricombinazione genetica derivante dalla riproduzione. Le mutazioni genetiche rappresentano il principale meccanismo di variazione degli individui, su cui poi agisce la selezione naturale.

trasferimento genico orizzontale: processo secondo cui una cellula trasferisce materiale genetico ad un'altra cellula non discendente. Si oppone al trasferimento verticale, ovvero la riproduzione, secondo cui un organismo riceve il materiale genetico dai suoi genitori. Il trasferimento genico orizzontale è molto comune fra differenti specie di batteri, ed influenze orizzontali sono tipiche dell'evoluzione dei sistemi culturali, come nel caso dello sviluppo dei diversi linguaggi umani.

selezione naturale: "La conservazione delle differenze e variazioni individuali favorevoli e la distruzione di quelle nocive" (C. Darwin, L'origine delle specie)

contingenza: mentre un processo casuale non ha nessuna regolarità e nessun principio di causa-effetto, un processo contingente è un processo imprevedibile perché determinato da un intreccio complesso di diversi fattori. Il processo evolutivo non è un processo puramente casuale, ma un processo storico in cui sarebbe bastato cambiare di pochissimo qualche elemento del contesto e si sarebbero ottenuti effetti radicalmente diversi.

convergenza evolutiva: fenomeno per cui specie diverse che vivono nello stesso tipo di ambiente si evolvono sviluppando indipendentemente strutture o adattamenti che li portano ad assomigliarsi moltissimo. Ad esempio gli squali e i delfini appartengono a specie (e classi) distinte (i primi sono pesci mentre i secondi sono mammiferi) ma convergenti verso una forma molto simile.

plasticità fenotipica: capacità di un organismo con un dato genotipo di cambiare il suo fenotipo in risposta ai cambiamenti nell'ambiente, inclusi i cambiamenti che si verificano durante la vita adulta dell'organismo. Ad esempio la capacità di un insetto di deporre uova di colori diversi a seconda del sito in cui vengono deposte, aumentando così le possibilità di sopravvivenza della prole in ambienti altamente variabili.

speciazione: processo evolutivo grazie al quale si formano nuove specie da quelle preesistenti. L'opposto della speciazione è l'estinzione di una specie.

filogenesi: processo di ramificazione delle linee di discendenza nell'evoluzione delle specie. Le ricostruzioni filogenetiche ricostruiscono le relazioni di parentela evolutiva tra i diversi organismi.

gradualismo filético: teoria secondo cui vi è una differenza genetica impercettibile tra una generazione e la successiva, e le grandi modificazioni sono la somma di piccoli cambiamenti generati dalla selezione naturale.

teoria degli equilibri punteggiati: teoria secondo cui i cambiamenti evolutivi avvengono con lunghi periodi di stasi interrotti da periodi di improvvisa e rapida apparsa di numerosi elementi di novità. Questa teoria si oppone a quella del gradualismo filético, ma in realtà l'evoluzione della vita sembra aver dato spazio ad entrambi i pattern, che quindi non si escludono.

teoria della costruzione della nicchia: teoria secondo cui l'ambiente non solo seleziona gli organismi ma, almeno in parte, viene continuamente costruito e modificato dai viventi. Tramite la modifica del loro ambiente di vita, gli organismi lasciano quindi alle generazioni successive anche un'eredità non genetica, che retroagisce sulle dinamiche evolutive della specie. Ad esempio effetti della costruzione della nicchia si ritrovano nell'evoluzione di alcuni uccelli che fabbricano nidi particolari, ma anche nell'evoluzione dell'uomo, che è capace di modificare profondamente il proprio ambiente di vita.

co-evoluzione: processo di evoluzione congiunto di due o più specie che interagiscono tra loro tanto strettamente al punto da costituire ciascuna un forte fattore selettivo per l'altra, col risultato di influenzarsi vicendevolmente. Ad esempio le forme di alcuni fiori co-evolvono insieme alla forma dei loro insetti impollinatori.

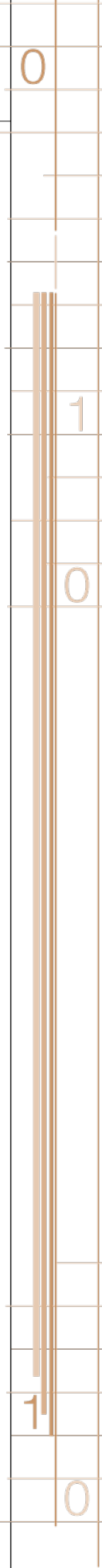
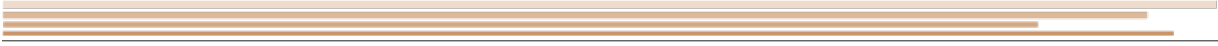
trend macro-evolutivi: cambiamenti evolutivi che avvengono in modo trasversale in diverse specie di organismi. Ad esempio l'aumento della complessità degli organismi o la crescita delle dimensioni fisiche degli animali avvenuta in determinati periodi geologici.

exaptation: processo evolutivo in cui un tratto evoluto con una certa funzione viene successivamente riutilizzato con una funzionalità diversa. Ad esempio le piume usate da alcuni dinosauri con una probabile funzione di isolamento termico, sono state poi un tratto indispensabile per permettere agli uccelli, che discendono dai dinosauri, di volare.

Biografia

Silvia Crafa è ricercatrice confermata presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova. La sua attività, sia di ricerca che di didattica specialistica, si focalizza sulle tecniche di analisi formale dei linguaggi di programmazione e sulla teoria dei sistemi concorrenti. È autrice di numerose pubblicazioni su prestigiose riviste internazionali e collabora con diverse istituzioni straniere. È membro dell'International Federation for Information Processing Working Group n.1.8 dedicato alla teoria della concorrenza.

email: crafa@math.unipd.it



Nativi digitali alla prova: competenze e abilità cognitive degli studenti in rete

Dany Maknouz

Sommario

Partendo dagli esiti di WebTrotter, concorso a squadre sulle competenze di ricerca in rete, organizzato da AICA in collaborazione con MIUR, vengono esaminate le abilità cognitive degli adolescenti rispetto ai nuovi compiti di ricerca avanzata, di elaborazione e rappresentazione dei dati, di valutazione e condivisione etica delle informazioni. Gli esiti di tale indagine vengono intersecati con i rapporti più recenti OCSE e Indire sull'uso della tecnologia negli apprendimenti e sulle competenze di lettura digitale e di matematica 'computer based'.

Abstract

Starting from the results of WebTrotter, team contest on Internet search skills organized by AICA in cooperation with MIUR, teenagers' cognitive skills will be evaluated compared with the new tasks of advanced web search, of data processing and representation, of evaluation and ethical information sharing. The outcome of this survey is crossed with the most recent OECD and INDIRE reports on technology usage for learning and on digital reading skills and 'computer based' math.

Keywords: Information, literacy, WebTrotter, learning, technology, skills.



1. Introduzione

L'importanza dell'information Literacy ed il concorso WebTrotter

È soprattutto la qualità, oltre alla quantità e accessibilità d'uso delle tecnologie connettive di rete da parte degli adolescenti, ad essere al momento sotto interesse di varie ricerche, italiane e internazionali. Ricerche che si pongono l'obiettivo di comprendere quale portata cognitiva e culturale, questa nuova disponibilità illimitata di informazioni, questa *Biblioteca di Babele* spazialmente infinita, come nelle paradossali immaginazioni di Borges, possa avere nel mondo digitalizzato di oggi.

I segnali, da più parti, indicano il bisogno impellente, da parte di scuola e famiglie, di farsi carico di un'educazione all'accesso alle informazioni, all'Information Literacy, come elemento centrale dell'educazione digitale. L'Information Literacy consiste, in sintesi, nel saper reperire, localizzare e mettere in relazione tra loro le informazioni, analizzandole criticamente e valutandone l'attendibilità, competenza che, seppur enfatizzata dall'Unesco [1] e già descritta dagli Standard internazionali ALA [2], resta oggi ancora lontana dall'essere diffusa.

Nelle parole di Francesco Avvisati, economista e co-autore di OCSE [3]: «Molti ragazzi, non solo quelli italiani, non hanno la capacità di dare giudizi sulla pertinenza di una pagina che leggono o sulla qualità di un'argomentazione. Cliccano su quello che si muove e non sono selettivi nella loro navigazione, non vanno in modo diretto verso l'informazione che cercano e dovrebbero mostrarsi consumatori più critici dell'informazione online» [4].

Per rendersi conto di come L'Information Literacy copra di per sé un quadro piuttosto ampio dei bisogni formativi digitali di oggi, si può anche osservare che nel Syllabus di riferimento del progetto 'Cultura e competenze digitali' [5], la capacità di **'gestire le informazioni'** insieme a quella di **'essere digitali consapevoli'** e di **'interagire con la tecnologia'** costituisca una terza parte tra le dieci competenze definite 'fondamenti digitali' per gli adolescenti di oggi.

Per quanto detto, assume perciò una rilevanza significativa, sia come iniziativa educativo-digitale, sia come quadro di indagine delle nuove competenze digitali degli adolescenti, l'iniziativa di AICA in collaborazione con MIUR, di indire già nel 2014 il concorso 'WebTrotter, il giro del mondo in 80 minuti', concorso a squadre per studenti delle prime tre classi della scuola secondaria di secondo grado, centrato sullo sviluppo principalmente di tre approcci complementari ai dati e alle informazioni: testuale-multimediale, numerico-statistico, critico-etico. Il concorso e i relativi esiti qui analizzati hanno visto la partecipazione nelle prime due edizioni di complessivamente 500 squadre (quasi 2000 studenti coinvolti) mentre più di 1470 squadre e 5900 studenti sono attesi nell'imminente edizione 2016 a tema i Giochi Olimpici. Come esplicitato nel regolamento del concorso [6], i quesiti proposti, da svolgersi nel minor tempo possibile e non oltre lo scadere degli 80 minuti, implicano differenti conoscenze, abilità e competenze digitali, che vanno dalla ricerca ipertestuale su web, compreso l'uso avanzato di mappe, all'uso del foglio elettronico e dei programmi di scrittura, fino al saper ponderare le fonti e saper valutare e scegliere un sito. Fin

dal suo nascere il progetto è stato immaginato dal suo ideatore, Franco Filippazzi, anche come potenziamento e sviluppo, in situazioni 'reali' e contestualizzate, delle competenze di ECDL Base.

2. Analisi dei dati esiti concorso Webtrotter

Per facilitare la lettura e l'esposizione dell'analisi degli esiti, questi verranno di seguito strutturati nelle tre aree di competenze di ricerca in rete avanzata (testuale-multimediale), elaborazione e interpretazione dati (numerico-statistica) e valutazione e condivisione di informazioni (critico-etica). L'analisi esamina i risultati Webtrotter, in particolare le tipologie di domande che sono risultate più difficili, in forma comparativa con l'indagine OCSE relativa all'uso delle tecnologie per gli apprendimenti degli adolescenti [3], [7], [4].

2.1 Ricerca in rete avanzata (testuale-multimediale)

Come già sottolineato la competenza di ricerca in rete consiste nella capacità, sempre più cruciale per una cittadinanza attiva, di **accesso alle informazioni**. Ricercare per parole chiave, implementare strategie di indagine rapida, collegare informazioni e canali diversi, valutare le risposte ottenute, sono tutte nuove abilità cognitive che OCSE mette al centro dei suoi nuovi repertori di analisi e di ricerca, focalizzati sul **digital reading** e sul **task-oriented browsing**.

Come evidenziato nel rapporto nazionale PISA 2012 [8], la competenza di **digital reading** o lettura digitale richiede nuove abilità legate alla natura stessa del medium utilizzato. Quest'ultimo, spesso un pc o un tablet, consente e asseconda percorsi di lettura non lineare, spesso frammentati, in cui l'analisi rapida del testo e la lettura parziale ma approfondita risultano capacità fondamentali, soprattutto se abbinate alla rapidità del compito.

Il **task-oriented browsing**, la navigazione orientata a un compito, è invece sintetizzabile nello slogan **'think, then click'** (*pensa, quindi clicca*), cioè nella capacità riflessiva e strategica di selezionare e ponderare percorsi, finalizzando la propria attività ad un obiettivo specifico, in netta contrapposizione con la navigazione web senza meta o con un basso livello di focalizzazione sul compito, diffusa tra gli adolescenti, e tra quelli italiani più della media europea (*vedi figura 1*).

Dai dati dell'indagine OCSE [3] emerge come l'Italia si attesti appena sopra la media OCSE nelle competenze di digital reading, mentre appare decisamente sotto la media e in posizione arretrata per il task-oriented browsing (*figura 2*) e come le due competenze (la prima più legata alla quantità, la seconda alla qualità di passaggi utili al raggiungimento dello scopo) appaiano in stretta correlazione tra loro.

Gli esiti delle gare Webtrotter degli ultimi due anni appaiono confermare ampiamente questa analisi fornendo, a nostro parere, nuovi elementi di indagine e evidenziando il bisogno educativo di sviluppare negli adolescenti competenze avanzate di ricerca e lettura digitale. Infatti, se nella ricerca nella ricerca in rete 'semplice', in cui il risultato è ottenibile attraverso un solo passaggio, gli esiti si sono attestati su percentuali di successo molto alte anche intorno al 90%, nella ricerca 'avanzata', che possiamo definire multi-step o legata all'uso combinato

di più canali e informazioni, le difficoltà di approccio sono risultate evidenti e i tassi di successo delle squadre partecipanti alla gara decisamente bassi.

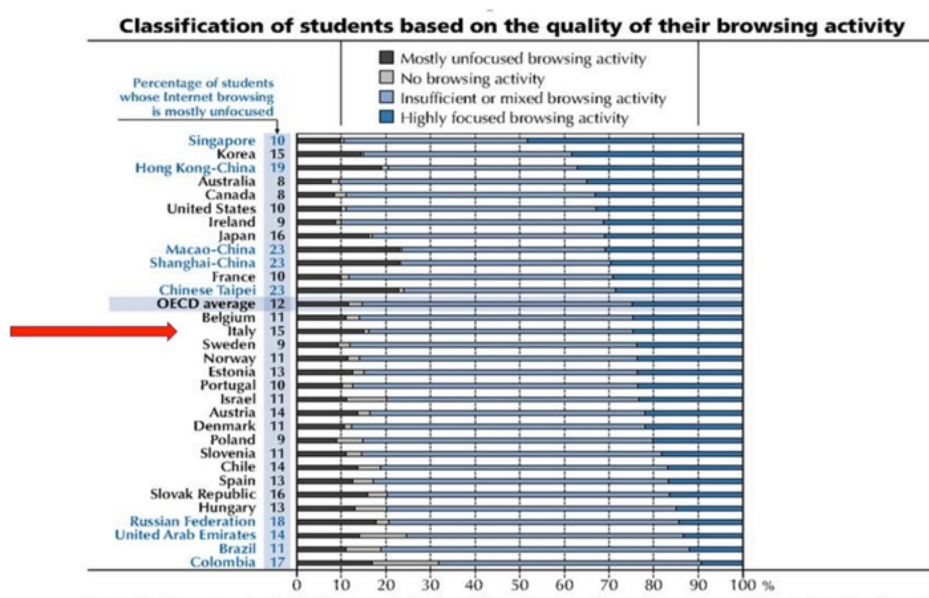


Figura 1 Rapporto sulle tipologie di browsing tra gli adolescenti europei – OCSE 2015 [3]

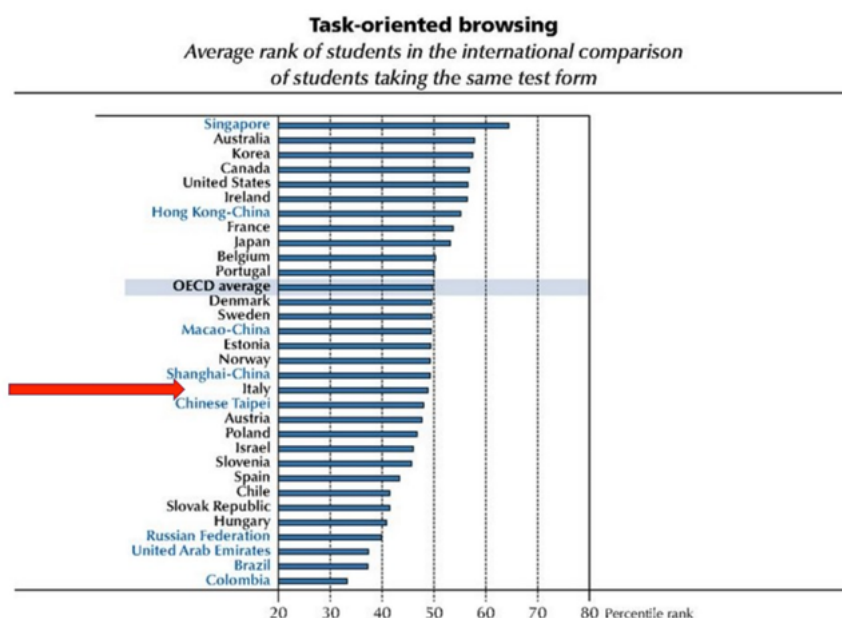


Figura 2 Prestazioni europee nel task-oriented browsing -OCSE (2015)

Ne sono esempi i quesiti di figura 3 e 4, relativi rispettivamente il primo ad una ricerca su più siti per esaminare la stazione di metropolitana più vicina a un museo, e il secondo a una doppia ricerca di un sito e all'interno di un documento per individuare una definizione; entrambi hanno tassi di successo molto bassi e sono stati superati con appena il 16% (il primo) e con il 23% di risposte esatte (il secondo).

QUESITO	25	METROPOLITANA DI LONDRA Aperto il cryptex trovi l'indicazione di recarti a Londra alla National Portrait Gallery. Prendi il treno Parigi / Londra.
TIPOLOGIA		Ricerca di un dato
COMPITO		L'arrivo è alla stazione ferroviaria di St. Pancras. Come si chiama la fermata della metropolitana più vicina, alla quale conviene scendere per andare alla National Portrait Gallery?
COMPETENZE		Ricerca su Google avanzata (più passaggi)
MATERIALI		/
STRINGA DI RICERCA		National Portrait Gallery per indirizzo Metropolitana Londra
SOLUZIONE		Leicester square
DIFFICOLTÀ	2	Nota: anche la fermata "Charing Cross" è vicina, ma arrivando da St. Pancras conviene prendere la linea Piccadilly che ferma a "Leicester Square".
PUNTEGGIO	10	
TEMPO	2'	

Figura 3 Quesito di ricerca avanzata multistep - WT 2014

16. Titolo	Il Protocollo di Cartagena
Domanda	Il Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza, redatto dalla Convenzione sulla Diversità Biologica ed entrato in vigore l'11 settembre del 2003, ha lo scopo di garantire un adeguato livello di controllo nel trasporto, nella gestione e nell'utilizzo di organismi viventi modificati. Riporta (copia e incolla) dal sito ufficiale del protocollo la definizione in inglese di <i>organismo vivente modificato</i> contenuta nel protocollo.
Risorse fornite	Ricerca sito ufficiale protocollo http://bch.cbd.int/protocol/text/ ricerca nel protocollo
Risposta	"Living modified organism" means any living organism that possesses a novel combination of genetic material obtained through the use of modern biotechnology
Percorso	(dal testo, articolo 3 <i>Use of terms</i> , g) Qualsiasi organismo vivente che possieda una nuova combinazione di materiale genetico ottenuta attraverso l'utilizzo delle moderne biotecnologie
Tipologia	Doppia ricerca (di un sito e dentro un documento)
Competenze	Sapersi orientare in un sito
Difficoltà	media
Punteggio	10

Figura 4 Quesito di ricerca doppia (di sito e all'interno di un documento) - WT 2015

Dagli esiti Webtrotter, appaiono inoltre segnali di leggera difficoltà anche nella lettura di domande e testi 'lunghi' o semplicemente 'articolati', come evidenziato dal quesito WT di figura 5 che ha registrato appena il 39% di risposte esatte, nonostante fosse richiesto un solo passaggio di ricerca.

24. Titolo	Un suicidio ecologico... la storia dovrebbe insegnare
Domanda	Tavolette cuneiformi, risalenti a oltre 4.000 anni fa descrivono un fenomeno di degrado dei terreni coltivati. Le formidabili tecniche di irrigazione per ottenere abbondanti raccolti sono state per i Sumeri allo stesso tempo causa di grandezza prima e di declino poi della loro civiltà. Quale fenomeno irreversibile ha prodotto il loro sistema irriguo?
Risorse fornite	/
Risposta	Salinizzazione del terreno / fissazione del sale nel terreno / desertificazione
Percorso	irrigazione sumeri danni ambientali
Tipologia	Ricerca in rete
Competenze	Saper trovare la parola chiave
Difficoltà	Media
Punteggio	10

Figura 5 Item con domanda e contenuto articolato - WT 2015

Per quanto riguarda la ricerca specifica su mappe o per immagini e multimedia gli esiti delle gare WT ci danno informazioni interessanti (e non ci risultano in merito indagini analoghe a cui rapportarci) su come gli adolescenti, abituati a utilizzare nella loro comunicazione quotidiana i nuovi linguaggi e codici iconici e visuali, siano particolarmente abili nella ricerca semplice per immagini e video, anche dove si debba ricercare per criteri avanzati di selezione date o di specifici periodi temporali. In tutti i quesiti proposti legati a queste abilità le percentuali di successo sono state significativamente alte, salvo però precipitare nuovamente, a conferma di quanto detto prima, qualora le richieste apparissero 'multiple', associate cioè alla ricerca combinata di altre informazioni eventualmente su più siti. Un esempio è fornito dal quesito di figura 6 che richiedeva di individuare il titolo e l'autore di un libro raffigurato nel un quadro di cui si forniva l'immagine, ed è stato superato solo dall' 11% di squadre partecipanti alla gara.

Altrettanto deficitaria appariva nella gara del 2014 la capacità di ricercare su mappe geografiche individuando percorsi, altitudini, coordinate geografiche, curve di livello, ma in tale ambito i risultati sono andati migliorando nella gara dell'anno successivo, evidenziando come un approfondimento dei temi di ricerca da parte delle squadre coinvolte nella gara (attraverso l'analisi dei

quesiti dell'edizione precedente) e un addestramento alla gara, comporti un certo miglioramento di tali abilità.

QUESITO	26	Nella Galleria ti soffermi ad osservare il ritratto di uno studioso.
TIPOLOGIA		Ricerca di un dato da un'immagine
COMPITO		Indica autore e titolo di uno dei libri che si trovano sul tavolo
COMPETENZE		Saper usare la ricerca per immagini di Google
MATERIALI		
STRINGA DI RICERCA		Ricerca per immagini e National Portrait Gallery (sito ufficiale) http://www.npg.org.uk/collections/search/portrait/mw01563/Thomas-Cranmer
SOLUZIONE		<i>St Augustine's Of faith and works / Sant'Agostino La fede e le opere</i>
DIFFICOLTÀ	3	
PUNTEGGIO	15	
TEMPO	3,5'	 Mediante la ricerca per immagini di Google con opzione caricamento file si ottiene subito Thomas Cranmer (1') + ricerca sul sito National Potrait Gallery + cliccare su 'this portrait' e trovare: "Cranmer holds the Epistles of St Paul, and on the table are two books, one of which appears to be St Augustine's <i>Of faith and works</i>"

Figura 6 Ricerca per immagine combinata con ricerca su sito - WT 2014

2.2 Analisi e elaborazione dati (numerico-statistica)

La ricerca in rete non ha, e non deve avere, per oggetto solo elementi testuali o multimediali come spesso viene erroneamente inteso lasciando scoperto il mondo dei dati numerici, così ricco sul web di dati attendibili e no. È invece proprio sui dati numerici che la capacità di selezione e analisi critica diventa sempre più imprescindibile per poter leggere la realtà e fare previsioni, utilizzando e selezionando modelli, e per potersi formare un'opinione libera e non condizionata o passiva come spesso avviene di fronte ai numeri, letti come dati indiscutibili e pertanto utilizzabili per veicolare o manipolare informazioni. In questo ambito il foglio elettronico diventa uno strumento particolarmente utile (e il suo uso è sollecitato nella gara WT) sia per organizzare e elaborare dati attinti dal web, sia come strumento di calcolo evoluto per ricavare nuove informazioni, fare previsioni e proiezioni e utilizzare formule. L'obiettivo resta quello di abituare gli studenti ad accedere direttamente ai "dati grezzi delle fonti primarie", ad organizzarli, analizzarli e sintetizzarli per *ricavarne nuove informazioni e elementi di conoscenza, per costruire nuovi concetti* letture dei fenomeni in esame [2].

Le prestazioni degli studenti in questo ambito, nelle gare WT degli ultimi due anni, appaiono piuttosto basse e a volte critiche. Anche in questo caso i dati mostrano un'intersezione comune con quanto rilevato da OCSE sulle competenze di Matematica computer based (la 'literacy matematica digitale') dove la prestazione italiana appare da un lato in linea con la media OCSE, ma nettamente al disotto della media europea se i dati vengono messi in relazione con quelli sulle prestazioni matematiche attese con l'uso di strumenti digitali (figura 7). Anche se tali risultati possono essere parzialmente attribuiti all'assenza di tradizione italiana nell'uso degli strumenti informatici per prove di matematica in contesto, visto anche il divieto di uso di calcolatori grafici (e statistici) all'esame di stato, ciò non attenua l'evidenza del segnale di un bisogno formativo forte rispetto di sviluppo di queste importanti abilità.

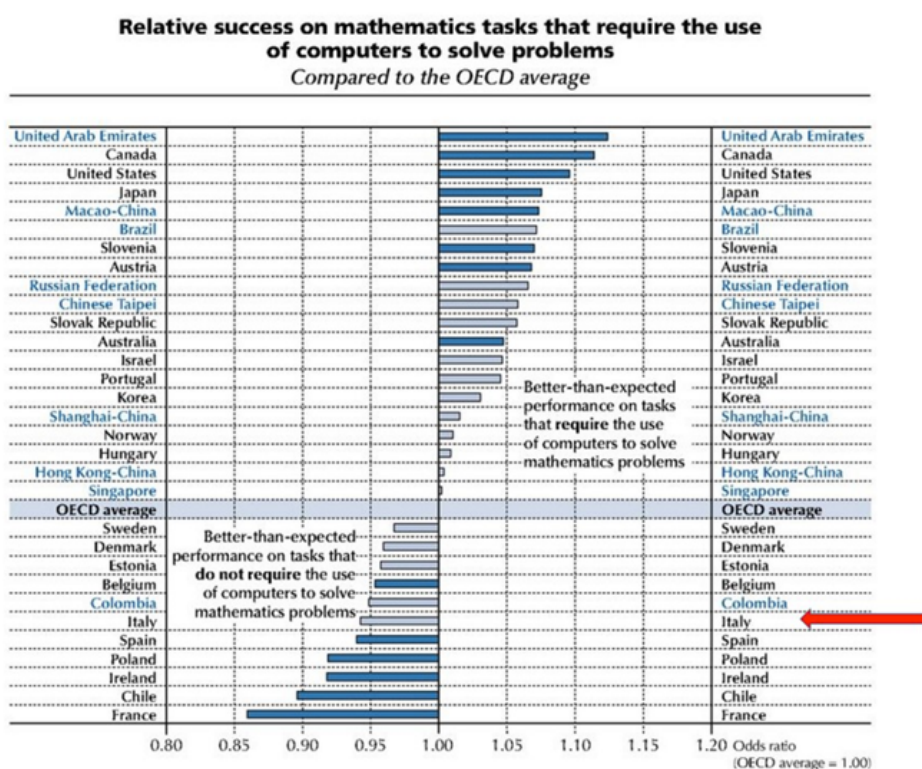


Figura 7 Successi europei nelle prove di matematiche con strumenti digitali rispetto a quelle senza - OCSE

Si tratta in particolare di sviluppare le competenze matematiche legate alla possibilità fornita dagli strumenti digitali di accedere a grandi quantità di dati [8] per:

- dare valori di sintesi e lettura numerica
- analizzare e elaborare le informazioni
- formulare ipotesi e prevedere tendenze
- rappresentare, interpretare e valutare grafici

Su queste quattro competenze matematiche specifiche riportiamo gli esempi di quesiti WT che hanno rilevato difficoltà da parte degli studenti.

Nella figura 8 è riportato un quesito WT superato solo dal 12% degli studenti che rileva difficoltà nell'approccio di **lettura numerica**, anche quando i numeri sono elementi semplici della risposta, in questo caso multipla. A parziale attenuante di questo risultato possiamo considerare che questo, come tutti i quesiti finali della gara, risultano penalizzati dal tempo residuo per le squadre nella risoluzione degli esercizi, ma ciò da solo non spiegherebbe le difficoltà qui emerse, viste le percentuali di successo al 35% della domanda successiva di tale gara.

29. Titolo	Tecniche di pesca oggi
Domanda	Oggi nel Mediterraneo si usano reti (anche se sono state dichiarate illegali) che distruggono fondali e fauna marina protetta. Qual è la loro lunghezza?
	a) Da 10 a 30 metri b) Da 100 a 300 metri c) Da 1.000 a 3.000 metri d) Da 10.000 a 30.000 metri
Risorse fornite	Risposte multiple
Risposta	d) Da 10.000 a 30.000 metri
Percorso	
Tipologia	Ricerca in rete
Competenze	Saper trovare la parola chiave
Difficoltà	Facile
Punteggio	5
note	

Figura 8 Quesito di ricerca con elementi numerici - WT 2015

Per quanto riguarda le abilità di **'organizzare e elaborare dati'** riportiamo l'item del 2015 in cui era richiesto di calcolare la media dei valori di piombo contenuti nei rossetti secondo un'indagine della FDA (vedi figura 9). In questo caso le risposte pervenute correttamente si attestano sul 16% dei casi, probabilmente anche per le diffuse difficoltà procedurali di operare ricopiando e formattando opportunamente dati dal web nel foglio elettronico.

Dove invece i dati fossero già forniti in un file organizzato le percentuali di successo risultano superiori, ma comunque basse, come nel caso del quesito di figura 10 con una percentuale di risposte esatte intorno al 41%.

23. Titolo	Rossetti di piombo!  Sul sito http://www.fda.gov/cosmetics/productsingredients/products/ucm137224.htm#analyses sono riportati i contenuti in piombo di 150 rossetti in commercio, in realtà anche gli alimenti contengono normalmente piccole dosi di piombo. Calcola la media dei valori di piombo nei primi 100 rossetti elencati (copiando e incollando i valori in un foglio elettronico).
Domanda	Trova la media dei valori
Risorse fornite	
Risposta	Media 2,38 ppm
Percorso	Richiede di copiare i dati nel foglio di calcolo poi dal menu trova e sostituisci, sostituire i punti con le virgole quindi inserire la funzione

Figura 9 Quesito di analisi e sintesi dati - WT 2015

QUESITO	12	Ti chiedi quale sia la diffusione delle tecnologie digitali in Australia. Dal sito http://www.statsilk.com/maps/world-stats-open-data  hai ricavato una tabella (vedi file statplanet.xls fornito) con i dati anno per anno dal 2005 al 2009 per 205 stati del mondo.																																																																		
TIPOLOGIA		Uso del foglio elettronico																																																																		
COMPITO		Trova il tasso di crescita di incremento annuo, secondo la formula $[\text{dato}(a+1) - \text{dato}(a)] / \text{dato}(a)$, dove "a" è un anno, "a+1" è l'anno successivo e "dato(a)" è il valore del dato in questione nell'anno "a". Quale stato ha avuto il tasso di incremento maggiore tra il 2008 e il 2009? Ordina i dati in modo decrescente e trova la posizione occupata dall'Italia rispetto a tale incremento. NOTA BENE: si prendano per validi i dati forniti, benché poco credibili.																																																																		
COMPETENZE		Scrittura di formule in foglio elettronico, ricerca del massimo, e alternativamente uso di 'cerca.verticale' o di ordinamento crescente																																																																		
MATERIALI		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Region</th> <th>2009</th> <th>2008</th> <th>2007</th> <th>2006</th> <th>2005</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Afghanistan</td><td>29</td><td>43.6</td><td>17.8</td><td>6.9</td><td>6.9</td></tr> <tr><td>Albania</td><td>39.3</td><td>115.9</td><td>74.1</td><td>61.2</td><td>49.2</td></tr> <tr><td>Algeria</td><td>12.7</td><td>51.8</td><td>81.4</td><td>55</td><td>41.8</td></tr> <tr><td>Andorra</td><td>76.1</td><td>75.5</td><td>75.3</td><td>84.4</td><td>80.5</td></tr> <tr><td>Angola</td><td>17.5</td><td>43.8</td><td>23.3</td><td>17.9</td><td>9.7</td></tr> <tr><td>Anguilla</td><td>95.5</td><td>138.7</td><td>95.6</td><td>95.6</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>Antigua e Barbuda</td><td>137.7</td><td>134</td><td>131.2</td><td>136.2</td><td>133</td></tr> <tr><td>Argentina</td><td>118.9</td><td>135.1</td><td>101.8</td><td>80.8</td><td>57.2</td></tr> <tr><td>Armenia</td><td>100</td><td>85</td><td>61.1</td><td>41</td><td>10.4</td></tr> <tr><td>Aruba</td><td>114.5</td><td>120.2</td><td>109</td><td>106.2</td><td>102.4</td></tr> </tbody> </table>	Region	2009	2008	2007	2006	2005	Afghanistan	29	43.6	17.8	6.9	6.9	Albania	39.3	115.9	74.1	61.2	49.2	Algeria	12.7	51.8	81.4	55	41.8	Andorra	76.1	75.5	75.3	84.4	80.5	Angola	17.5	43.8	23.3	17.9	9.7	Anguilla	95.5	138.7	95.6	95.6	95.6	Antigua e Barbuda	137.7	134	131.2	136.2	133	Argentina	118.9	135.1	101.8	80.8	57.2	Armenia	100	85	61.1	41	10.4	Aruba	114.5	120.2	109	106.2	102.4
Region	2009	2008	2007	2006	2005																																																															
Afghanistan	29	43.6	17.8	6.9	6.9																																																															
Albania	39.3	115.9	74.1	61.2	49.2																																																															
Algeria	12.7	51.8	81.4	55	41.8																																																															
Andorra	76.1	75.5	75.3	84.4	80.5																																																															
Angola	17.5	43.8	23.3	17.9	9.7																																																															
Anguilla	95.5	138.7	95.6	95.6	95.6																																																															
Antigua e Barbuda	137.7	134	131.2	136.2	133																																																															
Argentina	118.9	135.1	101.8	80.8	57.2																																																															
Armenia	100	85	61.1	41	10.4																																																															
Aruba	114.5	120.2	109	106.2	102.4																																																															

Figura 10 Quesito di analisi e sintesi dati - WT 2014

Relativamente alle capacità di **formulare ipotesi e prevedere tendenze** risultano debolezze evidenti in entrambe; il quesito di figura 11 che richiedeva l'uso del foglio elettronico per il calcolo di un elemento di una successione (di fatto l'inserimento della formula e l'utilizzo della funzione di trascinamento a meno di strategie di calcolo manuale o con calcolatrice), è stato superato solo dal 27% di studenti. Anche in questo caso tuttavia si è notato un miglioramento dei risultati sulla stessa tipologia di esercizi, tra la sessione di gara del 2014 e del 2015.

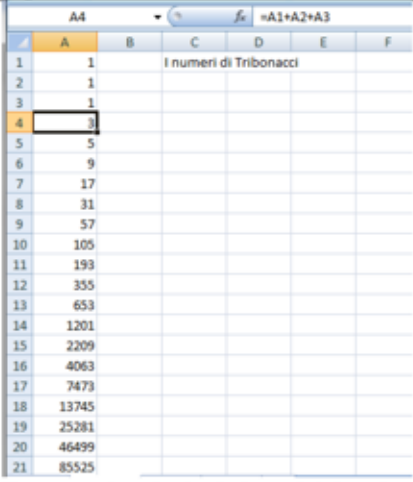
QUESITO	24	IL CRYPTEX Vai al Louvre alla ricerca dei luoghi descritti dal <i>Codice Da Vinci</i> di Dan Brown, ma per proseguire devi aprire un cryptex inserendo il 37esimo numero di <i>Tribonacci</i> . I numeri di <i>Tribonacci</i> si ottengono sommando i tre numeri precedenti della successione: i primi tre numeri sono 1 1 1, il quarto è 3, ecc.
TIPOLOGIA		Usare il foglio elettronico per trovare il valore di una successione
COMPITO		Trovare il 37esimo numero di <i>Tribonacci</i> (e scriverlo con tutte le sue cifre evitando notazione scientifica)
COMPETENZE		Uso del foglio elettronico, formule di somma con indirizzo relativo e operazione di trascinamento
MATERIALI		foglio elettronico
STRINGA DI RICERCA		 Dopo aver inserito i primi termini, inserire formula (= A1+A2+A3) e trascinare.
SOLUZIONE		1467182629 (non si accettano 1.5E+09, 1.467E+09 e simili)
DIFFICOLTÀ	2	

Figura 11 Quesito di calcolo automatico mediante formule

Infine diversi quesiti attestano le difficoltà nella **lettura critica di grafici, istogrammi e testi non continui**, come nel quesito di figura 12, dove sono pervenute il 16% di risposte corrette e diverse squadre hanno risposto segnalando come elemento principalmente problematico l'uso dei colori, ignorando per es. l'assenza di valori sull'asse delle ordinate.

Le percentuali di risposte corrette restano sullo stesso livello percentuale (17%) anche nel caso in cui tale lettura di grafici sia abbinata a una contestuale ricerca

in rete (figura 13) mentre è più incoraggiante (53%) la prestazione quando si tratti di rappresentare autonomamente o riconoscere tra una scelta di possibili grafici rappresentativi quello corretto (figura 14).

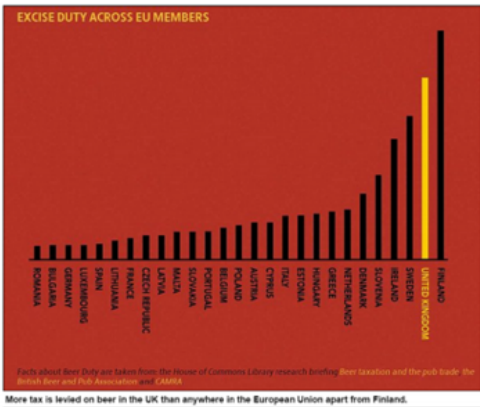
5. Titolo	Birra tra linee e tasse
Domanda	 il grafico mostrato riportato nel sito http://www.thisismoney.co.uk/money/news/article-2296322/A-Budget-beer-Osborne-freezes-beer-duty-escalator-AND-lops-penny-pint.html mostra come le tasse sulla birra in Inghilterra siano tra le maggiori in Europa. Cita almeno due elementi possibili di miglioramento della lettura del grafico
Risorse fornite	Immagine e link
Risposta	inserire unità e valori asse ordinate inserire anno di riferimento (a chi ha risposto "migliorare i colori" non viene attribuita penalità)
Percorso	Riconoscere l'incompletezza del grafico
Tipologia	Lettura grafici
Competenze	lettura critica di grafici
Difficoltà	medio
Punteggio	10

Figura 12 Quesito di lettura critica di un grafico

Parlando di competenze digitali si è ritenuto importante esaminare, al di là dell'uso strumentale dei dispositivi quali l'abilità di utilizzare applicativi in contesto, anche le capacità di riconoscere le basi del funzionamento di un calcolatore. Si tratta delle conoscenze base ECDL calate in prove 'autentiche', per verificare a quale livello di competenza lo strumento si inserisca in un contesto d'uso.

Il quesito 27 del 2014 (Figura 15), chiedeva di associare ai valori binari inseriti in un foglio elettronico il corrispondente carattere letterale mediante la tabella di conversione ASCII fino a ottenere una citazione. La richiesta è stata superata solo dal 3% degli studenti ed è l'esercizio che nei due anni ha riscontrato maggiori difficoltà nonostante il tema sia inserito nel syllabus dell'ECDL base.

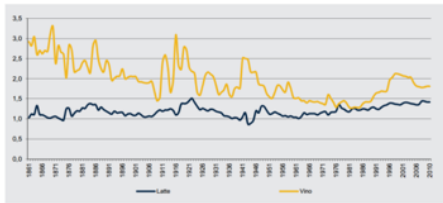
4. Titolo	Meno vino e più latte!
Domanda	Dal sito http://www3.istat.it/dati/catalogo/20120118_00/cap_21.pdf ritrovi questo grafico sul consumo di vino e latte  Figura 21.3 - Prezzi medi al consumo di latte e vino - Anni 1961-2010 (prezzi in euro in valore del 2010; valori per litro) (a) (b) Fonte: Direzione generale del lavoro (Ifo al 1925), Istat, Rilevazione dei prezzi al consumo (dal 1926) (a) Per gli anni dal 1943 in poi sono stati considerati, per i prodotti alimentari, i prezzi di libero mercato, mentre per gli anni precedenti al periodo bellico sono stati considerati i prezzi fissati. (b) I coefficienti per la rivalutazione dei prezzi medi, relativi ai diversi anni considerati sono calcolati sulla base dell'andamento dell'indice generale dei prezzi al consumo per le famiglie di operai e impiegati e non della dinamica di prezzo dei singoli prodotti ai quali essi si applicano. e noti una brusca diminuzione dei prezzi del vino negli anni '80, prezzi che si avvicinano a quelli del latte. Che anno era? A cosa è dovuta questa situazione?
Risorse fornite	immagine
Risposta	1986 Scandalo Metanolo Scandalo del vino al Metanolo Metanolo
Percorso	"crollo vino" e strumenti di ricerca avanzata con impostazione date tra 1/1/1980 e 1/1/ 1989
Tipologia	Lettura grafici ricerca web per analisi fenomeni
Competenze	Ricerca avanzata con impostazione intervallo date e lettura grafici
Difficoltà	media/alta
Punteggio	15

Figura 13 Quesito di lettura grafico abbinato a ricerca in rete

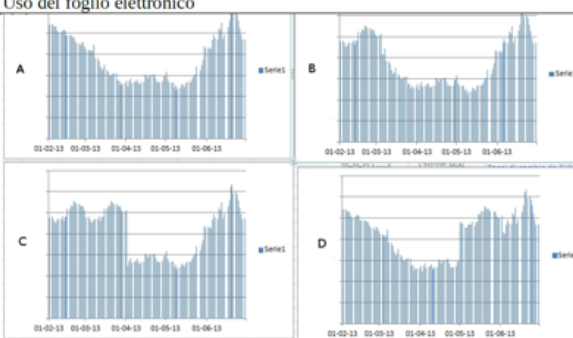
QUESITO	17	Sulla base dei dati precedenti determinare il grafico esatto.
TIPOLOGIA		Uso del foglio elettronico
COMPITO		 Quale di questi 4 grafici rappresenta esattamente l'andamento del cambio?
COMPETENZE		Saper costruire un grafico da una serie dati (strada più vantaggiosa che basarsi sui dati per determinare il grafico). Saper usare il tasto ctrl
MATERIALI		Quattro istogrammi molto simili
STRINGA DI RICERCA		
SOLUZIONE		A
DIFFICOLTÀ	3	Togliendo gli assi diventa più difficile e costringe a creare il grafico per riconoscere la soluzione
PUNTEGGIO	15	
TEMPO	4'	

Figura 14 Quesito su rappresentazione grafica di dati e lettura grafici - WT 201

QUESITO	27	CODICE BINARIO Sul retro del biglietto nascosto nel criptex avevi in effetti trovato anche questa sequenza di numeri in verticale. Ti rendi conto che è una citazione dal libro raffigurato nel dipinto precedente: decodifica la frase.
TIPOLOGIA		
COMPITO		Convertire il codice in testo
COMPETENZE		Riconoscere il codice Ascii, convertire da binario a decimale (formula excel BIN2DEC) e trovare il corrispondente carattere alfanumerico.
MATERIALI		 Si allega il file codice.xls per rendere più veloce chi usa le formule e il trascinamento rispetto a chi usa la calcolatrice
STRINGA DI RICERCA		Uso del trascinamento, delle formule codice.carattere e binario.decimale (o BIN2DEC e char) per riconoscere il binario e per trovare le formule di conversione + trascinamento o eseguire i calcoli
SOLUZIONE		"LA FEDE SENZA LE OPERE NON GIOVA ALLA SALVEZZA" (vale anche senza spazi)

Figura 15 Item su competenze ICT (n°27 del 2014) - tasso di soluzione del 3%

Analogamente il tempo medio di soluzione impiegato dalla maggior parte delle squadre sul quesito riportato in Figura 16, (pari a 587 secondi, il massimo tempo registrato su una media di 164 secondi a quesito) segnala che la decifrazione del messaggio come richiesto dall'item sia stata ottenuta dagli studenti prevalentemente manualmente e non attraverso gli strumenti automatici auspicati (opzione 'trova e sostituisci' del processore di testo), e ciò nonostante venisse fornito il documento testo relativo nei vari formati digitali e che l'esercizio sia stato comunque tenacemente superato nell'89% dei casi.

QUESITO	2	Nel testo trovi anche un messaggio cifrato: devi trovare le coordinate geografiche in esso contenute.
TIPOLOGIA		uso della funzione "sostituisci"
COMPITO		Decodifica il messaggio, sapendo che di=xx p=k o=y mi=zz c=\$ g=w u=# a=& t=@ e=% s=j Quali sono le coordinate indicate? Esempio di formato (Roma): 41° 53' N, 12° 29' E
COMPETENZE		saper usare la funzione sostituzione in un file di testo
MATERIALI		fornito file di testo "misonosposato3volte.doc" Zz jyny j%mk% y\$\$k&@y xx xxf%nd%r% i xxri@i xx @#@i, yr&l&j\$iy &ll% n#yv% w%n%r&ziyni il @%j@imyn%; \$%' #n kykly in k %ri\$yly n%l k#n@y w%ywr&fi\$y &ll& l&@i@#xxn% v%n@id#%, q#&r&n@& krizz j#d % lynwi@#xxn% v%n@i@r%', y@&n@& krizz %j@: j&lv&@%ly!
STRINGA DI RICERCA		testo decifrato: "mi sono sempre occupato di difendere i diritti di tutti, ora lascio alle nuove generazioni il testimone; c'è un popolo in pericolo nel punto geografico alla latitudine ventidue, quaranta primi sud e longitudine ventitré, ottanta primi est: salvatelo!"
SOLUZIONE		22° 40' S, 23° 80' E

Figura 16 Item sulle funzioni di sostituzione testo (n°2 del 2014) tasso di soluzione del 89%

2.3 Valutare l'attendibilità delle informazioni e condividere eticamente

La capacità di valutare l'attendibilità delle informazioni in rete e di riconoscere le questioni legate ai diritti di autore e alle opzioni di condivisione sono competenze cruciali [8] e che dagli esiti Webtrotter risultano ancora non diffuse, almeno per quanto riguarda la conoscenza delle diverse forme di copyright.

Riportiamo ad esempio i due item di figura 17 e figura 18 rispettivamente risolti con una percentuale del 27% e del 39% di risposte esatte.

9. Titolo	Licenza di mangiare
Domanda	RICETTE DI SICILIA APPUNTI DI UN VIAGGIO GASTRONOMICO Quale tra queste affermazioni è vera: 1. Questo sito è coperto da copyright e viene periodicamente aggiornato
	2. Questo sito è coperto da copyright ma non viene periodicamente aggiornato 3. Questo sito utilizza una licenza CC e viene periodicamente aggiornato 4. Questo sito utilizza una licenza CC ma non viene periodicamente aggiornato
Risposta	4. Questo sito utilizza una licenza CC ma non viene periodicamente aggiornato
Percorso	Esplorazione sito
Risorse	Immagine titolo sito (nome file: ricette2) link http://www.ricettedisicilia.net/

Figura 17 Quesito su copyright e diritti di condivisione

3 Il ruolo della scuola e le tecnologie a supporto di una didattica orientata alle competenze

Il ruolo della scuola appare cruciale per lo sviluppo delle competenze digitali e di Information Literacy, competenze che si possono sintetizzare come di **'digital reading writing and arithmetic'**, rivisitando il vecchio 'leggere scrivere e far di conto' in versione moderna. Finora la scuola ha considerato queste competenze marginali, forse scontate, ma è corretto sollecitare e sensibilizzare i docenti ad inserire, in forme didattiche nuove, 'il curriculum Internet nella didattica' (a tal

scopo è attivo già per il secondo anno il corso online Webtrotter Educator organizzato da AICA – MIUR [9].

QUESITO	28	Completata la ricerca, vuoi pubblicarla sul tuo sito, e ti suggeriscono di usare una licenza CC.
TIPOLOGIA		Regole del Web / ricerca complessa
COMPITO		Vuoi permettere a tutti di usare il tuo scritto, ed eventualmente modificarlo; vuoi però evitare che sia usato a scopo di lucro, e chiedi che venga condiviso allo stesso modo. Quali simboli/sigle devi mettere perché sia rispettata la tua volontà?
COMPETENZE		Sapere come utilizzare le informazioni reperite in internet (© e CC)
MATERIALI		A  B  C  D  E  F 
STRINGA DI RICERCA		Copyleft o creative commons http://creativecommons.org/licenses/
SOLUZIONE		E

Figura 18 Item su competenze di condivisione etica (n°28 del 2014)

L'indagine INDIRE sull'impatto dell'uso della tecnologia a scuola, ci mostra come non veritiera la rappresentazione ricorrente dei "nativi digitali": "i ragazzi che sono nati e crescono in un contesto di ampia diffusione delle tecnologie non sono necessariamente esperti sul modo migliore di utilizzarle" [10]. Tuttavia l'attività formativa in classe è fondamentale visto che "il 71% degli studenti che ha partecipato a scuola ad attività didattiche su "come selezionare fonti in rete" riesce a svolgere efficacemente i compiti a casa, con una percentuale che scende al 43% per chi non ha svolto tali attività a scuola" [11]. Questo ruolo importante della scuola è confermato dal miglioramento evidenziato da una sessione di gara all'altra in alcuni item quali quelli sulle geo-localizzazioni e sull'uso del foglio elettronico per il calcolo di un termine di una successione e sull'inserimento di formule o sul conteggio delle parole ricorrenti evidenziate da una nuvola grafica di parole.

L'indagine OCSE [3] sembra invece mostrare che non esista una correlazione significativa tra uso della tecnologia a scuola e le prestazioni nelle prove di lettura e matematica degli studenti, ma occorre riconoscere se e quando tali attività didattiche di integrazione degli strumenti digitali nella didattica risultino significative e non sostituzioni su nuovi canali di vecchi compiti tradizionali. E qui ci sono ampi margini di miglioramento, soprattutto per l'Italia, come mostrato negli ultimi due grafici di figura 19 e 20.

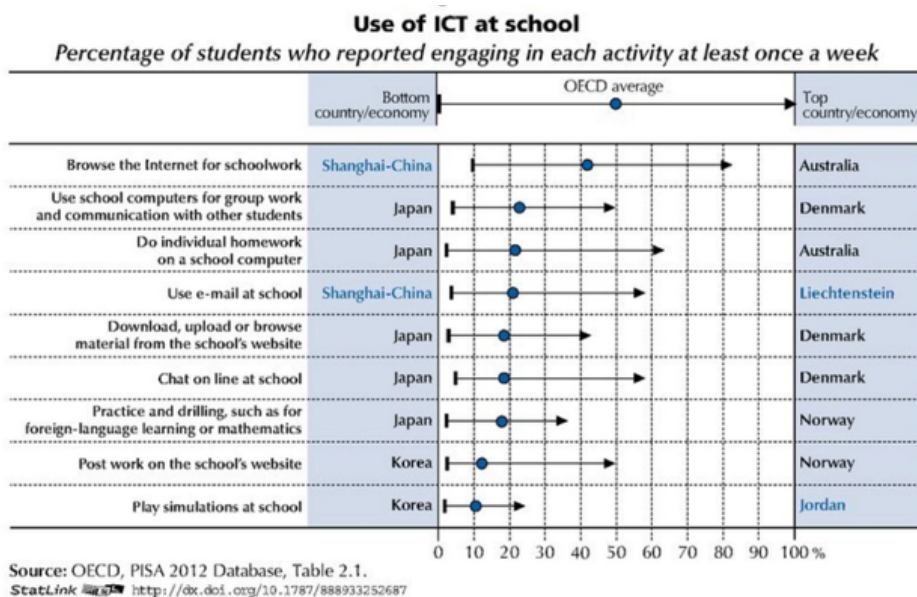


Figura 19 Uso delle tecnologie a scuola

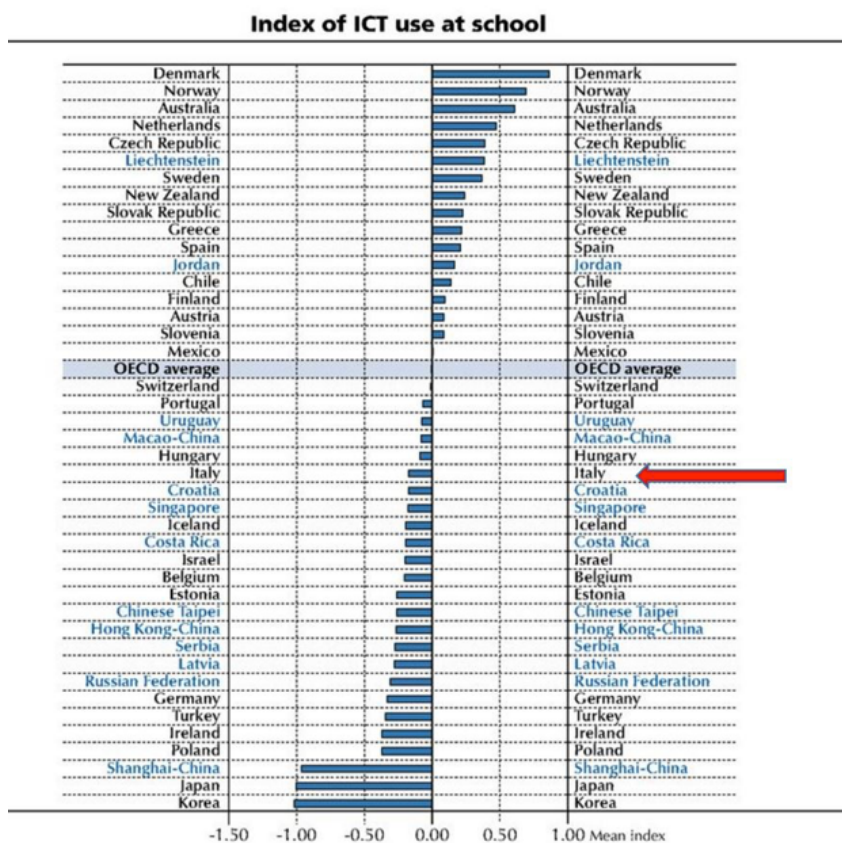


Figura 20 Indice d'uso delle tecnologie a scuola

4 Conclusione

Nell'auspicio che il tema sia spunto di idee di lavoro didattico e metodologico in ambito scolastico e formativo, appare a mio parere necessario ripensare agli indicatori relativi all'uso di digitale in classe esaminati dall'OCSE [3] e visibili in figura 19, per renderli più direttamente correlati alla qualità dell'apprendimento, evitando per es. voci di pura tecnicità come 'scarica documenti e email' o di comunicazione sintetica 'usa chat online', e sollecitando uno stretto collegamento con attività didattiche sostenute dalla ricerca sul web, e strutturate come spunti di esperienze 'esperte' per nuove forme e ambienti di apprendimenti significativi.

5 Bibliografia

- [1] UNESCO (2008), *Understanding Information Literacy: A Primer*, Unesco, Paris, <http://www.uis.unesco.org/Communication/Documents/157020E.pdf>
- [2] ALA (2000), *Information Literacy Competency Standards for Higher Education*, ALA, Chicago, <http://www.ala.org/acrl/sites/ala.org.acrl/files/content/standards/standards.pdf>
- [3] OCSE (2015), *Student, Computers and Learning. Making the connections* OCSE, Paris, http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/students-computers-and-learning_9789264239555-en#page1
- [4] INDIRE (2015), <http://www.indire.it/2015/11/27/ocse-il-90-dei-quindicenni-italiani-e-su-internet-ma-in-classe-la-rete-e-ancora-poco-utilizzata/>
- [5] AICA (2016) Osservatorio delle Competenze Digitali 2015: cultura digitale, un investimento per i cittadini, le imprese e le pubbliche amministrazioni, AICA, Milano
- [6] AICA (2014) *Webtrotter, il giro del mondo in 80 minuti*, <http://domino.aicanet.it/aica/ecdlcompetition.nsf/>
- [7] SCHLEICHER A. (2015) <http://www.slideshare.net/OECD/edu/students-computers-and-learning-making-the-connection-andreas-schleicher-director-oecd-directorate-for-education-and-skills>
- [8] PISA (2012) *Rapporto Nazionale OCSE PISA 2012* http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2012/rappnaz/Rapporto_NAZIONALE_OCSE_PISA2012.pdf
- [9] MAKNOUZ D. (2015) *Webtrotter e il giro del mondo in 80 minuti*, BRICKS, AICA <http://bricks.maieutiche.economia.unitn.it/2015/09/21/webtrotter-educators-e-il-giro-del-web-in-80-minuti/>
- [10] INDIRE (2015b) *Tecnologia a scuola* http://www.indire.it/wp-content/uploads/2015/10/2015_10_23_comunicato_forum_scuolafuturo1.pdf
- [11] INDIRE (2015c) *Uno studio sulle tecnologie a scuola* <http://www.indire.it/2015/10/23/indire-presenta-a-firenze-uno-studio-sullimpatto-delle-tecnologie-a-scuola/>

Biografia

Dany Maknouz, docente di matematica e informatica al liceo scientifico scienze applicate, appassionata sperimentatrice di didattica con uso delle nuove tecnologie, è da anni formatrice e divulgatrice nel settore.

Referente per l'Italia dell'agenzia scolastica internazionale World ORT, collabora con un'importante casa editrice, enti universitari e regionali ed è coautrice e tutor Webtrotter per AICA-MIUR.

Email: danymak@gmail.com

Nuovi metodi e strumenti ICT per l'innovazione nelle PMI in rete

"We must become the change we want to see in the world"
(Mahatma Gandhi)

Michele Missikoff

Sommario

L'innovazione d'impresa è una delle sfide capaci di garantire una ripresa stabile e duratura. Ma cosa si intende veramente con il termine 'innovazione'? Questo articolo vuole dare una risposta a due livelli. Il primo livello, di tipo metodologico, ha l'obiettivo di far luce sulla natura dell'innovazione, offrendo alcuni spunti su una classificazione dei diversi tipi di innovazione, i principali approcci e le modalità con cui si può affrontare un progetto di innovazione. Il secondo livello, più applicativo, presenta in estrema sintesi un framework integrato di supporto all'innovazione nelle reti di PMI, concepito e implementato dal progetto europeo BIVEE (Business Innovation in Virtual Enterprise Environment).

Abstract

Enterprise Innovation is a key challenge aimed at promoting a stable and lasting economic recovery. But what we mean with the term 'innovation'? This paper offers an answer at two levels: the first, a methodological level, aims to clarify the nature of innovation, presenting a classification of the different types of innovation, some among the most relevant approaches, and how an innovation project can be undertaken. The second level, more practical, illustrates in a synthetic way an integrated framework conceived to support innovation in SME networks. Such a framework has been designed and implemented in the European project BIVEE (Business Innovation in Virtual Enterprise Environment).

Keywords: Enterprise innovation, networked enterprises, open innovation ecosystem, knowledge management, innovation service platform

1. Introduzione

L'innovazione è uno dei driver strategici per rilanciare l'economia e, più in generale, la crescita del Paese. Ma, al di là della situazione contingente, innovare sta diventando un *'must'* per qualunque impresa. L'innovazione deve entrare nel DNA dell'impresa, trasformandosi in una prassi continuativa, sostituendosi alla visione prevalente oggi del *'business as usual'*, che viceversa vede l'innovazione come iniziativa episodica (ad esempio da intraprendere in occasione di una flessione delle vendite o l'arrivo di una nuova tecnologia). Oggi la sfida è quella di passare dall'innovazione come evento episodico ad un modello di business basato sull'*innovazione continua*. Ma senza che questa diventi un'attività ripetitiva codificata, come un processo di business consolidato. La filosofia dell'innovazione continua richiede un diverso modello d'impresa¹, agile e aperto all'esterno, con una cultura dell'innovazione diffusa, unitamente ad una marcata predisposizione al cambiamento.

In un mondo globalizzato dove tutto è interconnesso e dove mercato e imprese si muovono velocissimi, è necessario per le imprese, e più in generale per tutte le organizzazioni complesse (pubbliche e private), ripensare globalmente il modo di approcciare l'innovazione, inclusi i metodi, i modelli organizzativi e gli strumenti necessari a promuovere, facilitare, supportare e gestire l'innovazione, nelle sue varie declinazioni (di prodotto, di processo, di mercato, tecnologica, organizzativa, etc.). In questo quadro, le PMI hanno una posizione rilevante, in quanto rappresentano la grande maggioranza della realtà produttiva. Ma una PMI, se presa isolatamente, non ha i mezzi e la massa critica necessari per innovare efficacemente. In generale, le PMI si trovano in posizione fortemente subordinata alle grandi aziende per cui lavorano, e quindi le strategie, le scelte di fondo, gli obiettivi dell'innovazione vengono loro dettati da queste ultime. Al contrario, sono le PMI ad esprimere una forte potenzialità innovativa (a cominciare dalle *start-up*, ma non solo) ed è vitale metterle in condizione di dispiegare questa potenzialità, attraverso l'adozione di opportuni strumenti, sia organizzativi (esempio, creando reti collaborative) che tecnologici (supportandone l'accesso alle nuove soluzioni digitali) e finanziari (quest'ultimo argomento, per quanto importante, non è qui oggetto di trattazione). Ma nel fare questo è importante tener conto di una serie di barriere che rallentano la loro possibilità di innovazione. Tra queste possiamo citare la struttura industriale frammentata, una cultura tecnologica spesso inadeguata, le risorse finanziarie limitate (e difficoltà di accesso al credito), la mancanza di un collegamento sistematico con altre realtà produttive essenziali in azioni di innovazione, in particolare con le università, la Pubblica Amministrazione, i centri di ricerca. Per questo, è necessario che le PMI, nell'affrontare un progetto di innovazione, si consorzino in rete (creando un'impresa virtuale [2]), con l'obiettivo innanzitutto di realizzare una visione complessiva, olistica del problema, e poi un nuovo modo

¹ Uno studio della Commissione Europea sui nuovi modelli d'impresa Europea è stato illustrato nel numero v.XI, n.1 di Mondo Digitale del 2012 [1]

collaborativo di innovare, arrivando a concepire una nuova generazione di PMI 'innovation driven'.²

Quanto presentato in questo articolo è frutto dell'esperienza più che decennale dell'autore e, soprattutto, del lavoro svolto per quasi quattro anni come responsabile scientifico del progetto europeo BIVEE: *Business Innovation in Virtual Enterprise Environment* (<http://bivee.eu>), ampiamente descritto nel volume "Enterprise Innovation: from Creativity to Engineering" (Curato da: M. Missikoff, M. Canducci, N. Maiden. Pubblicato da Wiley) a partire dal quale è stato sviluppato questo articolo.

1.1. Verso nuovi scenari dell'innovazione

L'innovazione riguarda la capacità di concepire e applicare nuove soluzioni in una realtà produttiva, ad esempio introducendo un nuovo prodotto sul mercato o adottando un nuovo processo di produzione, capaci di creare una discontinuità positiva rispetto all'esistente. Qui viene trattata l'innovazione d'impresa, ma riteniamo che quanto illustrato possa facilmente essere applicato anche ad altri contesti, ad esempio alla Pubblica Amministrazione.

L'innovazione è un'attività 'brain-intensive', che spesso si sviluppa lungo traiettorie difficilmente pianificabili dall'inizio: nella maggior parte dei casi si parte da un problema e obiettivi definiti ad alto livello, mentre i dettagli vengono chiariti in corso d'opera. Questa incertezza iniziale impedisce di pianificare in modo sistematico il lavoro, presentando una serie di incertezze nella organizzazione, previsione e tempificazione delle attività, inclusa la gestione del rischio. Quindi vi sono differenze importanti rispetto alla tradizionale gestione dei progetti, dove attività, tempi e costi sono pianificati accuratamente dall'inizio.

Tradizionalmente, l'innovazione, che ha visto come suo tratto caratteristico la creatività e l'ideazione, è considerata prevalentemente un'attività empirica, basata sulla genialità, l'intuizione e l'esperienza, piuttosto che una disciplina ingegneristica. L'uso di metodi, strumenti, e pratiche sistematiche è parziale e interessa tipicamente problemi specifici, mentre mancano soluzioni integrate concepite per gestire il ciclo di vita completo dell'innovazione. Come anzidetto, oggi è necessario ripensare le modalità con cui viene affrontata l'innovazione, soprattutto in organizzazioni complesse. Tali sono anche le PMI organizzate in rete, quando si consorziano realizzando una struttura ricca e articolata (es. *Impresa Virtuale*³), che richiede forme e supporti organizzativi particolarmente avanzati.

Oggi l'innovazione sta cambiando, assumendo forme nuove, più aperte e collaborative, indotte anche da nuove soluzioni ICT, nuove metodologie e nuovi modelli di business. Quindi ci troviamo a un punto in cui è necessario ripensare profondamente i processi di innovazione, in sostanza: *innovare l'innovazione*.

² Anche qui, come nel resto dell'articolo, l'uso dell'inglese consente una maggior fedeltà al contenuto originale del progetto BIVEE

³ Si tratta di un modello organizzativo che caratterizza una rete di PMI, dove esiste una forma di coordinamento stretto, per raggiungere un dato obiettivo di business, mantenendo al contempo ampia autonomia per attività al di fuori della impresa virtuale [2]

1.2. L'innovazione è creazione di conoscenza

L'innovazione, nella sua essenza, consiste nella produzione di nuove conoscenze, capaci di generare un impatto positivo sulla realtà produttiva. Quindi consideriamo l'innovazione come un 'artefatto cognitivo' (che chiameremo *Innovation Body of Knowledge: InnoBoK*), tipicamente di tipo multidisciplinare e stratificato a più livelli (dal metodologico, al tecnologico, al pragmatico). Un progetto di innovazione ha l'obiettivo di costruire un *InnoBoK* attraverso un insieme di attività complesse, che necessitano di competenze diversificate, collocabili su due dimensioni primarie: la **conoscenza applicativa**, relativa alla realtà produttiva da innovare, e la **conoscenza metodologica**, che comprende le competenze di base, i metodi e gli strumenti abilitanti, utilizzati per supportare le attività di innovazione.

Conoscenza applicativa

La conoscenza applicativa include le competenze settoriali (es. innovazione nell'aerospazio, nell'agro-alimentare, nei servizi finanziari) relative all'impresa e al problema aziendale che si intende affrontare. All'inizio del progetto viene descritto il problema che si intende affrontare, il contesto in cui si opera e l'area funzionale che adotterà l'innovazione. Ma è necessario considerare anche l'impatto che il cambiamento avrà sulle altre aree aziendali, ad esempio le risorse umane, i mezzi e metodi di produzione, che non sono l'oggetto primo dell'innovazione. Più in generale, è necessario considerare anche le possibili ricadute a livello sociale e ambientale.

Non basta aver pensato e realizzato una buona innovazione. Questa deve essere introdotta in concreto nella realtà produttiva, e qui un aspetto cruciale concerne la capacità di un'organizzazione di adottare una soluzione innovativa (*absorptive capacity*⁴). L'innovazione, contrariamente alla scoperta scientifica o all'invenzione, deve avere un impatto immediato (benefico) sulla realtà produttiva, apportando su di essa un cambiamento importante. La gestione del cambiamento (*Change Management*) viene spesso trascurata durante il processo di innovazione, e demandata ad una fase successiva. Il ritardo nella definizione delle strategie di adozione, e quindi la sua non corretta gestione, può determinare il fallimento di una innovazione di per sé valida.

Conoscenza metodologica

Questo tipo di conoscenza è indipendente dal contesto applicativo, essa include tutti quegli elementi, come metodi e strumenti, linguaggi e pratiche, utilizzati nel processo di innovazione. Elementi necessari a gestire il ciclo di vita dell'innovazione, dall'analisi della realtà produttiva, allo sviluppo e adozione delle nuove soluzioni, consentendo ai team di collaborare, scambiare informazioni, monitorare l'avanzamento del processo, gestire contingenze e problemi imprevisti. Nell'ampio parco delle metodologie esistenti, l'innovazione può avvalersi di soluzioni provenienti dalle scienze economiche, come la *sharing economy*, *open innovation*, *crowdfunding*, dalla scienza del

⁴ Non potendo qui definire ogni termine o argomento toccato, viene adottato il corsivo per indicare argomenti che possono essere approfonditi con una semplice ricerca su Google e Wikipedia.

management e dell'organizzazione, come il *distributed co-working*, i metodi di creazione collaborativa (*co-creation*) e cooperazione nella progettazione (*collaborative design*), il *decision-making* distribuito, la gestione del rischio (dai metodi *SWOT* ai *Critical Success Factors*, dal *PERT* al *CPM*), fino all'ingegneria d'impresa (inclusi gli *Enterprise Architecture Framework*). Un contributo importante viene dall'ingegneria del software: da questa area disciplinare è possibile acquisire, e adattare ai processi di innovazione, un notevole numero di soluzioni, tra le quali i metodi ispirati al *Agile Engineering*, *Design Patterns*, *Scrum*, *Conceptual Modeling* e *Knowledge Management*.

Nell'intento di concepire nuove forme di innovazione, accanto a questi metodi è opportuno considerare le opportunità offerte dalle ultime tecnologie digitali. Tra queste possiamo citare le piattaforme di *idea management* (es. *Ideascale*, *InnoCentive*), *knowledge management semantico* (es. *Poolparty*, *Ontorion*), i vari *Content Management Systems* arricchiti semanticamente (es. *Drupal* con *Open Semantic Framework*), e più in generale, *business social media*, *mobile computing*, *knowledge cloud* e *coworking digital space*.

Il contributo di metodi e strumenti digitali innovativi sta spingendo per lo sviluppo di una nuova disciplina trasversale che possiamo definire **Ingegneria dell'Innovazione**, in grado di dare una solida base metodologica e un ampio supporto tecnologico alle attività d'innovazione. In sostanza, la sfida è quella di concepire una nuova disciplina in grado di coniugare il rigore dell'Ingegneria con la libertà che inventiva e creatività richiedono [3], evitando di introdurre metodi troppo vincolanti che potrebbero andare a detrimento di detta libertà.

In questa chiave, la prossima sezione intende introdurre una visione sistematica dell'ambito di riferimento, mostrando quanto l'innovazione d'impresa sia materia articolata che richiede competenze multidisciplinari. Successivamente, la sezione 3 presenta una sintesi del framework proposto da *BIVEE*, il progetto europeo che ha sviluppato un prototipo che integra metodologie e strumenti informatici di supporto a nuove forme di innovazione nelle PMI in rete. Le conclusioni e alcuni sviluppi futuri vengono illustrati nella sezione 4.

2. Tipi e modi dell'innovazione

La letteratura sui tipi dell'innovazione è molto ricca, con distinzioni anche sottili tra diverse tipologie. Tuttavia non emerge una classificazione largamente accettata, e non vi è unanimità nemmeno su cosa si intende per 'tipo di innovazione'. Ad esempio si indica 'innovazione di processo' come una tipologia e 'innovazione aperta' come un'altra tipologia; ma è chiaro che la natura dei due casi è intrinsecamente diversa. Il primo caso è caratterizzato dal 'target' dell'innovazione, un processo, mentre nel secondo caso si fa riferimento alla modalità 'aperta' con cui l'innovazione viene attuata. Qui iniziamo adottando la terminologia OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) che nel primo caso, quando la discriminante sarà l'oggetto primario dell'azione innovativa, suggerisce di parlare di 'tipo di innovazione'. Viceversa, nel secondo caso, quando ci si riferisce al modo in cui viene portata avanti, faremo riferimento alle 'modalità' dell'innovazione.

2.1 Tipi di innovazione

Come detto, nel proporre una classificazione dei tipi di innovazione partiamo dall'obiettivo, cioè da quello che è il focus primario del progetto. L'OCSE nel suo studio sull'innovazione [4] individua 6 tipologie:

- innovazione di prodotto
- innovazione di processo
- innovazione di servizio
- innovazione organizzativa
- innovazione di marketing
- innovazione tecnologica

Esistono altre tipologie, come 'innovazione di business' [5], più 'aggregate' in quanto includono diverse tipologie più granulari; altre ancora possono focalizzarsi su elementi più specifici, come ad esempio innovazione nelle risorse umane (e relative competenze) o innovazione manageriale, che nella visione OCSE vengono incluse nell'innovazione organizzativa. I tipi di innovazione indicati non verranno qui ulteriormente descritti, vista l'ampia letteratura esistente, e in particolare il citato manuale dell'OCSE sull'innovazione [4].

Di fatto, l'innovazione può avere come oggetto primario praticamente ogni aspetto dell'impresa. Ma i diversi settori aziendali sono strettamente interconnessi, quindi indipendentemente da quale sia il focus primario dell'innovazione (ad esempio un nuovo prodotto o servizio), larga parte delle restanti aree aziendali, in diversa misura, saranno coinvolti (ad esempio: i processi di produzione, il marketing, le risorse umane).

2.2 Come si origina l'innovazione

Prima di affrontare le modalità dell'innovazione, è utile analizzare il ciclo di vita lungo il quale si sviluppa un progetto di innovazione, dalla motivazione iniziale, allo sviluppo del progetto, alla conclusione, con il trasferimento in produzione e la valutazione dell'impatto. La materia è molto ampia, qui di seguito se ne riporta una descrizione schematica, derivanti dal lavoro svolto nell'ambito del progetto europeo *BIVEE*.

Sono quattro le principali classi di motivazioni a partire dalle quali prende forma un'idea e poi il processo di innovazione. Introduciamo quindi il paradigma **POND: Problema – Opportunità – Necessità – Desiderio**. Si noti che le quattro motivazioni possono coesistere, in diversa misura.

- **Problema.**

Questa tipologia di motivazione è in genere la più critica, in quanto richiede di affrontare sfide dalla cui soluzione può anche dipendere la sopravvivenza dell'impresa. I tipi di problemi riscontrabili rappresentano una casistica amplissima, che può riguardare un prodotto, un processo di produzione, un problema di marketing, ma anche un problema di tipo finanziario o organizzativo (dove spesso la soluzione non è di tipo innovativo).

- **Opportunità.**

Questa motivazione è ampiamente rappresentata dall'avanzamento della tecnologia (*technology-driven*) e della scienza (*science-driven*). Ma vi sono anche opportunità inattese offerte dall'aprirsi di nuovi mercati (*market-driven*) che, ad esempio, richiedono un modo innovativo di commercializzare un prodotto esistente.

- **Necessità.**

Questo tipo di motivazione è legata al verificarsi di condizioni che richiedono un cambiamento profondo. Questo non esclude le due componenti precedenti, ma in genere è meno urgente della prima. Quindi più che nascere da un problema specifico, emerge da una serie di fattori (come si dice: un combinato-disposto) che suggerisce di introdurre cambiamenti anche importanti nel contesto produttivo.

- **Desiderio.**

Questo tipo di motivazione è tipicamente '*user-driven*', in genere rappresenta i casi in cui l'innovazione nasce dai desiderata del cliente (o dell'utente in generale). Spesso si tratta di anticipare un bisogno ancora inespresso, ma include anche l'identificazione di calo di soddisfazione nella clientela, da contrastare identificando una nuova proposta.

È importante tener conto della tipologia di innesco del processo di innovazione, in quanto questa nel determinare l'avvio di un progetto di innovazione ne influenza la fase di inizio, come qui sotto descritto.

2.3. Il ciclo di vita di un progetto di innovazione.

Il ciclo di vita di un progetto di innovazione si articola in quattro fasi fondamentali: *innesco*, *sviluppo*, *conclusione*, *assorbimento*.

Innesco.

Questa è la prima fase in cui si inizia a definire l'obiettivo, a fronte degli spunti raccolti nell'ambito del paradigma *POND* (vedi sopra), con i seguenti 5 approcci principali (non esclusivi) che determinano l'avvio di un progetto di innovazione.

(i) **push-mode**, si ha quando è un'opportunità, tipicamente tecnologica, ad innescare il progetto. Ad esempio quando una nuova soluzione tecnologica offre la possibilità di sviluppare un nuovo prodotto o di cambiare profondamente un processo produttivo;

(ii) **pull-mode**: se a innescare l'innovazione è un problema, bisogno, o un desiderio espresso dagli utenti; siano essi interni, ad esempio con l'innovazione di processo, che esterni, cioè i clienti che esprimono una necessità e inducono una innovazione di prodotto. Questa modalità viene anche detta *demand-driven*;

(iii) **endogena**, quando l'innesco, e le idee iniziali, vengono dall'interno dell'impresa (o dell'ecosistema⁵, in un contesto più ampio, ma sempre circoscritto);

⁵ Il modello dell'ecosistema, nel creare uno spazio collaborativo per l'innovazione, si è dimostrato più efficace del cluster o distretto (vedasi: [6])

(iv) **esogena**, quando l'innovazione è innescata da idee che provengono dall'esterno dell'impresa, eventualmente anche da contesti (culturali, disciplinari, ma anche geografici) diversi (con la cosiddetta 'cross-contamination'). Ad esempio da contatti con l'Università, consulenti, etc.

(v) **co-creation**, quando tutte le parti interessate (interne ed esterne) collaborano insieme per dare luogo ad un processo di innovazione (tipicamente con un approccio aperto, collaborativo).

Il caso (v) è il modo più efficace di approcciare un processo di innovazione, anche se nel concreto è il più difficile da praticare. Infatti, l'innovazione con un approccio *co-creation* richiede che persone diverse, con differenti culture, competenze e motivazioni condividano inizialmente un obiettivo e subito dopo uno spazio di cooperazione. Detto spazio sarà usato da diversi soggetti interagendo a distanza, con massima flessibilità, con diversi livelli di impegno e tempistiche, per tutto il ciclo di vita dell'innovazione.

- **Sviluppo.**

La fase centrale di un progetto di innovazione è dove le idee iniziali vengono dapprima consolidate, e quindi progressivamente elaborate, con studi, progettazione, simulazioni e sperimentazioni, arricchendo la conoscenza prodotta fino a ottenere una soluzione innovativa applicabile. Questa è la fase che viene illustrata in dettaglio nella prossima sezione, con un focus sulle reti di PMI (o un'impresa a rete con forte decentramento organizzativo e decisionale), a partire dai risultati del progetto europeo *BIVEE*.

- **Conclusione.**

Questa è la fase finale, quando il progetto di innovazione si conclude producendo l'*Innovation Body of Knowledge (InnoBoK)* pronto per essere trasferito alla realtà produttiva (o sociale) destinataria dell'intervento. Detto trasferimento, che avverrà nelle forme più utili allo specifico contesto socio-produttivo (esempio: manuali d'attuazione, *blue-print*, piani di produzione, programmi di formazione del personale, etc.), richiede successivamente un intervento concreto per cambiare la realtà e rendere operativa l'innovazione.

- **Assorbimento.**

Quando una soluzione innovativa viene acquisita e messa in produzione, sia che si tratti di un contesto manifatturiero che di servizi, ha sempre un impatto notevole, proporzionale al grado di innovazione. Per un'impresa, la capacità di acquisire e implementare innovazioni (*absorptive capacity*) è una delle chiavi del successo; qui sono centrali le discipline relative alla gestione del cambiamento (*Change Management* [7]). In questa fase è importante che il team di innovazione tenga aperto un canale di comunicazione con la produzione e il mercato, per ricevere ed elaborare i feedback che consentiranno un ulteriormente arricchimento dell' *InnoBoK*. Le informazioni così raccolte consentiranno di intervenire per successivi miglioramenti, fornendo anche stimoli per l'avvio di nuovi progetti di innovazione.

Come anticipato, nella sezione 3 verrà ulteriormente elaborata la fase centrale del ciclo di vita dell'innovazione a partire dai risultati del progetto *BIVEE*.

2.4. Le modalità dell'innovazione

In questa sezione vengono illustrati alcuni approcci adottati nel portare avanti un progetto di innovazione. I diversi approcci riportati non sono mutuamente esclusivi e spesso in un progetto di innovazione è necessario trovare il giusto bilanciamento tra questi.

- **Innovazione chiusa** (*Closed Innovation*).

E' stata la modalità più diffusa fino ad alcuni anni fa, quando prevaleva la necessità di proteggere gli alti investimenti della ricerca industriale e la proprietà intellettuale. Tipicamente i reparti R&S (Ricerca e Sviluppo) erano considerati 'torri d'avorio' soggette a uno stretto controllo, con scambi limitati con l'esterno. Il ciclo di vita dell'innovazione veniva quindi rappresentato come un flusso di lavoro sviluppato primariamente all'interno di una singola impresa, dove le interazioni con l'ambiente esterno erano per lo più marginali e i soggetti esterni fornivano essenzialmente contributi puntuali.

- **Innovazione aperta** (*Open Innovation*).

Questa modalità [8] ha oggi preso un posto permanente nel mondo produttivo. L'avvento di nuove soluzioni ICT e la predominanza dei servizi basati su Internet hanno reso l'ambiente aziendale sempre più aperto e partecipativo. Al contempo, si è preso atto della natura diffusa delle competenze e quindi dell'esigenza di connettersi con esperti e centri di eccellenza a livello internazionale, facilmente raggiungibili attraverso Internet. Uno dei principali problemi legati all'innovazione aperta riguarda la tutela delle idee e dei diritti di proprietà intellettuale. Vi è la necessità di trovare un equilibrio virtuoso tra la necessità di divulgare idee e conoscenze, per facilitare (anche inattesi) contributi esterni, e al contempo proteggere il patrimonio di conoscenze, al fine di evitare che risultati anche parziali possano essere acquisiti e utilizzati dai concorrenti. Vi sono soluzioni avanzate per la protezione delle idee e dei risultati della ricerca che consentono di praticare forme di apertura 'sicura', ad esempio con la divulgazione di informazioni non contestualizzate, o prive di dettagli essenziali.

- **Innovazione incrementale** (*Incremental innovation*).

Si colloca in continuità con il miglioramento continuo (*business improvement*), e consiste nell'innovare, senza però sostituire del tutto quanto esiste o intervenire drasticamente sugli equilibri di mercato esistenti. Questo tipo di innovazione è fondamentale affinché un'impresa possa mantenere nel tempo una posizione competitiva, consolidando o anche espandendo il proprio business. Un esempio è l'*iPod* (con l'adozione di memorie allo stato solido) o l'*iPhone*, arrivato quando gli *smart-phone* esistevano già, ma introducendo caratteristiche innovative uniche.

- **Innovazione radicale** (*Disruptive o Breakthrough Innovation*).
Questa modalità tende a introdurre una discontinuità marcata nel business, producendo soluzioni (tipicamente prodotti o servizi, ma anche processi) completamente diversi da quelli esistenti. L'innovazione radicale ha l'obiettivo di creare, ad esempio, un prodotto che non ha precedenti ed è quindi capace di trasformare gli equilibri di mercato, fino ad impattare con il tessuto socio-produttivo nel suo complesso (e talvolta anche sulla dimensione culturale). Ad esempio, possiamo citare il *Sony-Walkman* (prodotto) o *Uber* (servizio), oppure, tra l'innovazione di processo, Amazon e la gestione dei magazzini basata su scaffali robotizzati (*Kiva*) mobili. Recentemente la Commissione Europea ha lanciato un programma per le PMI definito *ODI: Open Disruptive Innovation*.
- **Innovazione continua**
Questa rappresenta innanzitutto un modo di essere dell'impresa, dove modelli organizzativi, stili di management, preparazione del personale, debbono essere allineati con una cultura aziendale che metta al centro le capacità, l'immaginazione e la creatività individuali e dei gruppi di lavoro, anche quelli che non sono in linea di principio addetti all'innovazione. Questo approccio, indicato anche come *innovazione permanente* [9], si coniuga in genere con l'innovazione incrementale, senza escludere punte di innovazione radicale. Un esempio è fornito dall'evoluzione dei televisori: dall'LCD retroilluminati ai LED, agli OLED.
- **Innovazione diffusa** (*Grassroot innovation*)
Questa è l'innovazione che viene dal basso. Tipicamente legata a forme di *Open Innovation*, e di innovazione continua che implica una partecipazione diffusa di attori anche molto diversi tra loro. Questi possono inizialmente esprimere dei bisogni, ma poi (avendo a disposizione gli opportuni strumenti) possono partecipare alle fasi successive, dalla progettazione a forme di monitoraggio diffuso, fino alla conclusione, la sperimentazione, e la valutazione dell'impatto. A seconda del contesto, questa modalità può interessare i dipendenti di un'azienda, i clienti, fornitori, partner o, in un contesto sociale, i cittadini, spesso organizzati in gruppi o comunità.
- **Cross-innovation**
Questa modalità fa riferimento all'innovazione che nasce da una stretta collaborazione tra diverse discipline o che attraversa diversi settori industriali. Può trattarsi di un trasferimento di una innovazione da una disciplina ad un'altra, previa 'rilettura' e adattamento, oppure emergere dalla messa in comune di competenze diverse che sinergicamente riescono a trovare soluzioni innovative difficili da produrre lavorando nell'ambito di una sola disciplina. Qui possiamo collocare la *Serendipity*, cioè la scoperta di qualcosa mentre si cerca dell'altro [10].
- **Innovazione Sociale** (*Social Innovation*)
Questa modalità di innovazione è affine alla precedente, ma caratterizzata dalla dimensione sociale che può realizzarsi in diverse forme. E' nota principalmente come la partecipazione dei cittadini nella definizione, ma anche nello sviluppo e valutazione, di servizi offerti dalla Pubblica

Amministrazione. Rispetto alle imprese, questa modalità concerne il coinvolgimento dei cittadini nella valutazione dell'impatto che una innovazione (di prodotto, di processo) proposta da un'impresa può avere a livello sociale e ambientale.

- **Innovazione 'User-driven'**

Anche questa modalità è affine alla *grassroot innovation*, ma qui il focus è sull'utente finale, sempre più importante nello sviluppo di prodotti e servizi innovativi (vedasi: *VoC: Voice of Customer*). L'impresa innovativa deve essere capace di coinvolgere l'utente (il cliente, il cittadino, ma anche il proprio dipendente, a seconda dei casi) a diversi livelli. Il coinvolgimento in genere è massimo nel livello iniziale, dove i bisogni, desideri, commenti, possono contribuire ad indirizzare le attività e definire gli obiettivi.

- **Innovazione 'Market-driven'**

Questa modalità può affiancare la precedente, caratterizzandosi per l'analisi massiva di dati (*Big Data Analytics*) che gioca un ruolo centrale nell'interpretare le tendenze dei mercati, o aprire nuovi mercati. Questi possono essere di tipo geografico, inteso come nuove regioni che, ad esempio grazie all'abbassamento dei dazi, possono essere raggiunte con prodotti esistenti, ma che richiedono tecniche di marketing nuove. Caso diverso è quando viene 'creato' un nuovo mercato in un'area in cui l'impresa è già operativa. Questa modalità di fatto si poggia su altre modalità già viste, ad esempio sull'innovazione di prodotto, e su strategie particolari, quali quella detta '*Blue Ocean*' [11].

- **Innovazione 'technology-driven'**

Questo approccio all'innovazione sta assumendo negli ultimi decenni un'importanza strategica fondamentale. I continui avanzamenti della tecnologia, in particolare quella ICT, offre notevoli opportunità di innovazione in tutti i tipi indicate nella Sezione 2. Nel recente periodo, gli *smartphone* e il *mobile computing* hanno creato notevoli opportunità di innovazione nei prodotti, nei processi e nell'organizzazione aziendale. Nel funzionamento dell'azienda anche il *cloud computing* sta dispiegando un notevole impatto, e i *Big Data* stanno rivoluzionando le tecniche di marketing. Ma le tecnologie ICT hanno un ruolo essenziale anche nella creazione di una nuova generazione prodotti, ad esempio basati sull'integrazione bene-servizio (detta *Servitization* [12]).

Quanto presentato rappresenta la base metodologica utilizzata nello sviluppo di *BIVEE*, senza però che questo venisse vincolato ad un approccio specifico. Al contrario si è optato per una soluzione sufficientemente flessibile da consentire agli innovatori di decidere quale modalità prevalente adottare, consentendo al contempo l'inclusione in varia di altre modalità. Nella prossima sezione verranno illustrate le linee principali del progetto europeo *BIVEE* concepito per coprire le due fasi centrali del ciclo di vita dell'innovazione: sviluppo e conclusione. *BIVEE*, concepito per supportare l'innovazione delle PMI in rete, è stato realizzato con un'impostazione sufficientemente generale da poter essere applicata ad un gran numero di casi e settori aziendali, come dimostrato dalle applicazioni pilota realizzate.

3. Il Framework BIVEE

Il progetto *BIVEE* è partito dall'idea che l'innovazione, un'attività *people-centric* nelle sue finalità, e *brain-intensive* nella sua essenza, consiste nel creare nuova conoscenza, da utilizzarsi nel concreto per migliorare la realtà (produttiva, ma non solo). *BIVEE* si basa sulla creazione di un Ecosistema Aperto per l'Innovazione (*Open Innovation Ecosystem: OIE*), uno spazio produttivo pensato per le PMI (che rappresentano una realtà produttiva altamente frammentata), sicuro e attrezzato con un framework integrato⁶ finalizzato ad aumentarne la capacità di collaborare nell'innovazione in rete.

Detto framework include un ambiente software distribuito, con una gestione condivisa della conoscenza, che supporta nuovi metodi di management, stili di lavoro cooperativo, basati su infrastrutture evolute di cooperazione, ambienti di stimolo alla creatività, linee guida e buone pratiche, metodologie di monitoraggio dell'innovazione, il tutto implementato in una suite di piattaforme ICT appositamente sviluppate.

Oltre alle imprese, un *OIE* è concepito per accogliere anche le altre realtà socio-economiche: *Ricerca, Pubblica Amministrazione, Società Civile*, che insieme formano la '*Quadrupla Elica*' indicata dalla Commissione Europea (si veda l'*Open Innovation Strategy and Policy Group: OISPG* [13]).

Quando viene avviato un nuovo progetto, le imprese interessate creano una *Virtual Innovation Factory (VIF)*, un'impresa virtuale espressamente concepita per le attività d'innovazione. Viene quindi definito un primo piano di lavoro (rappresentato in una *Innovation Map*), attraverso la collaborazione tra le organizzazioni che partecipano alla *VIF*.

Come anticipato, *BIVEE* ha una prospettiva '*knowledge-centric*': l'innovazione viene vista essenzialmente come un processo di costruzione di un 'artefatto cognitivo' detto *InnoBoK (Innovation Body of Knowledge)* e la *VIF* è quindi la fabbrica virtuale dedicata alla produzione di detto *InnoBoK*. In questa ottica, i piani di produzione della *VIF* saranno guidati da una sorta di 'distinta base cognitiva', cioè un insieme di conoscenze di base, e un piano di acquisizione/produzione di ulteriori conoscenze necessarie a creare le diverse parti, chiamate *Innovation Knowledge Artefact (IKA)*, che vanno a comporre l'*InnoBoK* finale. La gestione della conoscenza, e del lavoro in genere, si basa su un approccio centrato su strutture documentali: il paradigma del documento si è dimostrato di facile utilizzo nella collaborazione tra utenti (in genere remoti) e nell'interazione di questi con la piattaforma *BIVEE*.

3.1 La metodologia di BIVEE

Un progetto di innovazione prende forma a partire da un'idea iniziale, scaturita da creatività e intuizione, seguita da attività volte a consolidare detta idea, raccogliendo informazioni, studiando lo scenario di business e la fattibilità (tecnica, organizzativa, finanziaria, etc.). Successivamente, le attività sono

⁶ Col termine 'framework integrato', in accordo con *BIVEE*, si intende l'insieme di metodi, servizi, linee guida e buone pratiche, repository di dati e conoscenze, strumenti software, il tutto integrato in una piattaforma software.

orientate a sviluppare la nuova soluzione, affrontando nei dettagli vari aspetti, come la progettazione, l'ingegnerizzazione, gli aspetti finanziari e quelli di mercato. Nella *VIF* operano quindi vari team (tipicamente virtuali) che collaborano e interagiscono per mezzo di piattaforme di comunicazione, condividendo repository di dati e conoscenze. Questi supportano il continuo scambio di idee, commenti e suggerimenti, documenti di design, *mock-up*, specifiche di progetto, ma anche dati quantitativi e i risultati di simulazioni.

Un altro aspetto che caratterizza un progetto di innovazione è l'incertezza e i rischi che esso implica, includendo anche una probabilità non trascurabile di fallimento. Quindi *BIVEE* offre servizi importanti di monitoraggio e valutazione dell'andamento dei lavori, per identificare precocemente possibili criticità e, in caso, fornire elementi per avviare azioni correttive. Altro aspetto fondamentale è quello dell'impatto che l'adozione di una soluzione innovativa (specie se radicale) avrà sul sistema produttivo che la accoglie. L'adozione di una soluzione innovativa richiede una gestione attenta di quanto dovrà essere cambiato, con l'introduzione delle nuove soluzioni, e dell'eliminazione di quanto dovrà essere dismesso.

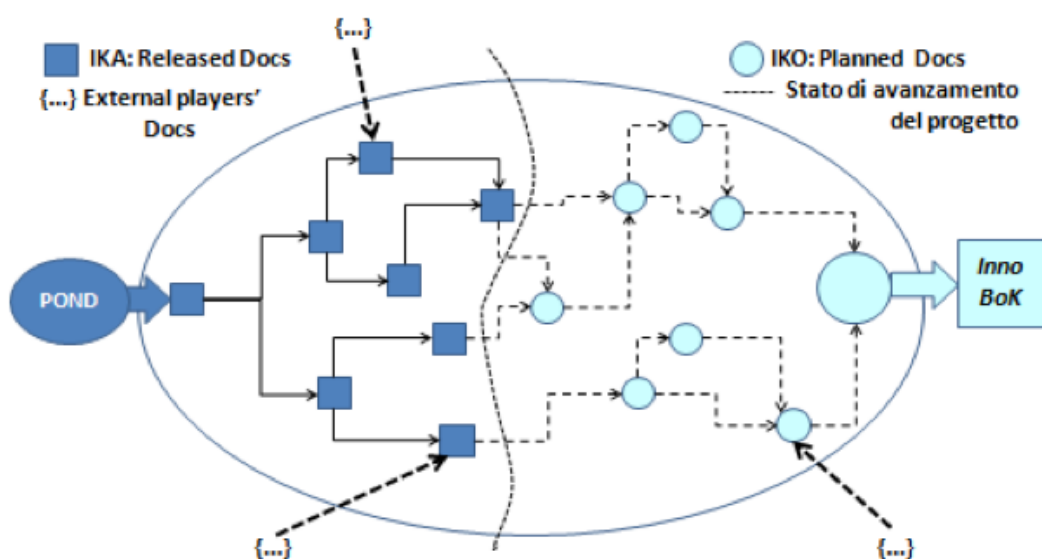


Figura 1 Open Innovation Space

Come detto, il framework *BIVEE* si basa sull'idea della *Virtual Innovation Factory* le cui attività poggiano su 5 'pilastri metodologici'.

- (i) **Open Innovation Space**, è lo spazio virtuale in cui opera la *VIF*, creato all'interno dell'*Open Innovation Ecosystem* quando viene avviato un progetto di innovazione.

(ii) **Value Reference Model (VRM):** un modello di architettura d'impresa [14] adatto ad essere utilizzato nelle reti d'impresa. E' stato rivisitato nella prospettiva della fabbrica dell'innovazione.

(iii) **Innovation Wave:** quattro stadi 'liquidi' lungo i quali evolve un progetto di innovazione. Sono quattro le 'onde' che verranno illustrate in maggior dettaglio nel seguito.

(iv) **InnoBoK Pattern:** un metodo di creazione e organizzazione della conoscenza basata su schemi di documenti, definiti utilizzando lo standard *UBL (Universal Business Language)* [15]. La produzione della conoscenza d'innovazione da un punto di vista utente consiste nel generare le istanze di detti schemi. Ogni progetto può ampliare l'insieme degli schemi offerti da *BIVEE*, utilizzando uno strumento fornito appositamente (*eDoCreator* [16]).

(v) **InnoKPI Monitoring:** la strategia di monitoraggio basata su *Key Performance Indicator (KPI)* accuratamente selezionati. Si tratta di un insieme di *KPI (KPIOnto)* definiti attraverso un linguaggio di specifica rigoroso. Questo è disponibile anche per l'utente finale (con opportuna interfaccia), sia per l'ispezione dei *KPI* predefiniti che per espandere la *KPIOnto* introducendo nuovi *KPI* sulla base di esigenze specifiche del progetto.

I dettagli dei punti (ii), (iv) e (v) possono essere trovati in [17], qui sotto riassumiamo alcuni aspetti salienti relativi all'*Open Innovation Space*, seguito dalle *Innovation Wave*.

3.2 BIVEE Open Innovation Space

Come anzidetto, nell'attivare un progetto di innovazione i partner iniziano creando una *VIF (Virtual Innovation Factory)* e quindi un *OIS (Open Innovation Space)* nel quale la *VIF* comincia ad operare. Un *OIS* è caratterizzato da uno schema operativo (*Innovation Map*), pensato per guidare la *VIF* nella costruzione dell'innovazione, cioè dell'*InnoBoK*. L'*Innovation Map* è un diagramma dove i nodi rappresentano le unità di conoscenza (*IKA: Innovation Knowledge Artifact*) e gli archi rappresentano le dipendenze, sia temporali che contenutistiche, tra i nodi. Oltre agli *IKA*, ci sono i nodi che rappresentano unità di conoscenza programmate ma non ancora realizzate, queste vengono dette: *IKO (Innovation Knowledge Objective)*. Nel percorrere i cammini dell'*Innovation Map*, gli *IKA* prodotti contribuiscono alla creazione dell'*InnoBoK*, aggiungendo progressivamente le conoscenze necessarie a completare il progetto.

In pratica, alla sua costituzione, una *Innovation Map* contiene solo nodi di tipo *IKO* che verranno trasformati in nodi *IKA* mano a mano che i lavori procedono. Entrambi i tipi di nodi, *IKA* e *IKO*, prendono la forma 'user friendly' di documenti, di facile utilizzo da parte degli utenti. Più esattamente, gli *IKO* sono schemi di documenti che, una volta istanziati (cioè riempiti con contenuti specifici) diventano *IKA*. Nella *Innovation Map* è possibile tracciare una frontiera ideale (vedasi figura) che rappresenta la linea di avanzamento del progetto e divide lo spazio in due regioni caratterizzate da simboli diversi nel diagramma. Detta

frontiera separa quanto già fatto (nodi quadrati *IKA*) da quanto ancora rimane da fare, (nodi circolari *IKO*). Il diagramma è completato dalle informazioni relative ai team responsabili dei diversi *IKA/IKO*, dai tempi, budget, etc.

Si noti che questa rappresentazione diagrammatica si differenzia da un *Business Process* tradizionale (es. basato su *BPMN*), dove i nodi raffigurano le attività e gli archi la relazione di precedenza. La scelta di non indicare le attività nasce dall'esigenza di consentire agli innovatori la massima libertà di scegliere, dato un obiettivo (cioè la produzione di un dato *knowledge artefact*), come organizzarsi e lavorare per ottenerlo. Altra differenza principale rispetto ad altri modi di modellare un progetto è la separazione delle due regioni: una regione ben definita, che rappresenta quanto è stato già realizzato, ed una regione a crescente incertezza, che rappresenta lo sviluppo futuro del progetto. Questa seconda regione viene definita con una precisione decrescente mano a mano che ci si sposta in avanti nel tempo. La *Innovation Map* è quindi una struttura altamente dinamica, al punto che alcuni nodi circolari (cioè *IKO* previsti in futuro) potrebbero cambiare natura, contenuti, oppure scomparire del tutto, mentre altri non previsti inizialmente possono essere introdotti sulla base dell'evoluzione del progetto e dei risultati via via ottenuti. E ancora può nascere la necessità di iterazioni all'indietro, tornando su un *IKA* rilasciato per modificarlo alla luce di nuovi risultati (es. una sperimentazione può indurre modifiche tecniche che richiedono una revisione dello studio di fattibilità precedentemente elaborato).

Si noti infine che l'approccio fortemente *document-based*, impatta anche sul metodo di monitoraggio del progetto. Questo avviene analizzando i documenti prodotti (*IKA*: quantità e qualità) e numero e peso di quelli ancora da produrre (*IKO*); questi ultimi danno la misura della conoscenza che ancora manca e quindi del lavoro necessario per completare il progetto.

3.3 BIVEE Innovation Waves

Gli obiettivi della *Innovation Map*, con i suoi nodi ed archi, vengono ulteriormente organizzati sulla base delle '4 Onde' di *BIVEE*: *Creatività*, *Fattibilità*, *Prototipazione* e *Ingegnerizzazione*. L'idea di 'onda', un'entità liquida e con i contorni poco definiti, si contrappone a quella di 'fase' (o *task*, *workpackage*) tipica del Project Management tradizionale, dove le attività sono ben definite, così come ogni altro elemento del progetto. Come anticipato, lo spirito della proposta *BIVEE* intende garantire l'inventiva, la fantasia e la creatività che rappresentano i fattori essenziali dell'innovazione. Questi richiedono ampi spazi (intellettuali) di manovra, piuttosto che regole predefinite che rischiano di limitarne la libertà. Tuttavia è possibile identificare alcuni schemi 'fluidi' che possono essere un riferimento per gli innovatori e proporre alcune linee guida ad essi collegate. Quello che viene qui descritto intende essere un quadro di riferimento ad alto livello, concepito per lasciare ad altri livelli la libertà di esprimere le soluzioni più creative, nelle forme che i team di innovazione riterranno più opportune.

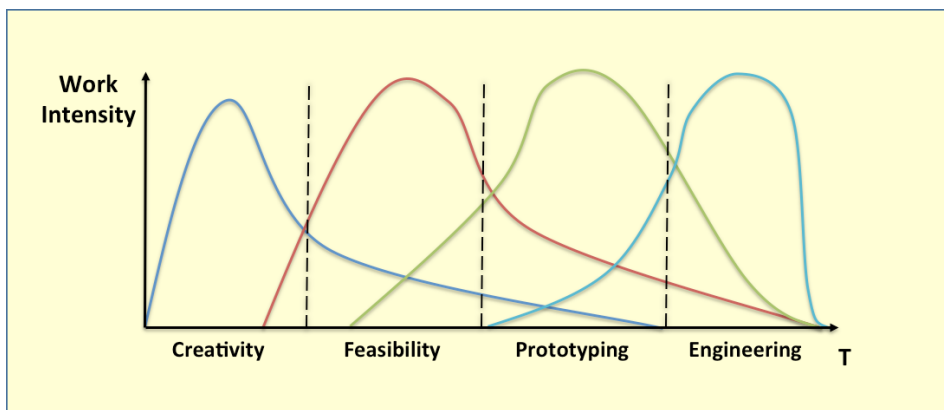


Figura 2 BIVEE Innovation Waves
 (From: 'Enterprise Innovation: from Creativity to Engineering, M.Missikoff, M.Canducci, N.Maiden (Eds.), Wiley, 2015)

Le 4 onde di *BIVEE*, sulla base delle quali vengono organizzate e raggruppate le strutture documentali (*IKO*) da produrre, sono descritte brevemente di seguito.

- **Creatività**

La prima onda parte da una motivazione e un'idea, secondo il citato approccio *POND*, ed ha l'obiettivo di fornire una prima specifica dell'idea iniziale. Se questa si rivela interessante, viene creato un primo team esplorativo che la elabora, alla ricerca di idee simili, esperienze precedenti (compresi i fallimenti passati), esplorandone le potenzialità. Se l'idea appare valida, viene creata una *VIF*, dotata delle risorse iniziali provenienti da diverse imprese reali, e lo spazio *OIS* con l'*Innovation Map*.

- **Fattibilità**

Questa onda viene attivata quando l'idea iniziale è sufficientemente specificata, con la sua struttura, le funzionalità, la portata e l'impatto previsto; tutto questo necessita dell'approvazione del management. Quindi si procede con la descrizione della soluzione innovativa e la produzione dei documenti di fattibilità (ad esempio, fattibilità tecnica, finanziaria, industriale, di mercato), il *business plan* con l'analisi dei rischi, le possibilità di brevetto, etc. Elemento importante è l'analisi della sostenibilità: sociale e ambientale (oltre che economica). Questa onda si conclude con la produzione dei rapporti di fattibilità, un progetto preliminare, e la ridefinizione della *Innovation Map* relativamente alle onde successive. Qui vi è una verifica approfondita da parte del management, per concordare tempi e allocazione di risorse all'onda successiva.

- **Prototipazione**

Questa onda inizia con l'elaborazione del progetto esecutivo e si conclude con la prima implementazione dell'idea iniziale. Le attività includono anche simulazioni e numerosi test (in laboratorio, nonché sul campo) con la produzione dei relativi documenti. Questa è l'onda in cui l'innovazione è concretamente proiettata nel mondo reale, confrontandosi con le

problematiche legate all'attuazione pratica. La documentazione prodotta continua ad arricchire l'*InnoBoK*, e viene utilizzata per il terzo *Major Assessment* da parte del management, supportato anche dagli strumenti di monitoring basati su KPI, al fine di decidere il finanziamento del progetto per l'ultima onda.

- **Ingegnerizzazione**

Questa è l'onda finale che, dopo aver raccolto i dati del prototipo, procede per l'industrializzazione della nuova soluzione. Essa richiede una rivisitazione del prototipo nell'ottica di una sua messa in produzione. In particolare, viene generata la documentazione da trasmettere alla produzione industriale (o all'esercizio, se si tratta di processo), che include il modello di business, i cambiamenti richiesti alla produzione, l'aggiornamento del *business plan* con le previsioni di bilancio (costi e ricavi), il punto di pareggio. Nel caso di un nuovo prodotto, vengono inclusi documenti quali la distinta base (*Bill of Material*) e i piani di produzione (*Master Production Plan*), analisi di mercato e la strategia di marketing (particolarmente rilevante se si tratta di un prodotto 'consumer'), eventuale manuale d'istruzioni e le procedure di set-up, test e manutenzione.

Come detto nella sezione precedente, il ciclo di vita dell'innovazione non finisce qui, ma deve affrontare l'ultima fase, quella dell'assorbimento da parte della realtà produttiva. Questa fase decisamente critica esula tuttavia dalla presente trattazione.

4. La piattaforma BIVEE

Nella sezione precedente sono stati illustrati i principali elementi metodologici su cui si basa *BIVEE*, in questa sezione viene illustrata l'architettura logica dell'ambiente software realizzato nel progetto.

L'Ambiente Software *BIVEE*, sviluppato con un approccio *SOA* (*Service Oriented Architecture*), è in grado di supportare le attività di una *VIF* e offrire tutti i servizi richiesti per attuare la metodologia descritta. Detti servizi sono distribuiti su tre livelli. (i) *Livello superiore*, orientato a fornire un'interfaccia utente intuitiva e facile da usare, in particolare per ciò che concerne la collaborazione e il *Decision Making* distribuito, nonché l'accesso al repository condiviso delle conoscenze. (ii) *Livello centrale* che offre i servizi concepiti a partire dalla metodologia *BIVEE*, ed in particolare per la cooperazione remota, il monitoring dell'avanzamento dei lavori e la gestione semantica della conoscenza con l'*Innovation Knowledge Repository (IKR)*. (iii) *Livello inferiore*, dove si collocano i servizi di utilità e quelli concepiti per la gestione dei dati di base, raccolti (in formato nativo) dai sistemi informativi locali alle singole PMI e dai diversi team di innovazione, e opportunamente trasformati per garantire l'interoperabilità e quindi una vista uniforme per l'utente finale.

4.1 Architettura logica di BIVEE

I tre livelli introdotti ospitano 5 sotto-sistemi brevemente descritti qui di seguito e riportati nella figura 3.

- **Virtual Innovation Factory System** (Sistema di supporto alla Fabbrica Virtuale dell'Innovazione).
Implementa la metafora della fabbrica virtuale dell'innovazione, e la relativa interfaccia utente, attraverso la quale avvengono tutte le possibili interazione con i diversi servizi di BIVEE (salvo quelli di amministrazione dei singoli sottosistemi che avvengono con interfacce dedicate). Questo sottosistema, caratterizzato da un'architettura aperta, può integrare moduli di terze parti utili alle attività di innovazione, come ad esempio una piattaforma di simulazione o di *Big Data Analytics*. Ogni volta che un progetto di innovazione viene avviato, si crea la corrispondente istanza di VIF, dove i partner coinvolti, dotati delle credenziali necessarie, iniziano a collaborare. Un'interfaccia particolarmente importante è quella di accesso allo spazio virtuale di collaborazione e la Lavagna Semantica Condivisa (*Shared Semantic Whiteboard*).
- **Collaborative Innovation Monitoring and Management** (Gestione e controllo collaborativo del progetto di innovazione)
Questo è il sottosistema di gestione del progetto di innovazione. Come anticipato, questo modulo opera in accordo con la filosofia BIVEE, in particolare monitorando le attività delle *innovation wave* attraverso l'analisi della produzione di IKA e un insieme di indicatori di prestazioni (*Key Performance Indicator: KPI*) appositamente concepiti. Tali KPI sono formalmente definiti dall'ontologia dei KPI (*KPIOnto*) dove vengono eventualmente forniti modi alternativi per il loro calcolo. Questo consente di calcolare un KPI a partire da dati disomogenei prodotti dalle diverse PMI (esempio, costo di produzione considerato a partire da diverse componenti, quali materie prime, trasporto, stoccaggio, utilizzo macchinari, mano d'opera, etc., aggregate con granularità diversa).
- **Innovation Knowledge Repository** (Archivio della conoscenza d'innovazione)
Questo sottosistema rappresenta il fulcro della visione *knowledge-centric* di BIVEE, essendo dedicato alla gestione delle diverse forme di conoscenza prodotte e utilizzate in un progetto di innovazione. Un primo modulo dell'IKR è l'osservatorio aperto dell'innovazione (*OIO: Open Innovation Observatory*) organizzato in diverse sezioni, che vanno dagli *InnoBoK* dei precedenti progetti ai risultati scientifici del settore, ai riferimenti ai centri di eccellenza della ricerca internazionale, ai progetti esterni di potenziale interesse. IKR gestisce le ontologie, in particolare: (i) *DocOnto*, ontologia degli schemi dei documenti che devono essere prodotti (*IKO*) durante il progetto; (ii) *ProcOnto*, ontologia degli schemi di processi e *best practice* attivabili nelle diverse onde del progetto; (iii) *KPIOnto*, ontologia degli indicatori strategici di prestazione, necessaria per l'interoperabilità di dati e informazioni provenienti da sorgenti eterogenee (le diverse PMI). L'IKR contiene anche i dati fattuali delle

aziende che operano nell'ecosistema, e l'anagrafica degli esperti e delle società di consulenza esterne. I contenuti dell'*IKR* sono in parte aggiornati (ad esempio i rapporti tecnici interni o l'anagrafica degli esperti) e in parte virtuali (ad esempio, i riferimenti a lavori scientifici rilevanti accessibili via web), in quanto si tende a non replicare conoscenza facilmente accessibile via Internet.

- **Open Collaborative Space for Creativity and Innovation** (Spazio Collaborativo per la creatività e l'innovazione)

Questo è uno spazio virtuale dove coloro che collaborano all'innovazione possono incontrarsi, scambiare informazioni, commentare, collaborare (sia in modo sincrono che asincrono) nello sviluppo del *InnoBoK*, cioè nel raccogliere, organizzare, integrare le diverse parti della conoscenza di progetto. Accanto ai servizi tipici di una piattaforma collaborativa (tipo *BCSW*⁷ oppure, ad un livello più generale, *Google+*), un servizio strategico è offerto dalla Lavagna Semantica Condivisa (*Shared Semantic Whiteboard: SSW*). Questa consente forme di collaborazione remote e informali, sincrone e asincrone, ad esempio tracciando disegni e grafici, applicando 'post-it', immagini, etc. Questi 'frammenti di conoscenza', resi immediatamente visibili e manipolabile da tutti gli utenti remoti, vengono analizzati semanticamente dall'*IKR* e messi in relazione tra loro, collegandoli alle risorse rilevanti memorizzate. Ad esempio, analizzando il testo riportato in un post-it l'*IKR* ne identifica i concetti essenziali per accedere al repository alle risorse (articoli, manuali, rapporti di progetto, libri, etc.) utili al lavoro in corso.

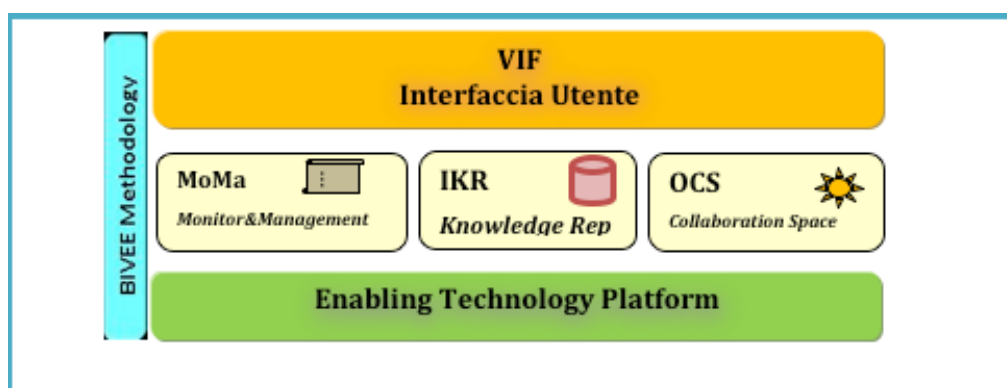


Figura 3 La macro-architettura di BIVEE

- **Enabling Services Platform** (Piattaforma Servizi Abilitanti)

Questa piattaforma, posizionata al livello più basso, fornisce tutti i servizi di base per consentire ai diversi sottosistemi di collaborare. Inoltre essa contiene il sottosistema *Raw Data Manager (RDM)* che offre i servizi necessari all'acquisizione e gestione (con opportuna riconciliazione) dei flussi di dati provenienti dalle diverse PMI che collaborano nella *VIF*.

⁷ <https://bscw.de/english/index.html>

5. Conclusioni

L'innovazione rappresenta uno dei principali fattori di competitività per le imprese e di crescita per il sistema economico, e per il Paese nel suo complesso. In questo articolo abbiamo fornito alcuni elementi per contribuire ad una migliore comprensione del tema dell'innovazione d'impresa. La prima parte ha introdotto alcuni aspetti di natura più metodologica, con l'intento di fornire una visione articolata dell'innovazione, che si basa su contributi provenienti da discipline molto diverse, che vanno dall'economia all'ingegneria, dalla creatività alla gestione della conoscenza, dal management al marketing. La seconda parte si è focalizzata su un'esperienza concreta di realizzazione, nell'ambito del progetto europeo BIVEE, di un framework integrato di supporto all'innovazione nelle PMI. Detto framework, che si articola in una metodologia e un ambiente software, è stato sperimentato in due casi 'pilota' posizionati ai due estremi della 'scala tecnologica': il primo caso ha riguardato un gruppo industriale *hi-tech*, Loccioni - General Impianti, che opera nel settore dell'automazione industriale. Il secondo caso ha interessato AIDIMA, l'Istituto Tecnologico del Mobile che raccoglie in Spagna più di 500 PMI e promuove la ricerca e innovazione nel settore. I due casi sono stati accuratamente selezionati per poter validare *BIVEE* in contesti molto diversi. I risultati ottenuti hanno confermato la possibilità di applicare *BIVEE* in settori industriali molto diversi. Entrambe le esperienze sono state molto istruttive. Soprattutto quella spagnola, dove siamo entrati in contatto con una realtà produttiva diffusa di PMI nel settore del mobile, dove abbiamo riscontrato forti carenze sia di infrastrutture ICT ma soprattutto di cultura digitale. La situazione delle PMI italiane, in questo ma anche in molti altri settori manifatturieri, appare molto simile. Appare pertanto chiaro che qualunque intervento per migliorare le capacità di innovazione delle PMI richiede un intervento sinergico su almeno altri due fronti: da un lato la promozione diffusa della cultura digitale, e dall'altro la creazione di ecosistemi, cioè un tessuto connettivale dove possano circolare fluidamente conoscenze e opportunità di collaborazione, attraverso modelli organizzativi innovativi e piattaforme digitali flessibili e di facile utilizzo.

I risultati illustrati in questo articolo non rappresentano un punto di arrivo, bensì un punto di partenza: è necessario proseguire il cammino intrapreso in diverse direzioni. Una è quella della ulteriore sperimentazione del framework BIVEE, per consolidare e ampliare i servizi offerti (ad esempio con il *Gaming* per rafforzare l'onda *Creatività*), inclusa una migliore gestione della personalizzazione della piattaforma. Una seconda direzione è sicuramente quella della cultura dell'innovazione. Questa deve essere promossa con decisione, intervenendo sull'uso dell'ICT, e in sinergia sui modelli organizzativi e sul capitale umano a diversi livelli, dagli stili di management alla formazione del personale, agli strumenti di comunicazione e collaborazione (qui non si tratta di sviluppare nuovi strumenti ICT, ma di utilizzare quanto esiste in modo diverso). Infine, è importante che per l'innovazione possa progressivamente consolidarsi una base scientifica rigorosa. A tal fine, è necessario pensare ad una Scienza dell'Innovazione, come un'area scientifico-culturale di tipo multidisciplinare, dove diverse discipline (dalla Management Science alla Organization Science,

dall'ICT al Decision Making, ai Big Data, alla Simulazione, ma anche scienze cognitive, arte, filosofia, gaming, storytelling, ...) possano concorrere in modo convergente per detto obiettivo.

L'esperienza fatta ci ha consentito di capire meglio alcune problematiche di tipo generale legate all'innovazione d'impresa, in particolare il rischio insito nell'adozione di un approccio troppo *technology-driven*, cioè l'idea che buone soluzioni tecniche siano 'automaticamente' in grado di indurre buona innovazione, con comportamenti e pratiche virtuose, migliorando il modo di operare, di prendere decisioni, di collaborare. E' probabilmente cosa nota, ma abbiamo avuto un'ulteriore prova che, quando abbiamo a che fare con sistemi socio-tecnici, come il Framework *BIVEE*, la componente sociale ricopre un ruolo assolutamente centrale.

Ringraziamenti.

L'autore desidera ringraziare i partner del progetto europeo BIVEE, in particolare i partner italiani: Engineering, per il coordinamento di progetto e il RDM, l'Università Politecnica delle Marche, per il coordinamento scientifico e il lavoro sul monitoraggio e i KPI, il CNR, per il lavoro sul IKR e il knowledge management; e i partner europei: BIBA (Germania), per le metodologie di business, ATOS (Spagna), per il lavoro sulla VIF, BOC (Austria), per il lavoro sul miglioramento continuo, ISRDS (Turchia), per il coordinamento della sperimentazione, Gruppo Luccioni (Italia), per la sperimentazione nel settore hi-tech e la comunicazione, AIDIMA (Spagna), per la sperimentazione in un settore a bassa intensità tecnologica. Si desidera infine ringraziare il Project Officer, Danuta Seredynska, e i revisori del progetto, Silvia Fernandez Postigo, Raphael Giesecke, e Robert Meersman, per l'attenzione continua e le osservazioni costruttive al lavoro svolto.

Bibliografia

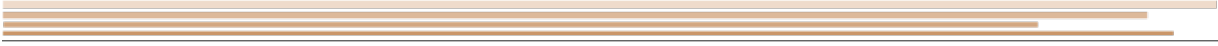
- [1] Missikoff, M. (2012). "Il futuro dei sistemi d'impresa". *Mondo Digitale*, 41, 1 – 28.
- [2] Agedal, J.O., Milosevic, Z., Wood, A. (1999). "Modelling virtual enterprises and the character of their interactions"; in *Research Issues on Data Engineering, Information Technology for Virtual Enterprises, RIDE-VE '99*.
- [3] Chapain, C., Cooke, P., De Propriis, L., MacNeill, S. and Mateos-Garcia, J. (2010). "Creative clusters and innovation." *Rapporto NESTA* (accessibile: https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/creative_clusters_and_innovation.pdf)
- [4] "Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data", 3rd Edition (2005). *Pubblicazione OCSE*. (Accessibile: http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual_9789264013100-en)
- [5] Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010). "Business Model Generation." Wiley.

- [6] Hwang, V. H., Horowitz, G. (2012). "The Rainforest - The Secret to Building the Next Silicon Valley." Regenwald Publisher.
- [7] Paton, R. A., McCalman, J. (2008) "Change Management: A Guide to Effective Implementation." SAGE Publisher.
- [8] Chesbrough, H.W. (2003). "Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology." Boston: Harvard Business School Press.
- [9] Morris, L. (2006). "Permanent Innovation." Testo disponibile al seguente indirizzo: <http://www.innovationlabs.com/PermlInnovation.pdf>
- [10] Scofield, D. M. (2011). "Serendipitous Innovation." *Forbes*, 23 August 2011. (Accessibile: <http://www.forbes.com/sites/work-in-progress/2011/08/23/serendipitous-innovation/>)
- [11] Chan Kim, W., Mauborgne, R. (2015). "Blue Ocean Strategy." *Harvard Business Review Press*, New York.
- [12] Merli, G. (2008). "Servitization": il servizio come leva di vantaggio competitivo. *IBM Global Business Services*. (Accessibile: http://www.confindustriasi.it/files/File/Documenti/Segnalazioni/MERLI_modena08.pdf)
- [13] "Open Innovation 2.0" (2013). Una pubblicazione della *Commissione Europea*. (Accessibile: www.kowi.de/Portaldata/2/Resourcen/fp7/coop/2013-FP7-open-innovation.pdf)
- [14] Kaplinsky R., Morris, M. (2003). "A Handbook for Value Chain Research." *International Development Research Centre: IDRC*. (Accessibile: www.ids.ac.uk/ids/global/pdfs/VchNov01.pdf)
- [14] Volkan Basar, R., Sinaci, A. A., Smith, Taglino, F. (2013). "Semantic UBL-like documents for innovation." *Atti del Workshop NGEBS'13* [16], Thessaloniki, giugno 2013 (accessibile: <http://ceur-ws.org/Vol-1006/paper7.pdf>)
- [15] OASIS UBL TC (2006), "Universal Business Language v2.0". (Accessibile: <http://docs.oasis-open.org/ubl/os-UBL-2.0/UBL-2.0.pdf>)
- [16] *Next Generation Enterprise and Business Innovation Systems Workshops* 2012, 2013, 2014. Atti pubblicati elettronicamente. NGEBS'12: <http://ceur-ws.org/Vol-864/>, NGEBS'13: <http://ceur-ws.org/Vol-1006/>.
- [17] Missikoff, M., Canducci, M., Maiden, N. (Eds.) (2015). *Enterprise Innovation: From Creativity to Engineering*. Wiley-ISTE.
- [18] M. Peltoniemi, E. Vuori (2004). Business ecosystem as the new approach to complex adaptive business environments. Proceedings of eBusiness Research Forum.

Biografia

Michele Missikoff. Docente di Sistemi Informativi Aziendali presso l'Università Internazionale degli Studi di Roma, già Direttore di Ricerca presso il CNR, Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica, oggi Associato alla Ricerca presso l'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione. Consigliere Direttivo Centrale dell'AICA, già Presidente della Sezione di Roma. Ha collaborato per 20 anni con la Commissione Europea, prima nell'area eGovernment e poi nell'eBusiness e Fabbrica del Futuro, coordinando task force e partecipando a gruppi di studio. E' stato valutatore e revisore per vari progetti europei, prevalentemente FP6 e FP7. Ha promosso, coordinato e partecipato attivamente a più di 20 progetti nazionali e internazionali. Nell'attività scientifica si è occupato di sistemi informativi, ontologie e gestione della conoscenza, in particolare applicate all'innovazione d'impresa, pubblicando più di 150 articoli, capitoli di libri e monografie.

Email: michele.missikoff@iasi.cnr.it



Il sistema delle competenze e la Trasformazione Digitale di INAIL

Flavio Nicola Iodice - Roberto Bellini

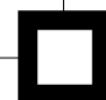
Sommario

L'INAIL, Istituto Nazionale per l'Assicurazione degli Infortuni sul Lavoro, ha avviato un ambizioso piano di trasformazione digitale che impatta in maniera significativa anche sulle competenze digitali del personale della struttura informatica, funzione ormai integrata con quella di gestione dell'Organizzazione. Il cambiamento viene gestito anche attraverso un piano di formazione sviluppato adottando come riferimento la cornice dello standard e-CFplus, versione arricchita dello standard europeo e-CF sviluppato da AICA.

Abstract

INAIL, the Italian workers' Compensation Authority, has embarked on an ambitious plan of digital transformation that impacts significantly on the digital skills of the of the IT department's staff; the IT function is now integrated with the organization management. Such a change has also been managed through a training plan developed assuming as a reference frame the standard e- CFplus, enriched version of the European standard e – CF, developed by AICA .

Keywords: Digital Transformation, Digital Skills, Change Management, Competence Framework, Training, Planning



1. Introduzione

Sebbene i servizi IT della pubblica amministrazione non abbiano il rischioso compito di avanguardia alle frontiere della tecnologia, sicuramente devono usare al meglio le tecnologie consolidate utilizzando efficientemente le risorse affidate per il buon funzionamento del paese. In questo quadro, le competenze digitali del personale interno ed esterno assolvono un ruolo decisivo.

Ma come impostarle, misurarle, confrontarle, migliorarle? Un'importanza decisiva al riguardo può avere l'adozione di una cornice di riferimento condivisa, che consenta di inquadrare lo stato delle conoscenze, le azioni da compiere, i successi e, perché no, i fallimenti in una cornice dotata di significati condivisi con le altre organizzazioni.

La Direzione Centrale per l'Organizzazione Digitale (DCOD) di INAIL, struttura deputata all'evoluzione ed alla gestione del sistema tecnico / organizzativo dell'Istituto, rappresenta un caso concreto di applicazione del nuovo standard e-CF (e-Competence Framework, adottato come NORMA UNI [1]). E' ormai in fase conclusiva il progetto con il quale la struttura ha messo a fuoco gli obiettivi e i percorsi formativi delle proprie risorse specialistiche per sostenere la Trasformazione da organizzazione funzionale a organizzazione digitale.

INAIL è impegnato in una ambiziosa strategia di trasformazione digitale, mirante ad adeguare il servizio erogato agli standard più elevati, adottando al contempo un modello sostenibile anche con la diminuzione del personale dell'Istituto prevista per i prossimi anni. Questo momento di profonda trasformazione trova indubbiamente un ostacolo nel fatto che la diminuzione delle risorse umane riguarda anche la struttura informatica centrale, il cui personale è diminuito del 26% negli ultimi 7 anni e subirà un calo della stessa percentuale nei prossimi 5 anni. La coerenza del programma complessivo deriva dal prevedere una radicale mutazione nella funzione e distribuzione del personale informatico [2]: le competenze di pianificazione e governo (plan, enable, manage) del sistema informatico diventeranno prevalenti, le competenze necessarie per la realizzazione dei sistemi (build) resteranno grossomodo costanti mentre quelle richieste per l'esercizio dei sistemi (operate) diventeranno gradualmente prossime allo zero, prefigurando una gestione del sistema tecnologico pressoché totalmente tramite risorse esterne. Dal punto di vista quantitativo il contributo delle risorse esterne diventerebbe quindi preponderante, mentre le risorse interne si concentreranno sempre di più sulla guida dello sviluppo e sulla pianificazione e governo del sistema.

La sfida assunta con la strategia di trasformazione digitale dovrà quindi confrontarsi con un cambiamento profondo dei comportamenti operativi della struttura organizzativa di presidio del governo e della gestione del sistema informatico.

La Direzione di INAIL ha scelto di sviluppare un intervento di formazione generalizzato per tutti gli addetti specialisti, in grado di assicurare il possesso delle competenze necessarie al personale DCOD per guidare il cambiamento. La scelta metodologica è stata quella di disegnare prima i nuovi uffici sulla base delle esigenze organizzative e, poi, di rilevare le competenze necessarie individuando i cluster di competenze coerenti alla disposizione organizzativa di impianto.

Per la caratterizzazione dei cluster di competenze per ufficio la Direzione ha adottato il modello delle competenze del sistema e-CF, indicato dall'Agenzia per l'Italia Digitale come frame work di riferimento per le applicazioni nella PA, su cui AICA ha articolato un sistema ad alto livello di granularità (il sistema e-CF*plus*) adeguato alla identificazione di percorsi formativi mirati, valorizzando la pregressa esperienza fatta da AICA con il sistema EUCIP.

Per ogni ufficio sono state identificate le competenze caratteristiche fra quelle riconducibili alla disposizione organizzativa di riferimento; i responsabili degli uffici hanno avuto un ruolo determinante per la selezione delle competenze critiche e dei livelli di capacità richiesti per la migliore gestione delle specializzazioni previste per l'ufficio stesso. Il risultato di questa fase di lavoro è stato costituito dalla mappa delle competenze selezionate come necessarie per il buon funzionamento dell'ufficio completate dalle risorse assegnate.

L'obiettivo era quello di fornire per ogni addetto della DCOD un percorso formativo personalizzato rispetto ai bisogni di competenza richiesti per lavorare nell'ufficio assegnato.

Alla luce di questo obiettivo il progetto è stato articolato in più step e risultati intermedi

- Rilevazione e analisi delle competenze, pianificazione dei percorsi formativi mirati; il percorso formativo mirato per singola risorsa è stato ottenuto attraverso un sistema di autovalutazione assistita in cui ciascun addetto è stato invitato a contribuire indicando le competenze possedute rispetto a quelle previste dal sistema e-CF*plus*; l'analisi dei gap fra competenze possedute e competenze richieste per risorsa e per ufficio ha permesso di selezionare, per ciascuna risorsa, un percorso formativo mirato a copertura dei gap rilevati, in grado di specificare al fornitore della formazione quali sono gli item formativi da erogare e l'intensità di approfondimento necessaria per coprire anche i livelli di capacità richiesti per la migliore prestazione dell'ufficio in cui l'addetto si trova a lavorare
- per ogni addetto è stata prodotta una scheda individuale con tutti i contenuti di formazione per risorsa, di intensità adeguata alla copertura del gap riscontrato; ne viene riportato un esempio nella tabella 1.
- Il piano formativo individuale è risultato estremamente dettagliato: per ogni risorsa gli item di formazione disponibili dal sistema e-CF*plus* sommano un totale di 2.200 fra conoscenze e skills, raggruppati in 157 set di conoscenze e skills; inoltre per ogni item proposto vengono indicati fino a 3 livelli di approfondimento in funzione del livello di capacità richiesto a quella risorsa e in funzione del gap di copertura rilevato fra competenza richiesta e competenza posseduta.

Risorsa:	
Ufficio:	U04 - Audit IT
Specializzazione:	Audit IT
	Risk Management
Competenza:	A03 Sviluppo del business plan
Gap:	Livello richiesto: 3 - Livello posseduto: 0
Set:	A03a Business Case Analysis
Tipo di corso:	Tipo A
Competenza:	D01 Sviluppo della strategia per la sicurezza informatica
Set:	D01b Business Risk and ICT Security
Tipo di corso:	Tipo A
Competenza:	E08 Gestione della sicurezza dell'informazione
Gap:	Livello richiesto: 3 - Livello posseduto: 0
Set:	E08a Information Security System Management

Tabella 1: esempio di scheda individuale

Questa preziosa vista granulare dei gap da colmare è stata poi tradotta attraverso una faticosa opera di riconduzione ai vincoli economici ed organizzativi, ad un ragionevole numero di corsi che sono oggi in fase di erogazione. Le scelte dei cluster di competenze più adeguate sono state fatte con il coinvolgimento reale dei responsabili di ufficio, a partire dal presupposto che i responsabili operativi sono quelli che effettivamente sanno quali siano le specializzazioni critiche.

Altri 3 fattori, di carattere generale e relativi al coinvolgimento delle risorse a livello individuale, sono stati considerati rilevanti

- l'assistenza alle risorse è stata fornita in una logica di accompagnamento per superare le diffidenze generate dall'eccesso di strutturazione del sistema delle competenze
- la singola risorsa è stata interpretata come abitante di spazi di competenza piuttosto che come utilizzatrice di informazioni. Il cambiamento nei comportamenti del personale è tanto più profondo e duraturo quanto più gli addetti condividono nel merito le nuove competenze richieste; lo spazio di lavoro e la competenza portano ad una partecipazione maggiore e più motivata, anche rispetto alla prestazione attesa

- Il gap di competenza personalizzato ha costituito il riconoscimento della unicità del singolo addetto e il percorso formativo differenziato per singola risorsa e sulle singole competenze mancanti ne sono state una conferma.

Anche nella fase finale di erogazione dei corsi, non si è persa di vista l'impostazione incentrata sull'individuo, mantenendo ogni apertura a variazioni nel piano di formazione o nella schedulazione dei corsi in funzione di preferenze ed esigenze individuali.

2. Conclusione

Sicuramente l'adozione di un framework di riferimento e la misurazione dei gap non si può sostituire alla cura nell'erogazione dei corsi, che resta la fase decisiva nel successo del piano formativo; ma essa consente, che i corsi vadano bene o meno, di orientare e riorientare l'azione delle società di formazione in una cornice chiara e comunicabile.

Il processo di cambiamento innescato dall'adozione di e-CF porta ora verso

- l'analisi del ruolo di innovatori dei responsabili e dirigenti degli uffici non specialistici, a loro volta utenti dei nuovi servizi digitali che il nuovo assetto organizzativo potrà rendere disponibili;
- l'analisi nella stessa cornice delle competenze dei fornitori, fase già avviata in una importante gara di sviluppo applicativo bandita dall'Istituto.

Innovare non significa re-inventare la ruota; come nel caso di e-CF, l'adozione oculata e rapida di quanto definito e standardizzato dagli organismi specializzati è un'azione di orientamento più che sufficiente indirizzare saggiamente l'utilizzo delle risorse pubbliche.

Cosa sono e-CF ed e-CFplus [3]

European e-Competence Framework (e-CF)* è un sistema strutturato di competenze che descrive ad alto livello conoscenze ed abilità richieste nel contesto dei processi ICT di un'organizzazione.

È utilizzabile da ogni tipo di imprese e organizzazioni ed è supportato dalla Unione Europea. In Italia è diventato uno standard in Settembre 2013 con la NORMA UNI 11506 ed è supportato dal Governo Italiano attraverso la Agenzia per l'Italia Digitale (AgID).

e-CF copre l'intero spettro delle attività manageriali e tecniche ICT tramite descrizioni sintetiche di 40

competenze, ciascuna delle quali è articolata in più livelli (da 2 a 4) secondo una scala di 5 "qualifiche" compatibili con l'European Qualification Framework (EQF). Sulla base delle competenze e-CF il CEN ha definito 23 "European ICT Professional Profiles" che descrivono sinteticamente anche in termini di missione, deliverable, attività principali e KPI alcuni ruoli ICT tipici.

e-CFplus recupera la positiva esperienza fatta con EUCIP dettagliando in termini operativi le competenze digitali professionali ed offre strumenti per valutarle e svilupparle; aggiunge il valore di una articolazione di dettaglio delle conoscenze ed abilità operative, mette a disposizione metodi e strumenti web collaudati per gestire in modo semplice ed efficace il patrimonio delle competenze aziendali, consente di adattare e personalizzare l'intero sistema alle specificità dell'organizzazione.

e-CFplus arricchisce le 40 competenze e-CF con oltre 2.200 componenti elementari raggruppati in 157 insiemi omogenei di conoscenze e abilità; queste componenti elementari arricchiscono i 23 profili CEN, i 21 profili previsti dalle Linee Guida AgID e i profili professionali personalizzati che ogni organizzazione, con l'eventuale supporto metodologico di AICA, può definire.

e-CFplus è un sistema modulare, aperto e scalabile per definire le competenze di un individuo, di una unità di business o funzione aziendale, di un'intera organizzazione.

e-CFplus, in sintesi, è la soluzione per sviluppare le competenze digitali dei team informatici aziendali e dei professionisti ICT, che trovano in e-CFplus un linguaggio comune per definire competenze ed esperienze professionali, una struttura condivisa su cui far crescere capacità individuali e vantaggio competitivo dell'organizzazione.

*e-CF è sviluppato dal CEN ed è scaricabile su www.cen.eu

Bibliografia

- [1] R.Bellini, P.Schgor "Professionalità e competenze informatiche: l'impostazione europea", UNINFO, marzo 2012
- [2] A cura di Sergio Carbone, Angelo Pasquarella "Punto HR 2016!"; contributo di Roberto Bellini, Bruno Lamborghini su "E-skills, e-leadership, nuovi profili di competenze ICT : una sfida per HR e organizzazioni private e pubbliche", in corso di pubblicazione presso Guerini &Associati 2016
- [3] R.Bellini, L. Dalle Rive, G.Pozza, R. Scquizzato "L'irresistibile leggerezza del CIO", Mondo Digitale 2015

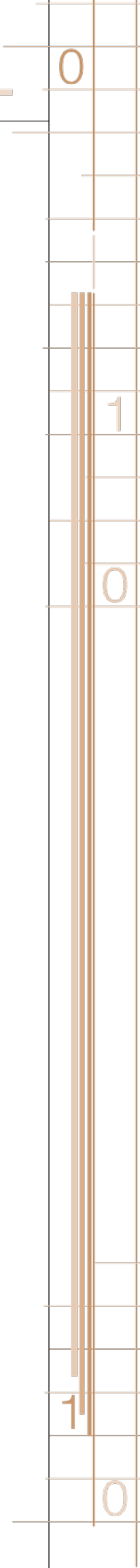
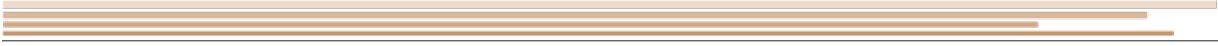
Biografia

Flavio Nicola Iodice, dirigente dell'Ufficio "Sviluppo ed Esercizio dei Servizi Digitali" della Direzione Centrale per l'Organizzazione Digitale di INAIL, all'epoca del progetto descritto era responsabile dell'ufficio "Organizzazione, Processi, Architetture Digitali e Sicurezza". Laureato in Scienze dell'Informazione presso l'Università di Pisa, dopo alcune esperienze nell'università e nel settore privato ha, dal 1994, proseguito la sua carriera nei Servizi IT di INAIL, con una interruzione di sei anni (2003-2009) presso lo stesso settore del Ministero del Lavoro.

Email: f.iodice@inail.it

Roberto Bellini, ingegnere, è in AICA responsabile dell'area Professioni ICT e Competenze di e-Leadership, con riferimento allo standard e-CF. E' inoltre socio AISM (Associazione Italiana Marketing) con l'incarico di favorire lo sviluppo del frame work delle competenze di marketing & vendita per gli specialisti italiani. È membro del Comitato Scientifico di Mondo Digitale, rivista ufficiale di AICA. Rappresenta AICA al Tavolo UNINFO che ha adottato la Norma UNI 11506 sulle competenze digitali. Partecipa ai lavori del CEN/ISSS sulla definizione degli standard europei. Ha fatto parte, dal 2010 al 2012, della Giuria del Premio Nazionale Innovazione nei Servizi-Confcommercio, che concorreva al Premio dei Premi per l'Innovazione patrocinato dal Presidente della Repubblica. Dal 2010 coordina la Ricerca europea sulle Competenze e le Professionalità ICT, finanziata dal CEPIS. È stato per lungo tempo professore a contratto presso Università di Bergamo e Politecnico di Milano.

Email: r.bellini@aicanet.it



OASIS: una piattaforma aperta per la federazione di servizi

Claudio Demartini - Bruno Thuillier - Marco Dutoo -
Yannick Louvet

Sommario

Il progetto Europeo OASIS mira a mettere l'utente al centro di un sistema sostenibile dove i dati, descritti in un formato open, possano essere condivisi tra servizi interoperabili e riusabili. Questo approccio permette alle PA di ridurre i costi, ai cittadini di beneficiare di un'ampia offerta di servizi di alta qualità e ai fornitori di servizi di accedere ad un ampio repository di dati per lo sviluppo di nuove applicazioni. I fornitori di servizi possono anche diventare parte di OASIS, beneficiando perciò di un modello economico aperto e sostenibile.

Abstract

The European project OASIS aims to place the user at the center of a sustainable ecosystem where data, described by an open format, are shared among interoperable and reusable services. This approach allows public authorities to reduce costs, citizens to benefit of a wide range of high quality services and service providers to access to linked data for the development of new applications. Providers can also be part of the OASIS ecosystem, thus benefiting of an open and sustainable economic model.

Keywords: breaking vertical data silos, opening and reusing services, deploying new architectures, implementing large scale demonstrators, interoperable services, service federation



1. Introduzione

L'evoluzione della computer science è divisa solitamente in tre periodi o ere. Questi periodi sono spesso categorizzati in base ad una visione "architetturale". Il primo periodo (1950-1970) è legato ai mainframe: dei client "stupidi" erano connessi a sistemi centralizzati. Le applicazioni venivano eseguite sui mainframe e solo la rappresentazione dei dati (solitamente informazioni testuali) era inviata ai client. In questo scenario, l'utente è un attore passivo che può solo immettere dati (da tastiera o da schede perforate) e ricevere risultati visualizzati a video o stampati [1]. L'era dei Personal Computer (PC) (1970-2010) ha cambiato il paradigma: dati e applicazioni sono gestiti direttamente dall'utente e con l'avvento di reti di comunicazione ad alta velocità si sono affermate architetture complesse e distribuite come le griglie e i P2P [2]. Attualmente siamo nell'era del cloud computing: la rete è su scala planetaria, dati e applicazioni "sono nel cloud" e gli utenti possono selezionare (e pagare) solo le risorse di cui hanno realmente bisogno. I principali vantaggi del cloud sono la scalabilità e l'elasticità che permettono all'utente di allocare risorse su richiesta in modo self-service [3].

Altre volte, questi periodi (detti rivoluzioni) sono categorizzati in base ad una visione del "valore finanziario": la prima rivoluzione è legata ai PC e IBM era il leader di questa rivoluzione. La seconda rivoluzione è legata al software ed è capeggiata da Microsoft, mentre la terza rivoluzione è legata ai dati e trova in Google, Facebook e altri i simboli più rappresentativi.



Figura 1 Paesi partecipanti e i cinque siti pilota del progetto OASIS

Questo articolo descrive il progetto OASIS (Openly Accessible Services and Interacting Society [4]), che ha l'obiettivo di usare il paradigma del cloud computing per facilitare gli utenti nella ricerca di informazioni, di applicazioni e

di promozioni economiche mediante la federazione di servizi e dati accessibili mediante un portale unificato. OASIS è finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma CIP (Competitiveness and Innovation Framework Programme) 2007-2013, call 5. OASIS è iniziato nel 2012 e terminerà il 30 ottobre 2015. I partner coinvolti nel progetto sono dieci da sei paesi differenti; i siti pilota saranno cinque, attivi per tutto l'ultimo anno di progetto (vedi Figura 1).

I quattro obiettivi principali del progetto sono: rompere i silos verticali, aprire e riusare servizi esistenti, proporre nuove architetture e realizzare dimostratori su larga scala. Questi obiettivi possono essere riassunti con la frase: "rendere i servizi interoperabili". Un insieme di servizi esistenti è stato riprogettato per permettere uno scambio di informazioni attraverso un *datacore* (si veda Sezione 3). Il datacore ha un duplice scopo: presentarsi come un repository di dati condivisi descritti in un formato ben definito e incentivare lo sviluppo di nuovi servizi/applicazioni che possano essere inclusi nel catalogo di OASIS. In questo modo, sarà più facile per le pubbliche amministrazioni liberarsi dal "vendor lock-in".

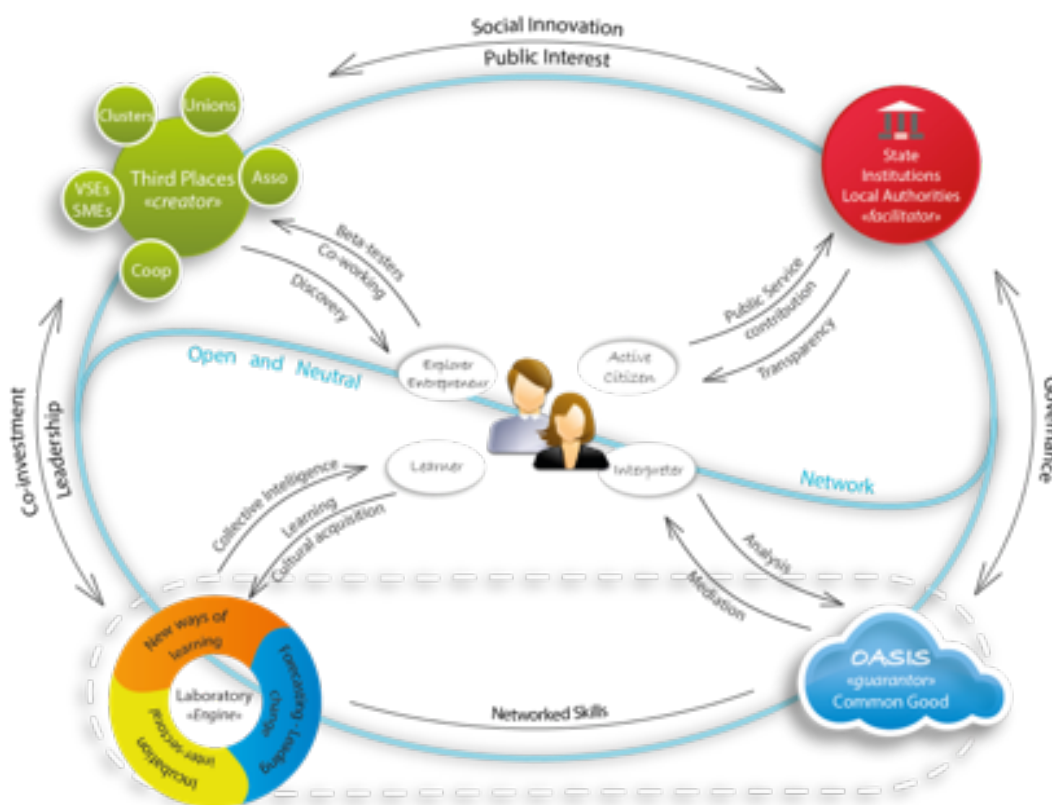


Figura 2 L'ecosistema di OASIS

I dati condivisi nel datacore devono essere consistenti e coerenti con le sorgenti di dato originali, le duplicazioni dovrebbero essere evitate e i servizi devono accedere al datacore in modo sicuro ed efficiente. Il datacore ha il compito di immagazzinare dati pubblici; dati confidenziali e protetti sono gestiti come specificato dalle legislazioni europee vigenti.

Nuovi tipi di collaborazioni che vanno verso il modello PPPP (public-private partnership procurement) garantiscono gli end-user (cittadini ed aziende) per una sostenibilità a lungo termine oltre a promuovere lo sviluppo locale. Nuove forme ibride di collaborazione potranno emergere sul territorio, alimentando così lo sviluppo dei servizi e le opportunità di lavoro.

OASIS mette l'utente al centro del suo ecosistema (vedi Figura 2) fornendo una mediazione tra l'utente stesso e altri attori come le PA, le ditte, i fornitori di servizi e così via. Inoltre, la governance di OASIS deve essere condivisa tra PA, associazioni/organizzazioni di cittadini e aziende. D'altro canto, per prevenire qualunque forma di monopolio e di conflitto di interessi, le ditte coinvolte nella governance non potranno essere al tempo stesso fornitrici di servizi.

Il resto dell'articolo è organizzato come segue: la Sezione 2 presenta le motivazioni e il contesto, la Sezione 3 descrive l'architettura di OASIS e la Sezione 4 discute vantaggi e svantaggi presentando alcuni risultati preliminari.

2. Motivazioni e contesto

Un'analisi dello scenario corrente è utile per chiarire meglio la filosofia di OASIS e le sue motivazioni. Si consideri la Figura 3: tre attori sono coinvolti. Il primo è una famiglia che deve prenotare la mensa scolastica per i bambini, il secondo attore è la scuola e il terzo una municipalità. La Figura 3 mostra chiaramente come la famiglia debba interagire, attraverso servizi differenti, con due "data provider" l'archivio della municipalità e l'archivio della scuola.

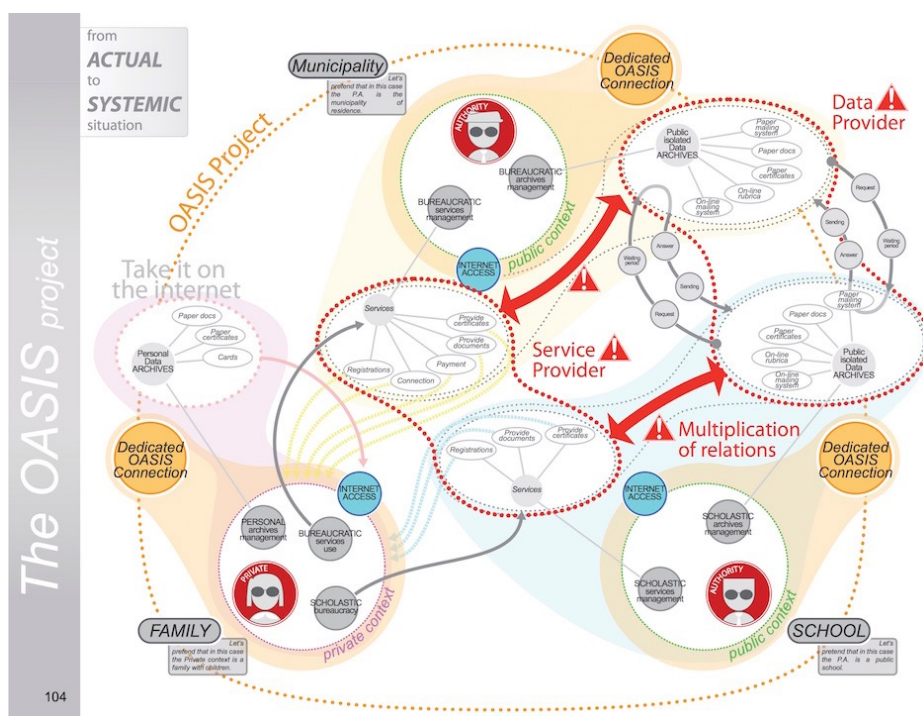


Figura 3 Relazioni e comunicazioni per la prenotazione della mensa scolastica senza OASIS

1

C



	C
--	---

L'approccio scandinavo è essenzialmente basato su investimenti pubblici importanti, i quali possono alcune volte creare posizioni di monopolio sulle infrastrutture di rete. Dal 2000 ad oggi, le autorità svedesi hanno investito in infrastrutture di rete urbane e peri-urbane, permettendo così ad un ampio numero di cittadini di accedere a connessione ad alta velocità e ai fornitori di servizi di immaginare e fornire applicazioni di alta qualità.

Osservando lo sviluppo di questo approccio nella penisola scandinava e in Svizzera è possibile analizzare gli effetti sia tecnici sia economici di quello che viene chiamato modello ad accesso aperto, che consiste nella realizzazione di una competizione virtuosa sui servizi a fronte di un unico investimento per le infrastrutture. Questo modello ha generato una competizione tra fornitori di servizi e gli utenti possono scegliere in un ricco catalogo, ricevendo però fatture differenti da differenti fornitori di servizi. Questo modello permette agli utenti di cambiare fornitore senza interruzioni di servizio o costi aggiuntivi. L'approccio aperto permette alle ditte locali di fornire vari tipi di servizi a costi molto competitivi garantendo anche un ritorno dell'investimento infrastrutturale molto veloce.

La competizione diretta tra gli operatori spinge la qualità del servizio verso l'alto e si è dimostrata per le autorità scandinave una leva importante per lo sviluppo delle economie locali, come testimoniato dal crescente sviluppo di aziende, operatori e start-up che lavorano nel campo delle tecnologie digitali.

Lo sviluppo di queste reti aperte ha anche fatto nascere attività di collaborazione tra differenti attori per condividere lo sviluppo di applicazioni software, permettendo di avere un ritorno dell'investimento più veloce:

Questo modello, inizialmente sviluppatosi nella penisola scandinava, è ormai diffuso a livello planetario con principali iniziative in Australia (AVICCA Symposium 2010), Nuova Zelanda, alcuni stati americani e in alcuni cantoni della confederazione elvetica.

Per contro, nel sud dell'Europa, la competizione è stata basata principalmente sull'aspetto del prezzo mediante un modello verticale. Numerose iniziative pubbliche hanno permesso a molti cittadini di avere accesso ad infrastrutture di rete ad alta velocità, rendendo allo stesso tempo la rete più affidabile e meno dipendente dalle strategie di sviluppo di operatori privati. Molte di queste nuove infrastrutture hanno perciò permesso un miglioramento della qualità dei servizi; per contro, la legislazione vigente in molti paesi (ad esempio la Francia) non permette di offrire, su reti di iniziativa pubblica, i servizi sulla base di un modello "market place". Questo porta gli utenti a rimanere spesso vincolati ad un operatore, pena interruzioni di servizio per poter passare ad un altro fornitore di servizi.

La distinzione fatta sulle infrastrutture tra "modello verticale integrato", che si è diffuso principalmente in Europa, e il "modello aperto" può anche essere declinata a livello software e di dati (come descritto in [6]).

Il cambio di postulato, che è sottointeso da qualunque modello, è basato sulla collocazione dell'utente; nel caso "verticale e integrato" il modello è orientato all'operatore (o fornitore del servizio), mentre nel modello "open" è orientato all'utente (vedi Figura 5).

Sebbene i paesi del sud Europa non seguano l'esempio scandinavo in merito alla creazione di infrastrutture secondo un modello aperto, numerose iniziative possono essere invece menzionate a livello di servizio. Queste iniziative sono nate spesso dal bisogno di informatizzazione dei servizi della PA e dalla necessità di dematerializzazione sulla base di un modello SaaS (Software as a Service) che ben si adatta al paradigma del cloud computing. Sfortunatamente, queste iniziative sono spesso limitate da una scarsa qualità delle infrastrutture di

rete; inoltre, le piattaforme create ad-hoc dagli operatori Telco offrono sia l'accesso sia l'hosting dei dati e delle applicazioni rendendo molto semplice la sottoscrizione ma molto difficile il cambio di operatore.

Le piattaforme di servizi pubblici on-line sono state create su iniziativa di autorità locali, esclusivamente per i membri aderenti, senza avere l'ambizione di realizzare architetture aperte e scalabili, rimanendo anzi chiuse per motivi legali, contrattuali e culturali [7].

Tuttavia, queste iniziative hanno permesso di realizzare delle economie di scala, contribuendo così alla realizzazione di "mattoncini" software riusabili e all'armonizzazione delle procedure di dematerializzazione.

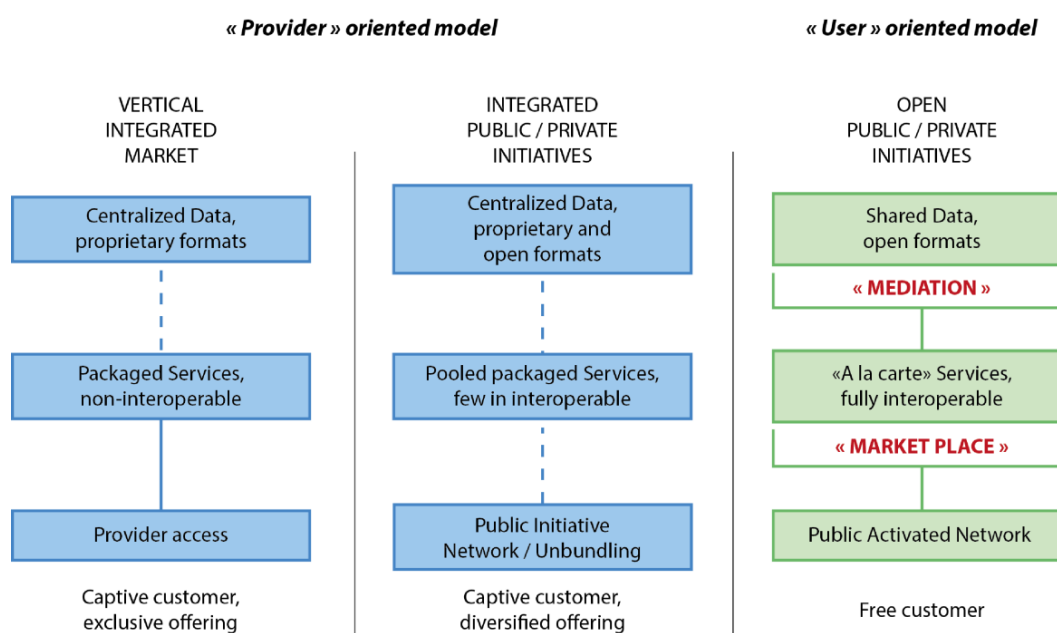


Figura 5 Modello orientato all'operatore vs. modello orientato all'utente.

A titolo di esempio è importante menzionare l'esempio della Bretagna che ha sviluppato "Mégalis Syndicate" nel 1999, per portare prima Internet ad alta velocità a 2500 PA e poi una piattaforma di servizi amministrativi on-line nel 2006 [8]. I servizi sono forniti da fornitori esterni e l'accesso ai servizi è sottoposto ad una stazione appaltante per non alterare gli equilibri del mercato locale. E' stato anche predisposto uno specifico programma di aggiornamento per supportare le PA nel cambiamento delle procedure di lavoro.

Un'altro esempio è la piattaforma adottata dalla Provincia di Massa Carrara [9], composta da una serie di moduli per la gestione elettronica dei documenti. Due progetti sono stati sviluppati in Provincia di Napoli. Il primo, il progetto "SISDOC" [10], consiste in un sistema di gestione del flusso di documenti fornendo anche un'integrazione tra servizi di gestione e ditte/cittadini. Il

secondo, il progetto "Progetto Museo Diffuso" [11], è un tipo di mappatura interattiva delle risorse culturali e naturalistiche della Provincia di Napoli.

Molto simili alla precedente sono le piattaforme di amministrazione on-line di Malaga e Siviglia [12]. Sfortunatamente, non esistono esempi di questo tipo nella regione dell'Arco Latino [13]. OASIS vuole colmare questo vuoto e si unisce all'iniziativa europea ISA [14], partecipando alla definizione di archivi di dati, a livello europeo, al fine di favorire e ampliare le possibilità di realizzare servizi interoperabili.

3. L'architettura di OASIS

La fase di progettazione dell'architettura è stata preceduta da un'accurata analisi dei requisiti utente. Fornitori di servizi, cittadini e PA sono stati intervistati per raccogliere specifiche e requisiti. Si è deciso di adottare il sistema MoSCoW [15] al fine di raccogliere requisiti utente e funzionali [16], i quali hanno costituito l'input per il design della piattaforma. La Figura 6 mostra l'architettura ad un macro livello. Si può notare come l'architettura sia composta da tre blocchi: il datacore, il kernel e il portale:

- il portale è l'interfaccia di OASIS per gli utenti (cittadini, utenti professionali, amministratori di servizio e fornitori) ed è stato chiamato Ozwillo: <https://www.ozwillo.com>;
- il datacore ha il compito di memorizzare e gestire gli accessi ai dati condivisi. Il datacore fornisce un accesso omogeneo ai dati facendo uso dei moduli di autenticazione e gestione dei diritti per regolamentare l'accesso;
- il kernel fornisce le funzionalità di OASIS al portale e ai servizi esterni; esso include il catalogo di tutte le sorgenti di dato e dei servizi.

Se il portale rappresenta l'interfaccia verso l'utente, il datacore e il kernel sono i due moduli base della piattaforma. Le sezioni seguenti li descrivono nel dettaglio.

Questi blocchi permettono di offrire a utenti e fornitori di servizi tutte le funzionalità per pubblicare e sottoscrivere un servizio, per federare servizi, per creare un'eredità comune di dati, per federare sorgenti di dati esterne e, dal punto di vista dell'utente, per cercare, recuperare e usare servizi e dati. Datacore, kernel e portale sono ospitati su un'architettura cloud, al fine di sfruttare scalabilità, tolleranza ai guasti, elasticità e sicurezza che il paradigma cloud offre.

Diverse istanze di ogni modulo sono in esecuzione, mentre i servizi non sono vincolati ad essere ospitati sulla stessa piattaforma cloud e sono, in generale, allocati sui server dei fornitori del servizio.

La federazione di dati e servizi è direttamente accessibile mediante un'interfaccia web, rendendo così possibile l'accesso da smartphone, tablet e qualunque altro dispositivo.

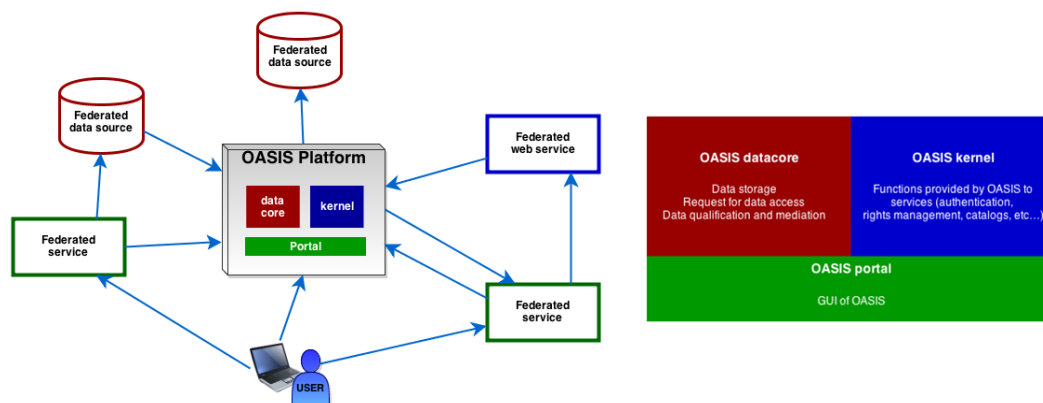


Figura 6 L'architettura di OASIS

a. Il kernel

La struttura del kernel di OASIS è mostrata in Figura 7; essa include quattro database:

- Cataloghi: ci sono cataloghi per descrivere i servizi federati in OASIS, le sorgenti di dato (sia interne sia esterne), gli archivi e i vocabolari disponibili, e le regole di tariffazione.
- Dati tecnici: dati interni che OASIS usa in tutti i suoi processi interni, come sottoscrizione dei servizi, stato, dati temporanei, ecc.
- Social Graph: mantiene le relazioni tra tutte le entità registrate in OASIS (persone e organizzazioni).
- Log: tutti i log generati dalla piattaforma.

Il kernel di OASIS è composto da diversi moduli:

- Social Graph Requester: questo modulo fornisce le API per interagire (leggere e aggiornare) il social graph. Questo modulo non accede direttamente al social graph, ma usa il modulo dei diritti d'accesso.
- Modulo di autenticazione: questo modulo fornisce il servizio di autenticazione unificato per il portale, il datacore e tutti i servizi e le sorgenti di dato esterne.
- Broker: in questa prima versione di OASIS, il broker è un modulo che fornisce solo il servizio per accedere ai cataloghi e ai dati tecnici.
- Gestione dei diritti d'accesso: questo modulo realizza gli algoritmi di controllo di accesso ai dati nel datacore e nel social graph. Esso è un modulo interno e non attua nessuna forma di autenticazione.
- Logging: questo modulo registra gli eventi nel database dei log e fornisce le API per accedere a questo archivio.
- Flusso di stato e notifica: questo modulo gestisce le notifiche tra servizi, lo stato delle richieste utente e le richieste di mediazione sui dati.

- Modulo di comunicazione: questo modulo può mandare email, SMS e altri messaggi agli utenti.

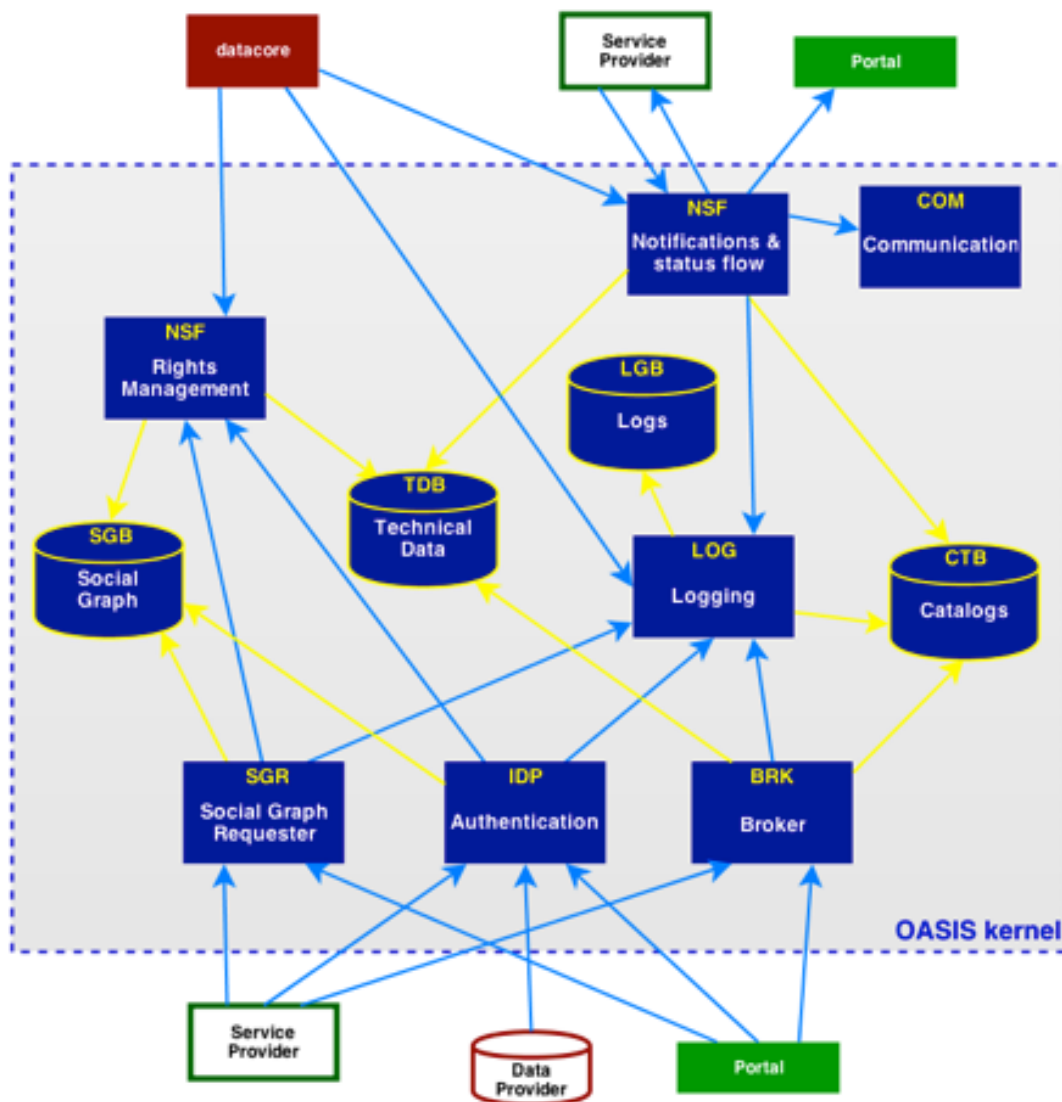


Figura 7 Struttura del kernel di OASIS

b. Il datacore

La struttura del datacore di OASIS è mostrata in Figura 8; il datacore memorizza diversi tipi di dati in modo scalabile:

- Risorse di dato: le risorse sono i dati personali e i dati delle applicazioni. Esse sono memorizzate in Data Container che sono database interni ad OASIS. Ogni container ha un suo amministratore, un suo DBMS e può essere allocato in uno specifico data center nel cloud di OASIS.

- Regole di traduzione dei dati: queste sono "cablate" nel codice o espresse come regole di configurazione per convertire i dati da un repository ad un altro, o da un formato ad un altro nello stesso repository.
- Tipi e modelli di dato: descrivono quali dati sono disponibili nel datacore, in modo tale che le applicazioni siano in grado di maneggiare i dati correttamente. La descrizione dei dati permette di descrivere qualunque tipo di risorsa dato connessa a OASIS.

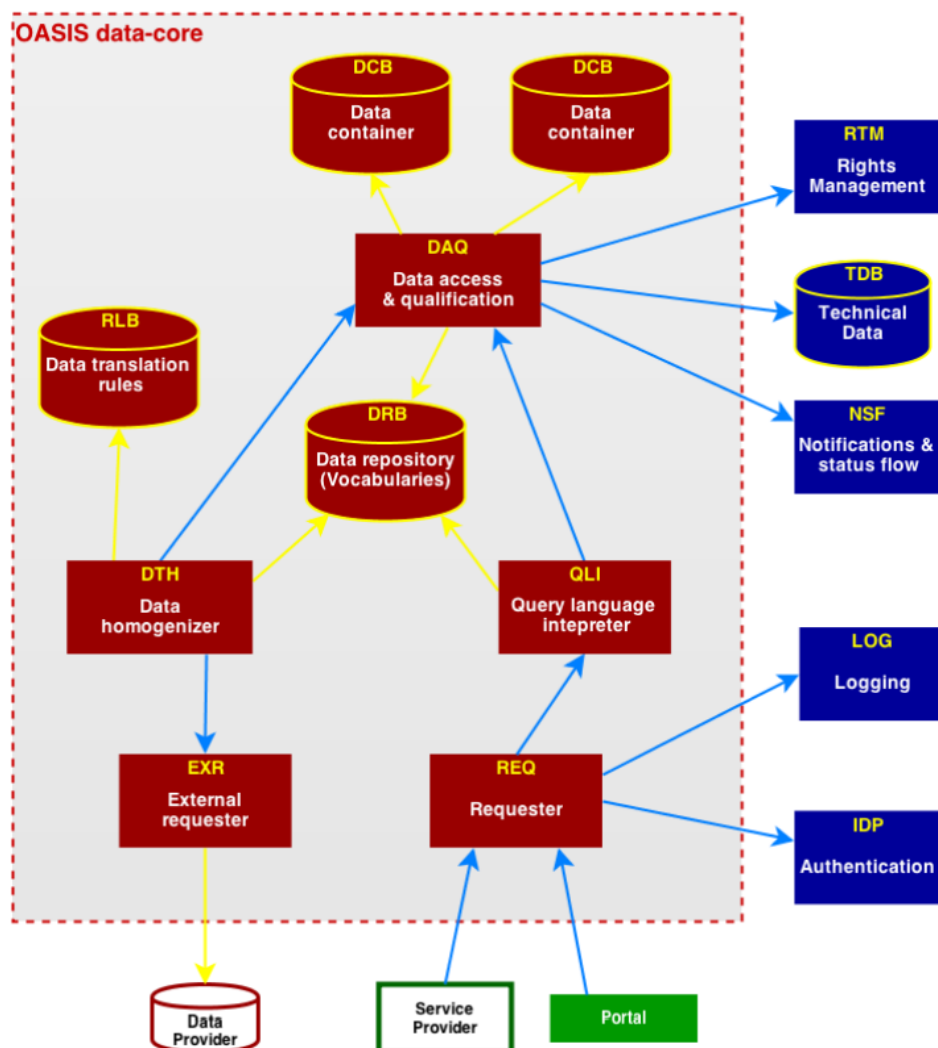


Figura 8 Struttura del datacore di OASIS

Il datacore di OASIS è composto da diversi moduli funzionali:

- **Requester:** questo modulo fornisce le API ai servizi e al portale per richiedere operazioni (lettura e scrittura) sui dati nel formato JSON-LD, che è lo standard per il W3C in tema di Linked Data. Il Requester controlla l'autenticazione e trasmette richieste ad un interprete in grado di decodificare le query.
- **Interprete delle query:** OASIS può supportare diversi linguaggi di interrogazione (query) e per ogni linguaggio è stato realizzato un interprete ad-hoc in grado di analizzare le richieste.
- **Omogeneizzatore:** questo modulo consiste di un insieme di specifiche e generiche regole di conversione e mappatura dei dati nel formato corretto.
- **Requester esterno:** questo modulo costruisce la richiesta adattata per un database esterno.
- **Modulo di qualificazione e accesso ai dati:** questo modulo verifica i diritti di accesso ai dati in lettura o scrittura e costruisce la richiesta corretta. Questo modulo verifica i vincoli sui tipi definiti, gestisce ulteriori qualificazione e le mediazioni sui dati.

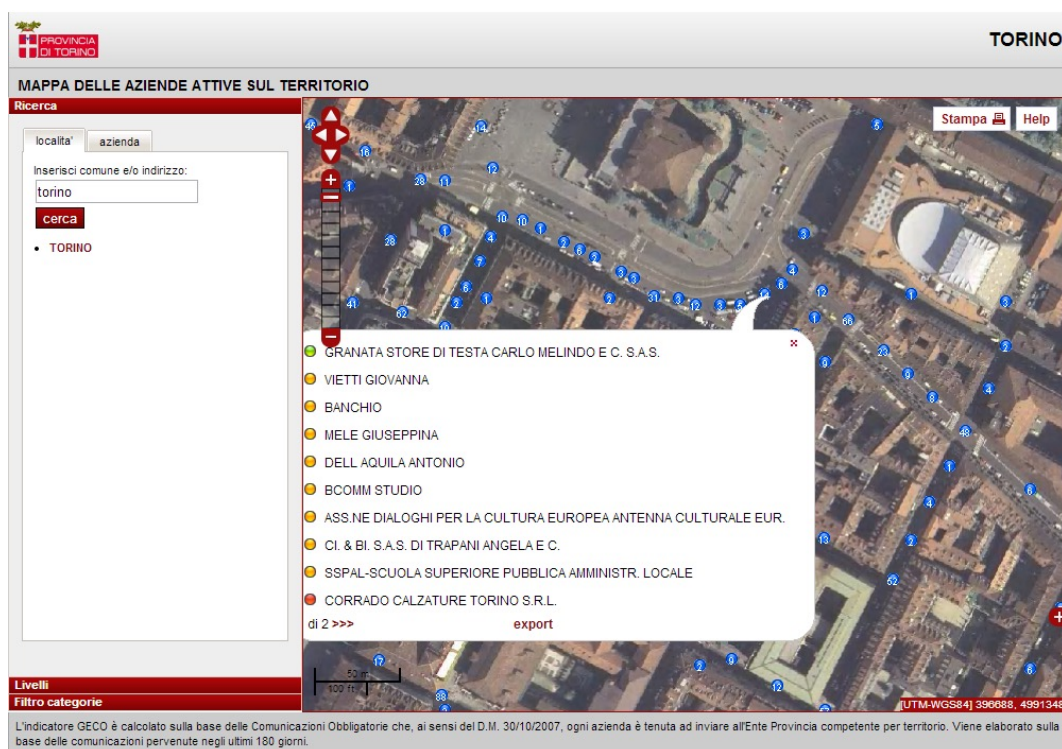


Figura 8 Interfaccia del servizio di mappino delle attività territoriali

4. Risultati preliminari e conclusioni

Lo sviluppo attuale di OASIS è legato alle funzioni base del datacore, del kernel, del modulo di autenticazione e del portale. A titolo di esempio si consideri lo scenario seguente: i dati prodotti dal servizio Ushahidi [17] e dal servizio Alternative Tourism basato sul CMS Joomla [18] alimentano un terzo servizio (mapping delle attività territoriali) che mappa le attività territoriali fornendone una rappresentazione grafica (vedi Figura 9).

Il servizio di mapping delle attività territoriali è stato modificato per leggere le informazioni dal datacore; in questo modo, esso può essere riusato per visualizzare su una mappa, ad esempio, le informazioni turistiche. Più in generale, permette di visualizzare una generica informazione georeferenziata, e può quindi essere offerto ai cittadini come strumento di visualizzazione. Sorgenti di dato differenti possono, quindi, essere armonizzate e omogeneizzate nel datacore, rendendo così i servizi interoperabili.

Da un punto di vista generale, OASIS non incapsula nessuna logica di business né definisce flussi di lavoro sui dati. Regole di processamento specifico devono essere realizzate solo a livello di servizio, mentre OASIS ha l'obiettivo di abilitare la federazione di servizi ad operare usando la stessa base di conoscenza. I servizi federati devono essere in grado di "capire e maneggiare" i dati contenuti nel datacore, perciò un modello RDF [19] permette di descrivere le informazioni e supporta una progressiva migrazione verso un approccio di web semantico.

Bibliografia

1. Williams M.R. (1997). A History of Computing Technology, 2nd Edition, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA.
2. Coulouris, G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G. (2011). Distributed Systems: Concepts and Design (5th Edition), Addison-Wesley, Boston.
3. NIST (National Institute of Standards and Technology) Cloud Computing Program 2013, available at: <http://www.nist.gov/itl/cloud/>
4. The OASIS project web site: <http://www.oasis-eu.org/>
5. The Pôle Numérique web site: <http://www.pole-numerique.fr/>
6. Houzet S. (2013). "Développement numérique, territoires et collectivités: vers un modèle ouvert". Thèse de Doctorat de géographie sous la direction de Grasland L., Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.
7. Ineum Consulting (2010). Mission d'étude sur le déploiement régional de services numériques mutualisés : analyse de l'existant, identification des typologies et propositions d'action pour une dynamique interrégionale. Réalisée pour la Caisse des Dépôts et Consignation en partenariat avec l'ARF.
8. The web site of e-megalis: <http://www.e-megalisbretagne.org/>
9. The Provincia of Massa Carrara web site: <http://portale.provincia.ms.it/>
10. The SISDOC project web site: http://www.provincia.napoli.it/Navigazione_Risorse/Risorse_Sinistra/Sisdoc/

11. The Museo Diffuso project web site: <http://sit.provincia.napoli.it/mdhome.asp>
12. The Seville city web site: <http://www.sevilla.org/>
13. The Arco Latino web site: <http://www.arcolatino.org/>
14. ISA: Interoperability Solutions for European Public Administrations: http://ec.europa.eu/isa/index_en.htm
15. Brennan, K. (2009) A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge. International Institute of Business Analysis.
16. The deliverable D1.1: Platform requirements.
17. The Ushaidi web site: <http://www.ushahidi.com/>
18. The Joomla web site: <http://www.joomla.org/>
19. The RDF Vocabulary Description Language: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

Biografia

Claudio Demartini è un professore al Politecnico di Torino dove insegna sistemi informativi e gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto ICT. I suoi interessi di ricerca includono: software engineering, architetture e web semantico. È un senior member dell'IEEE e membro dell'IEEE Computer Society. È stato membro del senato accademico del Politecnico di Torino e vice rettore del medesimo. Attualmente è il Direttore del Dipartimento di Automatica e informatica. Ha partecipato al progetto OASIS come progettista dell'architettura.

email: claudio.demartini@polito.it

Bruno Thuillier ha conseguito il dottorato di ricerca in fisica dei materiali e ha otto anni di esperienza nella gestione di progetti di ricerca. È fondatore di una ditta che progetta e sviluppa applicazioni web per enti pubblici e private. È il coordinatore del progetto OASIS e sta fornendo supporto a tutti gli attori su nuovi modelli economici e nuove strategie di lavoro "verso la società della conoscenza"; è attualmente attivo nella gestione di progetti del territorio che coinvolgono attori pubblici e private.

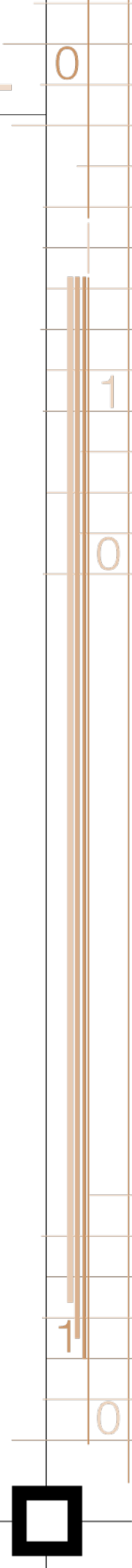
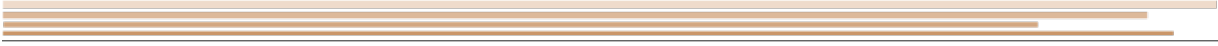
email: bthuillier@pole-numerique.fr

Marc Dutoo: è il responsabile della divisione ricerca e sviluppo di Open Wide, dove si occupa di innovazione tecnologica nei settori: dati, cloud, SOA e BPM. Egli coordina il progetto OCClware che mira ad un approccio unificato per fornire qualunque risorsa come un servizio. È un sostenitore del software libero e open source, è membro dei comitati tecnici di Eclipse SOA e OW2 e lavora al Datacore di OASIS.

email: marc.dutoo@openwide.fr

Yannick Louvet: è il responsabile del dipartimento di sviluppo web a Atol Conseils & Développement dove si occupa principalmente di standardizzazione ed efficienza. Nell'ambito del progetto OASIS è stato coinvolto sia nella progettazione della piattaforma sia nello sviluppo del kernel.

email: ylo@atolcd.com



Il progetto ViScoSo: rilevazione di situazioni critiche nei sistemi sociomateriali attraverso processi di VISione, COgnizione e interazione SOciale

Roberta Ferrario

Sommario

VisCoSo è un progetto triennale, finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento, che si propone di studiare i sistemi sociomateriali, ovvero ambienti complessi il cui funzionamento presuppone l'interazione tra agenti umani e artificiali. Più nello specifico, viene indagato, allo scopo di migliorarne l'efficacia, l'intreccio a livello sistemico di processi visivi, cognitivi e interazionali che sono in atto nel rilevamento delle situazioni che possono compromettere il buon funzionamento del sistema. Lo strumento fornito a tal fine è un modello ontologico, interpretabile sia dagli agenti umani che da quelli artificiali, quindi in grado di rendere il sistema trasparente a se stesso.

Abstract

VisCoSo is a three-year project, funded by the Autonomous Province of Trento, which aims to study sociomaterial systems, i.e. complex environments whose operation requires the interaction between human and artificial agents. More specifically, what is investigated, in order to improve its effectiveness, is the entanglement at a systemic level of visual, cognitive and interactional processes that are in place in the detection of situations which may affect the proper functioning of the system. The means provided to this end is an ontological model, which is interpretable both by human and by artificial agents, thus able to make the system transparent to itself.

Keywords: ontologia fondazionale, sistema sociomateriale, situazione critica, entanglement, etnografia, computer vision, scienze cognitive



1. Introduzione

VisCoSo è un progetto triennale finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento attraverso lo schema di finanziamento "Unità di ricerca 2011", finalizzato alla creazione di nuovi gruppi di ricerca, coordinati da giovani ricercatori non ancora inquadrati con una posizione permanente all'interno di dipartimenti universitari o istituti di ricerca con una sede nella Provincia di Trento.

VisCoSo si propone di studiare i *sistemi sociomateriali* complessi e *progettati* (come istituzioni pubbliche, organizzazioni private, scuole, ospedali, aeroporti...), sistemi all'interno dei quali gli agenti (umani e artificiali), gli artefatti e le risorse, materiali ma anche istituzionali e le regole che normano i comportamenti e le pratiche hanno un ruolo centrale.

Più nello specifico, con VisCoSo ci si propone di analizzare come le *situazioni critiche*, che minacciano il buon funzionamento di questi sistemi, possano essere rilevate, gestite, risolte o anche idealmente prevenute o sfruttate per ingenerare un cambiamento positivo.

Sistema sociomateriale

per sistema sociomateriale intenderemo un sistema complesso, i cui partecipanti sono sia agenti umani che device artificiali ai quali vengono attribuite facoltà agentive.

Situazione critica

situazione che minaccia o pregiudica il buon funzionamento di un sistema. Con questo termine possono essere indicate sia situazioni catastrofiche, che possono distruggere completamente il sistema, sia situazioni che possono danneggiarne delle componenti, ma anche situazioni che determinano uno stallo o un'impasse.

Ontologia (computazionale)

con questo termine ci riferiremo a oggetti informativi o artefatti computazionali con i quali modellare, attraverso l'uso di un linguaggio formale, la struttura di un sistema, ovvero le entità e relazioni rilevanti che emergono dalla sua osservazione.

Ontologia fondazionale

ontologia le cui entità e relazioni sono categorie generali, applicabili a tutti i domini del discorso. Esempi di tali categorie sono le nozioni di oggetto, evento, qualità e le relazioni di sussunzione, parte, partecipazione.

Entanglement: *utilizzeremo la nozione di entanglement adottata nelle scienze sociali e ispirata all'entanglement quantistico. Più nello specifico, nella teoria delle organizzazioni, con questa nozione si indica l'inestricabilità della dimensione sociale e di quella materiale. Nel progetto abbiamo usato entanglement anche per indicare l'inestricabilità di visione, cognizione e interazione sociale nel rilevamento delle situazioni critiche.*

Box 1: Glossario minimo dei termini utilizzati nel progetto

Muovendo dall'assunto che tali situazioni critiche possano essere individuate grazie a meccanismi che facciano leva su dimensioni inestricabilmente interconnesse, ovvero la visione, la cognizione e l'interazione sociale, che

caratterizzano gli attori che partecipano al sistema (siano essi umani o artificiali), l'obiettivo principale di ViCoSo è quello di costruire un modello ontologico dei sistemi sociomateriali, delle loro possibili crisi e dei relativi meccanismi di rilevazione.

Le competenze richieste per poter affrontare le sfide rivolte dal progetto fanno capo ad ambiti disciplinari molto variegati e per tale motivo il background dei ricercatori che compongono il team di ViCoSo è altrettanto eterogeneo e comprende discipline quali la filosofia, la logica formale, la sociologia, la psicologia cognitiva, la computer vision e la scienza dell'informazione.

2. Visione di insieme e motivazioni alla base del progetto

Per poter illustrare nella maniera più chiara possibile la visione che sottende l'idea progettuale, partiremo da un tipico esempio di sistema sociomateriale, ovvero un aeroporto, ambiente in cui tutte le pratiche lavorative e di viaggio mostrano l'intreccio degli aspetti umani e tecnologici.

In un aeroporto, i passeggeri sono sottoposti continuamente a dei controlli: devono mostrare i propri documenti di identità, devono passare i propri bagagli ai raggi X e devono essere pronti a che questi vengano anche ispezionati manualmente; essi stessi, infine, sono continuamente monitorati mentre si muovono all'interno del terminale. Dal momento che tutte queste pratiche di controllo e monitoraggio sono invasive e comportano perdite di tempo, non possono essere applicate con lo stesso grado di accuratezza a tutti i passeggeri; tuttavia non possono nemmeno avvenire in maniera completamente randomica, dato l'alto livello di rischio connesso ad attività malevole che possono avere luogo in ambienti affollati. Le attività di controllo sono quindi guidate da euristiche atte a selezionare i passeggeri, che possono essere operate sia da esseri umani (come ad esempio agenti di polizia, che possono decidere di perquisire o meno un passeggero) o da macchine (come gli apparecchi biometrici che confrontano l'informazione corporea dei passeggeri con dei dati registrati in un database, o le telecamere a circuito chiuso che monitorano i movimenti dei passeggeri all'interno del terminale) oppure da una combinazione di entrambi (come nel caso di un agente di polizia che osserva un passeggero attraverso una videocamera e confronta le sue fattezze con le foto di sospetti contenute in un database).

Tutte queste attività di selezione dei passeggeri sono messe in atto per poter evitare le possibili situazioni critiche (quelle per esempio che potrebbero insorgere imbarcando a bordo di un aereo un malintenzionato) e si basano sulla connessione tra ciò che gli agenti (umani e artificiali) "vedono" e ciò che essi "credono di avere visto", influenzati da conoscenza pregressa, ma anche da pregiudizi, tipizzazioni e stereotipi. Di nuovo, un tipico esempio è quello della selezione basata sul *profiling*, nella quale gli operatori, sulla base di linee guida, ma anche di impressioni personali, analizzano l'aspetto fisico e il comportamento di un passeggero, nonché gli oggetti che porta con sé e decidono se dare solo un'occhiata veloce al suo bagaglio a mano, oppure ispezionarlo più accuratamente. Risulta quindi chiaro come la scelta dell'agente sarà guidata da ciò che ha imparato da training specifici, da istruzioni ricevute,

da competenze acquisite in esperienze precedenti, ma anche da pregiudizi socialmente costruiti. Tutte queste influenze sono in alcuni casi molto utili, poiché permettono di prevenire situazioni critiche, ma in altri casi possono creare falsi allarmi che possono a loro volta ingenerare situazioni critiche. Nel caso specifico della selezione dei passeggeri, queste possono variare dal creare delle discriminazioni al rallentare alcune operazioni di controllo, obbligando altri agenti ad accelerarne altre, a discapito dell'accuratezza e quindi della sicurezza.

Questo compito di selezione potrebbe essere fortemente migliorato rendendo gli operatori consapevoli di come funzionano i processi di riconoscimento delle scene, ovvero di come il loro apparato cognitivo e il loro retroterra culturale li portino a notare alcuni aspetti più di altri e di come possano aiutarli o limitarli nell'identificare correttamente una situazione critica.

Se ora passiamo dalla prospettiva dei singoli operatori a quella del sistema sociomateriale, in cui i processi di rilevamento possono essere compiuti in parte da esseri umani e in parte da macchine, risulterà evidente come tali sistemi necessitino di uno strumento che li renda trasparenti a se stessi, ovvero che permetta sia agli agenti umani che a quelli artificiali che operano nel sistema di capire e interpretare i processi che hanno luogo all'interno di esso.

Partendo dall'assunto che i processi di riconoscimento di scene sono tutt'altro che lineari, ma si basano su un complesso intreccio (che chiameremo *entanglement*) di visione, cognizione e interazione sociale, risulterà chiaro come la presenza di agenti eterogenei, umani e artificiali, all'interno di un sistema sociomateriale renda il compito di identificare una situazione critica ancora più complicato. Dal momento che è impossibile prevedere in anticipo tutte le situazioni critiche che si possono presentare, la soluzione più percorribile sembra essere quella di rendere esplicite quanto più possibile le assunzioni implicite sottostanti i processi di riconoscimento, rendendo così il sistema quanto più possibile trasparente a se stesso. A questo scopo, avere un modello chiaro e concettualmente ben fondato dei sistemi sociomateriali permetterebbe agli agenti umani e artificiali, dotati di sistemi di visione, cognizione e interazione ovviamente eterogenei, di comunicare gli uni con gli altri le informazioni rilevanti sul sistema, su come sono state ottenute e su cosa accade all'interno di esso.

Questa prospettiva "olistica" permette inoltre di superare i limiti di visioni troppo restrittive che in maniera riduttiva attribuiscono i malfunzionamenti del sistema a meri guasti tecnici o, sul fronte opposto, a negligenza o malevolenza da parte degli operatori umani, consentendo infine di affrontare a livello sistemico le situazioni critiche intrinsecamente legate a - ed emergenti proprio nella - dimensione sistemica.

Il caso di studio prescelto è un aeroporto internazionale situato nel Nord Italia, all'interno del quale sono state individuate delle aree di particolare interesse, sulle quali è stata effettuata un'analisi etnografica in vivo [1, 2].

Più nello specifico, le aree analizzate sono quelle del checkpoint di sicurezza, dove passeggeri e bagagli sono sottoposti a controllo da guardie giurate particolari, che lavorano per una compagnia di vigilanza privata; la sala di controllo e sorveglianza con le telecamere a circuito chiuso, presidiata dalla Polizia di Frontiera (Polaria); la zona di controllo dei passaporti, compito quest'ultimo svolto dagli agenti della Polaria.

Lo studio etnografico è consistito in 380 ore di osservazione partecipata, effettuate nell'arco di 13 mesi e distribuite su diverse stagioni dell'anno, giorni della settimana e periodi del giorno, in modo da garantire una copertura il più ampia possibile dei momenti della "vita" dell'aeroporto.

L'osservazione ha prodotto circa 1250 pagine di note di campo, sottoposte in seguito ad analisi etnografica. Inoltre, sono state effettuate 35 ore di videoregistrazione delle quotidiane attività di screening ai controlli di sicurezza, anch'esse analizzate con le tecniche della videoanalysis.

Infine, sempre nell'ambito dello studio etnografico, sono state effettuate 38 interviste etnografiche semi-strutturate, ognuna di una durata compresa tra 60 e 90 minuti, con guardie giurate (24) e agenti di polizia (14). Le interviste sono state trascritte e anch'esse analizzate.

Una seconda attività scientifica compiuta nell'ambito del caso di studio sono stati degli esperimenti comportamentali di psicologia cognitiva finalizzati a studiare come i fattori emotivi influenzino la presa di decisione.

A tale scopo, sono stati selezionati 36 partecipanti tra le guardie giurate, divisi in due gruppi, normalizzati rispetto alle caratteristiche demografiche e di personalità, queste ultime individuate attraverso appositi questionari.

L'esperimento consisteva prima di tutto nell'effettuare dei questionari atti a rilevare la condizione di stress ed emotiva di partenza dei vari soggetti (Perceived Stress Scale, Positive/Negative Affective Scale) e in seguito nel mostrare due video diversi ai due gruppi, entrambi relativi a situazioni tipiche del loro ambiente di lavoro, ma in un caso raffiguranti una situazione di stress, nell'altro caso una situazione rilassata. La visione dei video era finalizzata a indurre stati emotivi differenti nei due gruppi di soggetti, rilevati facendo ripetere i questionari al termine della visione dei video e misurando la variazione rispetto alle risposte precedenti.

Il passo successivo consisteva nell'esecuzione di un task al computer, denominato Gambling Task, avente lo scopo di misurare la propensione al rischio nelle decisioni. Durante il task, ai soggetti venivano presentate due ruote della fortuna, una più rischiosa, che permetteva di guadagnare più punti, ma esponeva anche al rischio di perderne di più e una più sicura, in cui sia vincite che perdite erano più limitate. A ogni giocata i soggetti dovevano scegliere su quale ruota "scommettere", sapendo che sarebbe risultato vincitore chi avesse ottenuto il punteggio più alto in un insieme di giocate selezionate casualmente. Una volta terminato il task, ai soggetti veniva somministrato un questionario (Barratt Impulsiveness Scale – BIS11), allo scopo di assicurarsi che i risultati non fossero falsati dai diversi livelli di impulsività dei soggetti.

I risultati dell'esperimento hanno mostrato come i soggetti in cui era stato indotto maggiore stress tendessero ad avere una maggiore avversione al rischio, specialmente dopo una vincita.

Infine, uno studio comparato dell'etnografia e degli esperimenti ha evidenziato la necessità di distinguere tra due tipi di stress, uno correlato al compito da effettuare e uno correlato invece alle condizioni lavorative generali e ha portato a ipotizzare una diversa influenza dei due tipi di stress sulla propensione al rischio nelle decisioni, suggerendo una nuova linea di indagine [2].

Box 2: Il caso di studio: un aeroporto internazionale

3. L'utilità di un modello ontologico

Ricapitolando quanto detto finora, abbiamo sostenuto che, affinché un sistema sociomateriale sia messo nelle condizioni di prevenire, rilevare e reagire alle situazioni critiche in maniera efficace a livello sistemico, è importante che il sistema sia trasparente a se stesso, ovvero che tutti gli agenti che partecipano a esso, siano questi umani o artificiali, siano in grado di conoscere come è fatto il sistema, cosa può accadere al suo interno, come gli altri agenti possono interpretare ciò che sta accadendo e di comunicarselo. Serve dunque uno strumento che possa rappresentare tutta questa informazione e renderla fruibile sia agli agenti umani che a quelli artificiali.

La soluzione proposta con il progetto ViCoSo è quella di costruire un modello ontologico ben fondato. Le categorie di tale modello, quelle attraverso le quali vengono rappresentate le entità e le relazioni più rilevanti per descrivere il sistema, sono pensate per essere intuitive e sono basate su tecniche di analisi fondatale, mutate dalla filosofia, dalla linguistica e dalle scienze cognitive. Per tali ragioni, i modelli elaborati dovrebbero risultare più comprensibili per gli esseri umani.

Una volta completata l'analisi, ciò che ne emerge viene espresso attraverso assiomi formali, che permettono di formulare vincoli rigorosi sulle categorie individuate e possono essere tradotti in linguaggi implementabili nelle macchine, così che gli agenti artificiali possano eseguire dei ragionamenti automatici sulla conoscenza disponibile. Inoltre, il fatto che le assunzioni su cui si fondano i concetti utilizzati siano rese esplicite favorisce l'interoperabilità tra agenti artificiali costruiti su piattaforme diverse.

La chiarificazione concettuale che l'analisi ontologica implica e produce ha vari meriti: per prima cosa, può aiutare i progettisti dei sistemi sociomateriali a essere più consapevoli di tutti gli aspetti illustrati sopra, cercando di prevenire il più possibile le situazioni critiche e preparando delle reazioni sistemiche già al *design time*. In secondo luogo, può favorire gli agenti che vivono nel sistema nella gestione delle situazioni critiche al *run time*. Infine, il lavoro di analisi presuppone necessariamente, come vedremo tra poco, un approccio interdisciplinare e porta scienziati appartenenti ad ambiti disciplinari anche molto distanti a condividere informazioni e strumenti; questa condivisione inevitabilmente restituisce nuovo materiale e nuove prospettive in ogni singolo settore disciplinare coinvolto e ciò costituisce già di per sé un avanzamento in termini di conoscenza scientifica.

4. Perché è necessario un approccio interdisciplinare

La costruzione di un modello ontologico presuppone l'utilizzo di competenze molto eterogenee, assolutamente non circoscrivibili a una sola disciplina; in questo senso si può dire che il carattere interdisciplinare sia intrinseco alla sua metodologia. Tale metodologia si compone di due fasi: una analitica e una di modellazione vera e propria. Nella fase analitica vengono individuati i concetti fondamentali del dominio che si intende modellare e le relazioni primitive che intercorrono tra di essi; per poterne avere una comprensione profonda, sono necessarie le competenze specifiche degli esperti di dominio. Nel caso del progetto ViCoSo, il dominio è esso stesso variegato e comprende gli studiosi di visione e cognizione umana (scienze cognitive), visione artificiale (computer vision), interazione umana (sociologia) e cognizione e interazione artificiale (intelligenza artificiale). Terminata questa fase di analisi, è necessario compiere un'opera di astrazione concettuale, per poter poi passare alla modellazione in linguaggio formale; a questo scopo risultano indispensabili gli strumenti della filosofia, mentre per la modellazione vera e propria vengono impiegate competenze di logica matematica.

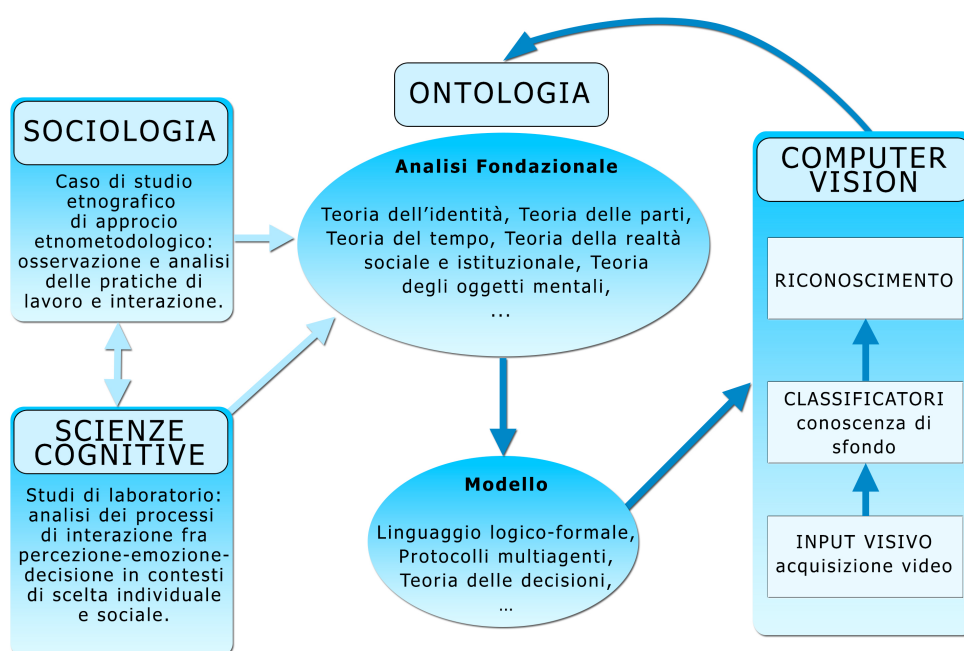


Figura 1 L'approccio di ViCoSo

In ViCoSo, quindi, siamo partiti dal caso di studio, la cui osservazione e analisi, compiute con gli strumenti della sociologia e della psicologia cognitiva sono servite da base per individuare le categorie e relazioni primitive dei sistemi sociomateriali, caratterizzate attraverso un'ulteriore analisi filosofica e in seguito espresse attraverso definizioni e assiomi formali. Nel progetto si sono infine studiate le possibili integrazioni tra i modelli ontologici, che forniscono

informazione di alto livello relativa al sistema e le tecniche di computer vision, solitamente operanti a un più basso livello (si veda la Fig. 1). Tale integrazione costituisce una delle parti più impegnative del progetto, poiché ontologia e computer vision operano con metodologie e tecniche molto diverse, deterministiche e di intelligenza artificiale classica le prime, probabilistiche e basate su reti neurali le seconde. Al tempo stesso, la sfida di integrare questi due approcci costituisce anche una delle linee di ricerca più promettenti originate dal progetto ViScoSo.

5. Nuove linee di ricerca nell'incontro tra discipline diverse

La natura fortemente interdisciplinare del progetto ha favorito il delinearsi di nuove linee di ricerca che prevedono l'impiego di approcci in cui vengono integrate tecniche e metodologie sviluppate in settori disciplinari tradizionalmente anche molto distanti.

Da un punto di vista analitico, l'analisi sociologica (interazionista) di alcune trascrizioni di conversazioni che hanno avuto luogo durante il verificarsi di una situazione critica (nella fattispecie un incidente aereo), è stata integrata con un'analisi di carattere filosofico, allo scopo di individuare alcune nozioni fondamentali per rappresentare alcuni fallimenti interazionali che possono dare luogo a situazioni di crisi, anche catastrofiche [3].

Un secondo esempio di tale integrazione, relativo al materiale empirico raccolto nel corso del progetto, è risultato dalla scelta di studiare il comportamento di un gruppo di lavoratori dell'aeroporto oggetto del caso di studio, le guardie giurate particolari impiegate ai controlli di sicurezza. Alcune persone appartenenti a tale gruppo sono state osservate durante lo svolgimento quotidiano delle proprie attività professionali, sono state videoriprese mentre eseguivano alcuni compiti e sono state intervistate, utilizzando metodologie tipiche dell'approccio etnografico sviluppato in sociologia; successivamente, alcune di queste persone sono anche state sottoposte a un esperimento di psicologia cognitiva ed è stato aperto un ragionamento su come confrontare quanto è emerso dai due tipi di studio per fornirne una lettura integrata [2].

In una prospettiva più sperimentale, invece, teorie sociologiche interazioniste, basate sull'analisi degli aspetti non verbali all'interazione (ad esempio prossemica e gestualità) e applicate allo studio dei gruppi, integrate a tecniche di riconoscimento visivo elaborate in ambito di computer vision, hanno permesso di ottenere ottimi risultati in ottica di social signal processing, un ambito che sta riscuotendo un interesse sempre maggiore nella comunità scientifica della computer vision. Questi studi si sono concentrati più specificatamente sull'individuazione di varie tipologie di gruppi [4, 5] e nell'analisi del comportamento di folle in ambienti vincolati, come per esempio sugli spalti di un palazzetto sportivo [6, 7] (si veda anche oltre).

Sempre in ambito sperimentale, incrociando i risultati di alcuni questionari psicologici atti a individuare i tratti caratteristici di personalità, con analisi statistiche tese a rilevare pattern di comportamento (in questo caso alcune caratteristiche di stile adottate durante una chat, come ad esempio sequenza

dei turni di parola, uso della punteggiatura o delle emoticon, ecc.), è stato possibile associare tratti di personalità e stili di scrittura, mostrando come alcune caratteristiche specifiche di stile di scrittura possano portare a individuare, all'interno di un gruppo, le persone con alcuni tratti di personalità pronunciati, come ad esempio l'impulsività [8]. Questi lavori suggeriscono la possibilità di impiegare tecniche probabilistiche rispettose della privacy (perché astraggono dai singoli individui in fase di riconoscimento) per rilevare comportamenti che possono essere associati a caratteristiche che possono indicare eventuali fattori di rischio.

Una nuova area di ricerca che si è rivelata ampia e decisamente promettente è quella che vede l'integrazione di tecniche semantico-ontologiche, da un lato, e statistiche tipiche della computer vision, dall'altro.

Un primo filone di questi lavori si è concentrato sulla creazione automatica di training set per il riconoscimento di oggetti in immagini estratte da internet con una tecnica basata su gruppi di parole-chiave ottenute automaticamente sfruttando le relazioni semantiche di risorse linguistiche, come WordNet. L'applicazione di tali tecniche permette di effettuare una sorta di "filtraggio semantico" delle immagini che compongono il training set, ottenendo risultati comparabili, per precisione e accuratezza, a quelli dei dataset *benchmark*, ma più generalizzabili. In altre parole, i *benchmark* ottengono ottimi risultati quando i classificatori utilizzano lo stesso dataset sia per il training che per il testing set, ma le loro performance peggiorano drammaticamente quando i classificatori vengono addestrati su un dataset e testati su un altro. L'approccio proposto, al contrario, mantiene una performance di altissimo livello indipendentemente dal dataset che si utilizza per il testing [9, 10].

Un secondo filone è invece relativo a un approccio per la classificazione visiva di oggetti (o situazioni) in immagini. Come è noto, esistono tipi di oggetti e proprietà per cui allo stato dell'arte in computer vision si dispone di classificatori molto precisi, mentre per altri il riconoscimento risulta molto più arduo. L'idea è quella di prendere gli oggetti e le proprietà sui quali si dispone di classificatori performanti e di includere i concetti che li classificano in un'ontologia come concetti-base. Per quanto riguarda invece gli oggetti e le proprietà più difficilmente riconoscibili visivamente, si fornisce una definizione all'interno della stessa ontologia, che sfrutti le relazioni tra i concetti-base. A questo punto, una volta che gli algoritmi di computer vision individuano oggetti che siano istanze di questi concetti-base, è possibile, effettuando dei ragionamenti sull'ontologia, dedurre la presenza di oggetti la cui definizione è contenuta o inferita automaticamente dagli assiomi dell'ontologia. Il riconoscimento viene quindi ottenuto usando un approccio integrato [11].

Infine, sempre sul versante dell'integrazione tra approccio ontologico e tecniche di computer vision e in continuità con il punto precedente, sono stati condotti approfonditi studi sul comportamento della folla di spettatori (*spectator crowd*) [6, 7]. Questo tipo di folla costituisce un oggetto di analisi interessante nella prospettiva di ViCoSo poiché in molti sistemi sociomateriali, come gli aeroporti, le stazioni, gli ospedali, gli uffici pubblici ecc. vi è una significativa presenza di folle il cui comportamento è assimilabile a quello della folla di spettatori; ovvero,

i loro movimenti sono vincolati nello spazio da infrastrutture fisiche dell'ambiente e hanno un focus comune di attenzione (si pensi ai tabelloni delle partenze o agli sportelli dove si erogano i servizi). La metodologia utilizzata in questo ambito di studi coniuga tecniche per il riconoscimento visivo automatico di movimenti elementari, analisi informata da studi sociologici su come una certa sequenza di movimenti in un dato contesto veicoli un certo significato (ed esempio alzarsi in piedi e agitare un oggetto sugli spalti di uno stadio può essere interpretato come esultare) e modellazione concettuale, finalizzata a fornire una rappresentazione di tale aggregazione di movimenti semplici in azioni complesse e dotate di significato. Nell'ambito di queste ricerche è stato redatto e annotato un corposo dataset [7], che è stato poi reso pubblicamente accessibile a fini di ricerca all'indirizzo vips.sci.univr.it/dataset/shock.

Da ultimo, a partire da tutti gli studi precedentemente menzionati, si è proceduto alla fase di modellazione, che ha preso le mosse dall'ontologia DOLCE per estenderla e specializzarla sull'ambito del progetto, ovvero i sistemi sociomateriali. DOLCE è un'ontologia fondazionale sviluppata dal Laboratorio di Ontologia Applicata di Trento a partire dal 2001 e che risulta a oggi una delle ontologie fondazionali più utilizzate all'interno delle applicazioni. In ViCoSo ci si è concentrati principalmente sul modulo di ontologia sociale e su quello di ontologia della mente.

Nel primo caso, uno dei risultati più importanti è stata la definizione del concetto di agentività di un gruppo sociale, attraverso la formalizzazione di criteri che permettano di distinguerlo da meri aggregati di individui sulla base della presenza di procedure di decisione collettiva e di definire le sue relazioni con la nozione di organizzazione [12]. Si sono inoltre definite diverse nozioni di conflitto di gruppo, distinguendo il disaccordo tra individui all'interno di un gruppo e la contraddizione sociale, derivante dalla contraddittorietà delle procedure di decisione collettiva [13]. Infine, è stata sviluppata una logica per ragionare su azioni e credenze dei gruppi [14] e sulla nozione di razionalità nelle decisioni dei gruppi [15]. Nell'ottica di ViCoSo, le distinzioni elaborate in questi lavori sono particolarmente importanti per identificare comportamenti collettivi organizzati e per l'attribuzione di responsabilità delle azioni compiute all'interno del sistema sociomateriale.

Le interazioni tra agenti all'interno dei sistemi sociomateriali sono spesso mediate e vincolate dall'uso di artefatti e dallo sfruttamento di risorse. In quest'ottica sono stati condotti una serie di lavori nel campo della logica, necessaria alla modellazione, elaborando logiche dell'azione basate su risorse e artefatti [16, 17], che integrino anche operatori sensibili al tempo e all'ordine [18].

Per quanto riguarda l'ontologia della mente, un'importante estensione dell'ontologia DOLCE ha riguardato l'introduzione e la modellazione della nozione di oggetto visivo come oggetto percettivo ascrivibile a un agente. Tale nozione è utile per mostrare come uno stesso oggetto fisico possa essere percepito e interpretato in maniera diversa dai diversi agenti e come sia possibile, attraverso tecniche di judgment aggregation, elaborare criteri per stabilire un'interpretazione collettiva a partire dalle interpretazioni individuali [19]. Tecniche di judgment aggregation sono state utilizzate anche per l'integrazione di diverse ontologie, identificando diverse strategie per

attribuire pesi più o meno equi alle opinioni dei membri di un gruppo [20]. Si sono inoltre studiate e modellate le relazioni e la catena di dipendenze che intercorrono tra emozioni (semplici e complesse), credenze e decisioni [21].

Ancora nell'ambito del mentale, è stato approfondito lo studio della teoria degli spazi concettuali (che modellano aspetti cognitivo/percettivi), discutendo la possibilità, da un punto di vista filosofico, di condividere concetti [22], approfondendo anche il loro rapporto col ragionamento simbolico della logica [23].

Infine, è stata modellata la nozione di *entanglement* per poter rendere conto di quegli oggetti e concetti, la cui importanza è cruciale per poter comprendere i sistemi sociomateriali, che dipendono da oggetti e concetti appartenenti ad ambiti tradizionalmente concepiti come distinti, come ad esempio il fisico e il sociale (organizzazioni) o il fisico e il mentale (artefatti) [24].

Il modello costruito nell'ambito del progetto ViCoSo è ancora in evoluzione e auspicabilmente continuerà a evolvere anche dopo la fine del progetto stesso ma, grazie alla sua capacità di rappresentare la complessità dei sistemi sociomateriali, costituisce un importante primo passo verso la loro comprensione e verso la costruzione di sistemi decisionali complessi, in grado di fare leva sulle conoscenze degli agenti umani e artificiali che operano all'interno dei sistemi sociomateriali aggregandole per produrre decisioni e piani sistemici.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare la Provincia Autonoma di Trento, finanziatrice del progetto, ma anche e soprattutto i membri del team ViCoSo, senza la cui collaborazione non sarebbe stato possibile realizzare l'ambiziosa proposta progettuale: Chiara Bassetti, Davide Conigliaro, Cinzia Giorgetta, Daniele Porello, Francesco Setti e Nicola Zeni.

Bibliografia

- [1] Bassetti, C., Campos, M. L. M., Ferrario, R. (2015). "Airport security checkpoints: an empirically-grounded ontological model for supporting collaborative work practices in safety-critical environments", in Palen, L., Büscher, M., Comes, T., Hughes, A. (a cura di) *Proceedings of the 12th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2015)*, http://iscram2015.uia.no/?page_id=1431 (ultimo accesso febbraio 2016).
- [2] Bassetti, C., Giorgetta, C., Ferrario, R. (2015). "Work- and Job-related Stress, Emotions, and Performance in Critical Situations. An interdisciplinary study in the context of airport security" in Airenti, G., Bara, B. G., Sandini, G. (a cura di) *Proceedings of the EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science (EAP-CogSci 2015)*, CEUR Workshop Proceedings, vol. 1419, <http://ceur-ws.org/Vol-1419> (ultimo accesso febbraio 2016).
- [3] Bassetti, C., Bottazzi, E., Ferrario, R. (2013). "Fatal attraction. Interaction and crisis management in socio-technical systems", *29th European Group for Organizational Studies Colloquium (EGOS 2013)*, <http://www.cnr.it/istituti/>

ProdottoDellaRicerca.html?cds=078&id=298469 (ultimo accesso febbraio 2016).

[4] Setti, F., Lanz, O., Ferrario, R., Murino, V., Cristani, M.. (2013). "Multi-scale F-formations Estimation for Group Detection", *Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP 2013)*, IEEE, 3547-3551.

[5] Setti, F., Russell, C., Bassetti, C., Cristani, M. (2015). "F-formation Detection: Individuating Free-standing Conversational Groups in Images", *PLOS One*, 10, 5, e0123783.

[6] Conigliaro D., Setti F., Bassetti C., Ferrario R., and Cristani M. (2013). "ATTENTO: ATTENTION Observed for automated spectator crowd analysis", *Human Behavior Understanding*, Volume 8212 della serie Lecture Notes in Computer Science, 102-111.

[7] Conigliaro, D., Rota, P., Setti, F., Bassetti, C., Conci, N., Sebe, N., Cristani, M. (2015). "The S-HOCK Dataset: Analyzing Crowds at the Stadium", *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2015)*, 2039-2047.

[8] Roffo, G., Giorgetta, C., Ferrario, R., Riviera, W., Cristani, M., "Statistical Analysis of Personality and Identity in Chats Using a Keylogging Platform", *Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction*, ACM, 224-231.

[9] Setti, F., Cheng, D., Abduljalil Abdulhak, S., Ferrario, R., Cristani, M. (2013). "Ontology-assisted Object Detection: Towards the Automatic Learning with Internet" in Petrosino, A. (a cura di) *Image Analysis and Processing, ICIAP 2013*, Volume 8157 della serie Lecture Notes in Computer Science, 191-200.

[10] Cheng, D., Setti, F., Zeni, N., Ferrario, R., Cristani, M. (2015). "Semantically-driven Automatic Creation of Training Sets for Object Recognition", *Computer Vision and Image Understanding*, 131, 56-71.

[11] Porello, D., Cristani, M., Ferrario, R. (2015). "Integrating Ontologies and Computer Vision for Classification of Objects in Images" in Besold, T. R., Kühnberger, K.-U. (a cura di) *Proceedings of the Workshop on Neural-Cognitive Integration. KI 2015 38th German Conference on Artificial Intelligence*, Publication Series of the Institute of Cognitive Science PICS, University of Osnabrück, Vol. 1-2013, 1-15.

[12] Porello, D., Bottazzi, E., Ferrario, R. (2014). "The Ontology of Group Agency" in Garbacz, P., Kutz, O. (a cura di) *Formal Ontology in Information Systems*, 8th International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2014), Volume 267 della serie Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press, 183-196.

[13] Porello, D., Bottazzi, E., Ferrario, R. (2015). "Group Conflict as Social Contradiction" in D'Errico, F., Poggi, I., Vinciarelli, A., Vincze, L. (a cura di) *Conflict and Multimodal Communication*, Volume 1 della serie Social Research and Machine Intelligence, 33-53.

- [14] Porello, D. (2015). "Majoritarian Group Action", Principles and Practice of Multi-Agent Systems, 18th International Conference, Bertinoro, Italy, October 26-30, 2015, Volume 9387 della serie Lecture Notes in Computer Science, Springer. 416-432.
- [15] Porello, D. (2013). "A Proof-Theoretical View of Collective Rationality" in F. Rossi (a cura di) *Proceedings of the 23rd International Joint Conference of Artificial Intelligence (IJCAI 2013)*, 317-323.
- [16] Porello, D., Troquard, N. (2014). "A resource-sensitive logic of agency", *ECAI 2014, Proceedings of the 21st European Conference on Artificial Intelligence*, Volume 263 della serie Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press, 723-728.
- [17] Porello, D., Troquard, N. (2015). "Non-normal modalities in variants of Linear Logic", *Journal of Applied Non-Classical Logics*, 25(3), 229-255.
- [18] Borgo, S., Porello, D., Troquard, N. (2014). "Logical Operators for Ontological Modeling" in Garbacz, P., Kutz, O. (a cura di) *Formal Ontology in Information Systems, 8th International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2014)*, Volume 267 della serie Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press, 23-36.
- [19] Porello, D., Setti, F., Ferrario, R., Cristani, M. (2013). "Multiagent socio-technical systems: An ontological approach" in T. Balke (a cura di) *Coordination, Organisations, Institutions and Norms in Agent Systems IX (COIN 2013)*, Volume 8386 della serie Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, 42-62.
- [20] Porello, D., Endriss, U. (2014). "Ontology Merging as Social Choice: Judgment Aggregation under the Open World Assumption", *Journal of Logic and Computation*, 24 (6), 1229-1249.
- [21] Porello, D., Ferrario, R., Giorgetta, C. (2013). "Ontological modeling of emotion-based decisions" in K.U. Kühnberger, P. König, S. Walter (a cura di) *Proceedings of the workshop Formalizing Mechanisms for Artificial General Intelligence and Cognition (FormalMAGIC-2013)*, Publication Series of the Institute of Cognitive Science PICS, University of Osnabrück, Vol. 1-2013, 17-23.
- [22] Bottazzi, E., Masolo, C., Porello, D. (2014). "Old and New Riddles about Concept Sharing", *Proceedings of the European Conference on Social Intelligence (ECSI 2014)*, 16-27.
- [23] Masolo, C., Porello, D. (2015). "A cognitive view of relevant implication", *Proceedings of the 3rd International Workshop on Artificial Intelligence and Cognition*, Turin, Italy, September 28-29, 2015, CEUR Workshop Proceeding 1510, 40-53.
- [24] Ferrario, R., Porello, D. (2015). "Towards a conceptualization of socio-material entanglement" in Christiansen, H., Stojanovic, I., Papadopoulos, G. (a cura di) *Modeling and Using Context. The Ninth International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context, CONTEXT 2015*, Volume 9405 della serie Lecture Notes in Computer Science, 32-46.

Biografia

Roberta Ferrario è ricercatrice presso il Laboratorio di Ontologia Applicata dell'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR. Ha ottenuto il suo dottorato di ricerca in co-tutela presso l'Università degli Studi di Milano e l'Université Marc Bloch di Strasburgo nel 2003. I suoi interessi principali sono nell'ambito delle ontologie fondazionali, formali e applicate. È co-autrice, con Viola Schiaffonati, di una monografia dal titolo *Formal methods and empirical practices: conversations with Patrick Suppes*. È inoltre membro del consiglio esecutivo della *International Association for Ontology and Its Applications*, Associate Editor della rivista internazionale *Applied Ontology* e Program Chair di FOIS 2016 (*9th International Conference on Formal Ontology in Information Systems*).

E-mail: roberta.ferrario@cnr.it