

progettando **ing**

ANNO XI, N. 2 APRILE-GIUGNO 2016

Poste Italiane s.p.a. - Sped. in A. P. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1, comma 1, DCB Firenze 1

Informazione



Nerbini

SOMMARIO



3 **Editoriale** di Giuliano Gemma
Vie dell'informazione

NARRANDO



5 La tecnologia nella galassia di Asimov

14 Il campione
di Carlo Menzinger di Preussenthal

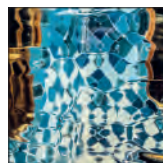
RIFLESSIONI



19 La rivoluzione digitale:
un'opportunità epocale per gli ingegneri
Mario Ascari



25 Senza sicurezza una city non è smart
Enrico P. Mariani



30 Ingegner sum, ingegneriae
nihil a me alienum puto
Bruno Lo Torto



38 Ada Byron e le origini
dell'informatica
Nicoletta Mastroleo

CONTEMPORANEA



46 Frei Otto & Pink Floyd
Fausto Giovannardi



informazione

*Trimestrale d'informazione
dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze*

Viale Milton 65 – 50129 Firenze
Tel. 055/213704 – Fax 055/2381138
e-mail: info@ordineingegneri.fi.it
URL: www.ordineingegneri.fi.it

Anno XI, n. 2
aprile-giugno 2016

Direttore: Giuliano Gemma
(progettando.direttore@nerbini.it)

Comitato di redazione: Daniele Berti, Alessandro Bonini,
Piero Caliterna, Maria Francesca Casillo, Carlotta Costa,
Beatrice Giachi, Alberto Giorgi, Nicoletta Mastroleo,
Alessandro Matteucci, Daniela Turazza

Direttore responsabile: Cinzia De Salvia

Realizzazione editoriale: Prohemio editoriale srl, Firenze

© 2017 – Edizioni Nerbini
Via A. Manzoni, 8 – 50121 Firenze
Tel. 055/200.1085
e-mail: edizioni@nerbini.it
www.nerbini.it

ISSN 2035-7125
ISBN 978-88-6434-171-2

Segreteria di redazione: Francesca Serci
(progettando.redazione@nerbini.it)

Redazione: Andrea Schillaci

Impaginazione: Barbara Giovannini
(ufficiografico@nerbini.it)

Prestampa e versione digitale: Inscripta

Stampa: Daigo Press, Limena (PD)

Autorizzazione del Tribunale di Firenze
n. 5493 del 31.5.2006 (R.O.C. n. 17419)

Gli articoli firmati esprimono solo l'opinione dell'autore
e non impegnano l'Ordine e/o la direzione e/o l'editore
della rivista.

Foto di copertina: Graffiti di autore anonimo, Fez, Marocco.
Scatto di Woodi Forlano.

Quarta di copertina: Lycosa tarantula, Sogliano Cavour (LE).
Scatto di Giuliano Gemma.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la gentile collaborazione
a questo numero Woodi Forlano, Carlo Menzinger
da Preussenthal, Cristina, tutti i collaboratori
e autori di Progettando Ing.

Vie dell'informazione

| di **Giuliano Gemma**

LE TECNOLOGIE dell'informazione e della comunicazione (ICT) permeano pressoché ogni ambito della vita umana (almeno nelle parti privilegiate del mondo). I progressi raggiunti in questi campi, in particolare nella robotica, nelle tecnologie dei materiali, nelle biotecnologie e nell'intelligenza artificiale (IA), sono enormi ed avanzano a ritmi esponenziali. In neppure un secolo di vita la quantità disparata e il grado di innovazione delle loro applicazioni sono cresciuti così rapidamente tanto da suggerire ad un curioso osservatore un altrettanto curioso parallelo con l'esplosione della diversità biologica dell'era cambriana¹.

La maggiore potenza computazionale, le nuove tecniche di apprendimento dei calcolatori, la migliore interconnessione, progettazione e fattura dei dispositivi, la sterminata disponibilità di dati da cui attingere informazioni ed esempi da cui imparare ne sono il motore.

Nuove generazioni di robot stanno rimpiazzando folte schiere di lavoratori nelle mansioni di routine e non è escluso che in un futuro prossimo possano trovare applicazione anche in campi ritenuti tradizionalmente di esclusiva competenza umana.

Veicoli senza pilota, sistemi di diagnosi medica assistita, e-commerce, biglietterie automatiche, trading automatico sui mercati finanziari, solo per fare qualche esempio, sono già realtà.

I problemi etici, culturali, sociali ed economici che conseguentemente si sollevano sono quindi piuttosto importanti.

Da una parte è necessario, come autorevolmente ed ampiamente descritto in questo numero dai nostri autori, che questi cambiamenti, impattando sulla sicurezza e sulla qualità della vita, siano governati da operatori qualificati, e gli ingegneri certamente lo sono.

Contemporaneamente occorre riflettere sulla progressiva sostituzione del lavoro umano da parte



delle macchine, sulle modalità di cessione (spesso distratta ed inconsapevole) e l'utilizzo (spesso fraudolento) delle informazioni personali, sui diritti dei cittadini, sulla sicurezza dei sistemi vitali del Paese, sulle implicazioni sociali ed etiche indotte dai cambiamenti in atto. In futuro assisteremo ad un'informatizzazione ed un'automazione sempre più spinta di tutti i processi vitali e produttivi. I dispositivi che li attueranno saranno dotati di sistemi in grado di prendere decisioni in autonomia; è inevitabile doverne discutere le possibili conseguenze.

Le leggi della robotica di Asimov (come vedremo meglio nel seguito della rivista) asseriscono che un robot non deve mai arrecare danno ad

Curiosità artistica in Tangeri, Marocco. Scatto di Woodi Forlano.

¹ Gill A. Pratt, "Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics?", *Journal of Economic Perspectives* vol. 29, no. 3, Summer 2015 (pp. 51-60).



Bosco, Puerto Navacerrada,
Spagna. Scatto di Woodi
Forlano.

2 Anche se qui molto semplificato, citiamo per curiosità e particolarità il pensiero di Ray Kurzweil, ingegnere, inventore con molti brevetti all'attivo e pensatore, in particolare il suo concetto di "singolarità", ossia il momento in cui le macchine, secondo le sue previsioni intorno al 2045, raggiungeranno livelli di intelligenza talmente evoluti e di gran lunga superiori a quelli umani da rendere impossibile ed inimmaginabile qualsiasi previsione sulle possibili conseguenze ed evoluzioni.

3 Traduzione in *Al posto tuo: Così web e robot ci stanno rubando il lavoro* di Riccardo Staglianò, Ed. Einaudi da *The human use of human beings: cybernetics and society*, Ed. Da Capo Press.

un essere umano, ma per quanto rassicuranti ed auspicabili siano, queste sono solo fantascienza. Droni e robot sono dappertutto, nelle fabbriche, nella vita quotidiana, negli scenari di guerra.

Come si comporterebbe un veicolo a guida autonoma se durante la marcia si trovasse improvvisamente un bambino davanti, potendolo evitare solo sacrificando la vita del passeggero?

Autonomo o codificato che sia, il comportamento del pilota automatico deve in qualche modo essere definito da un programmatore umano. Sono queste le tipologie di scenario che si dovranno necessariamente affrontare a livello sociale, culturale, politico e legislativo. Grandi cambiamenti sono alle porte e non si può rimanere impreparati. Sulle modalità con le quali avverranno, gli scenari sono aperti e le visioni fra gli esperti del settore sono al solito variegata.

I più ottimisti e fiduciosi sostengono che il progresso dell'automazione, dell'intelligenza artificiale e delle biotecnologie porterà benessere e ricchezza a tutti, fino a spingersi a previsioni di miglioramento biologico grazie allo sviluppo delle nanotecnologie². Non assisteremo ad una grande depressione dovuta alla sostituzione uomo-macchina, ma alla nascita di nuovi ed inimmaginabili lavori ed opportunità, così come accadde per la prima rivoluzione industriale.

I più critici credono che le macchine raggiungeranno livelli di efficacia ed efficienza di gran lunga superiori ai nostri nei settori più ripetitivi, meccanici e pertanto atti ad essere automatizzati, mentre per tutte le altre attività peculiarmente umane (le arti o i lavori che richiedono fantasia, progettazione, ingegno) continueranno ad arran-

care. Vi saranno enormi progressi e benefici, ma l'automazione spinta porterà a grandi sconvolgimenti economici e sociali e la scomparsa di molti lavori nell'immediato futuro.

Questi ultimi a nostro avviso hanno qualche motivo più valido a sostegno delle loro argomentazioni. Malgrado il tasso di sviluppo esponenziale ed i giganteschi progressi effettuati, restano diversi problemi tecnici di difficile soluzione, senza contare il consumo delle risorse energetiche, materiali e l'impatto sull'ambiente. Scriveva Norman Wiener, padre della cibernetica, a proposito della sua creatura:

È perfettamente chiaro che l'automazione produrrà una situazione di disoccupazione in confronto alla quale la depressione degli anni '30 sembrerà una barzelletta. Questa depressione rovinerà molte industrie, forse anche le stesse che sulle prime si saranno avvantaggiate per le nuove potenzialità³.

Nel mezzo stanno tutti coloro che vivono questo progresso accidentalmente, distrattamente, normalmente, senza farsi troppe domande.

Crediamo che il progresso, umano e tecnologico, riguardi il futuro di tutti, che porsi domande e cercare soluzioni sulle possibili direzioni, sull'impatto sociale ed ambientale, sull'equa distribuzione dei vantaggi indotti, sull'accesso ai diritti ed alle opportunità sia legittimo e doveroso, perché determinato da un immenso contributo collettivo, perché tutti nel mondo, in forme diverse, ne sono coinvolti. Un serio dibattito (post talk-show) è necessario, doveroso ed alquanto impellente.



A destra:
Monumento alla Rosa Bianca, Università Ludwig Maximilian, Monaco di Baviera, Germania. Scatto di Giuliano Gemma.

La TECNOLOGIA nella *galassia* di Asimov

Riflessioni sull'importante produzione
letteraria del grande scrittore di fantascienza

Carlo Menzinger di Preussenthal
Scrittore



Bamboline anonime,
Lecce. Scatto di Woodi
Forlano.

*L*a visione di Isaac Asimov della storia futura dell'umanità è raccolta, in particolare, nei tre Cicli Robot, Impero e Fondazione, che, con alcune opere "fuori ciclo", ci mostrano come, nei prossimi millenni, l'umanità si espanderà nella Galassia, un grande spazio globalizzato, in cui le differenze culturali, economiche, organizzative e tecniche tra sistemi planetari lontani sono quanto mai ridotte, grazie alla diffusione omogenea del potere dell'Impero.

NARRANDO





I romanzi (e alcuni racconti) di tali cicli, come noto, sono:

Fuori ciclo

- Tutti i miei robot (*che riunisce Io robot, 1950; Il secondo libro dei robot, 1964; L'uomo bicentenario e racconti vari*) (The Complete Robot, 1982)
- Antologia del bicentenario (The Bicentennial Man and Other Stories, 1976)
- Madre Terra (Mother Earth, 1949), racconto presente in Asimov Story (The Early Asimov, 1972)
- Nemesis (Nemesis, 1989)

Robot

- Abissi d'acciaio o Metropoli sotterranea (The Caves of Steel, 1953)
- Il sole nudo (The Naked Sun, 1956)
- Immagine speculare (Mirror image, 1972), racconto presente in Visioni di robot e in Il meglio di Asimov
- I robot dell'alba (The Robots of Dawn, 1983)
- I robot e l'Impero (Robots and Empire, 1985)

Impero

- Il Tiranno dei Mondi o Stelle come polvere (The Stars, Like Dust, 1951)
- Le Correnti dello Spazio (The Currents of Space, 1952)
- Paria dei Cieli (Pebble in the Sky, 1950)

Fondazione

- Preludio alla Fondazione (Prelude to Foundation, 1988)
- Fondazione anno zero (Forward the Foundation, 1993)
- Fondazione o Cronache della galassia o Prima fondazione (Foundation, 1951)
- Fondazione e Impero o Il crollo della galassia centrale (Foundation and Empire, 1952)
- Seconda Fondazione o L'altra faccia della spirale (Foundation and Empire, 1952)
- L'orlo della Fondazione (Foundation's Edge, 1982)
- Fondazione e Terra (Foundation and Earth, 1986)

La tecnica e la scienza per Asimov si sviluppano soprattutto lungo i seguenti filoni:

- viaggi interstellari, effettuati mediante salti nell'iperspazio, superando i limiti della velocità della luce;
- robotica, regolata dalle famose Leggi;
- controllo matematico della storia mediante la Psicostoria;
- telepatia (sia come risultato tecnologico, sia come caratteristica naturale);
- terraformazione dei pianeti fino a realizzare un pianeta come unico organismo pensante (Gaia);
- clima controllato;
- colture idroponiche;
- telecomunicazioni tridimensionali (solo su Solaria);
- mutazioni genetiche (che portano alla nascita del Mulo o sono ipotizzate dagli abitanti di Alfa, che sognano di trasformarsi in anfibi);
- allungamento della durata della vita.

Sebbene l'arco temporale in cui si dipana la narrazione sia di migliaia di anni, si nota una certa costanza e stabilità della tecnologia, accompagnata da una discrepanza tra l'evoluzione tecnica in alcuni comparti e il mancato sviluppo di altri e da alcuni improvvisi arretramenti, primo fra tutti la scomparsa quasi totale dei robot alla fine del Ciclo omonimo.

CARLO MENZINGER DI PREUSSENTHAL

Carlo Menzinger di Preussenthal, nato a Roma il 3 gennaio 1964, vive a Firenze, dove lavora nel project finance. Ha pubblicato varie opere tra cui i romanzi ucronici *Il Colombo divergente*, *Giovanna e l'angelo*, i thriller *La bambina dei sogni* e *Ansia assassina*, i romanzi di fantascienza del ciclo *Jacopo Flammer* e *i Guardiani dell'Ucronia* e il romanzo gotico - *gallery novel* *Il Settimo Plenilunio*. Ha curato alcune antologie, tra cui *Ucronie per il terzo millennio* e pubblicato su riviste e siti web.

Il suo sito è

<https://sites.google.com/site/carlomenzinger/>
www.menzinger.it

Il suo blog è

<https://carlomenzinger.wordpress.com/>

Lo sviluppo tecnologico non è pienamente coerente sia perché in origine i tre Cicli non erano collegati, sia perché rappresentano tre diverse fasi, tra loro successive, della storia della nostra specie, sia perché sono stati scritti a decenni di distanza.

Se nei racconti e nel ciclo dei Robot abbiamo un grande sviluppo di questi automi, un allungamento notevole della durata della vita umana e un'attività di colonizzazione spaziale piuttosto felice, con i primi 50 mondi colonizzati (i Mondi Spaziali o Esterni) poco popolati, ricchi e sereni, il quadro cambia con il ciclo dell'Impero, che vede la scomparsa dei robot, la vita tornare a durate simili alle attuali e un Impero galattico dominare i nuovi pianeti, mentre la Terra, sovrappopolata, regredisce e viene dimenticata. Con il ciclo della Fondazione, accanto all'utopia dell'espansione senza limiti dell'umanità in una Galassia senza nemici alieni, troviamo la nuova utopia della Psicostoria, ovvero il sogno di orientare mediante la matematica il futuro nel modo più benefico possibile per l'umanità. Con le opere di congiunzione scritte successivamente, Asimov ci mostra come questo processo sia in realtà stato favorito proprio da un robot, quel R. Daneel Olivaw, protagonista del ciclo dei Robot, sopravvissuto fino ai tempi dell'Impero, fingendosi umano, in un mondo ormai senza più robot. Una sorta di divinità robotica che veglia in segreto sulle sorti dell'umanità e che sopravvive alla scomparsa dei suoi simili.

Questo grazie alla Legge Zero, che lo stesso Daneel ha aggiunto alle prime tre celebri leggi, creando la serie che regola il comportamento degli automi:

- Un robot non può recare danno all'umanità, né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, l'umanità riceva danno.
- Un robot non può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno. Purché questo non contrasti con la Legge Zero.
- Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contrastino con la Legge Zero e la Prima Legge.
- Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Legge Zero, la Prima Legge e la Seconda Legge.

Con il ciclo della Fondazione, accanto all'utopia dell'espansione senza limiti dell'umanità in una Galassia senza nemici alieni, troviamo la nuova utopia della Psicostoria, ovvero il sogno di orientare mediante la matematica il futuro nel modo più benefico possibile per l'umanità

Sebbene all'inizio non siano confondibili con gli esseri umani, i robot si dimostrano da subito molto evoluti e intelligenti, al punto che i racconti si basano soprattutto sui paradossi logici che derivano dall'applicazione delle Leggi nei loro cervelli positronici.

Il pre-ciclo dei racconti sui robot e il Ciclo dei Robot mostrano lo sviluppo di queste macchine verso forme sempre più avanzate e umanoidi, anche se gran parte del loro sviluppo è già avvenuto nei racconti, ambientati tra XX e XXI secolo.

La maggior parte dei racconti compresi in **Tutti i miei Robot** furono realizzati negli anni '40 e '50 e alcuni descrivono un futuro che per noi è già passato. Asimov immaginava che già vent'anni fa ci potessero essere colonie sulla Luna e su Marte e che i robot umanoidi fossero in piena fase di sviluppo!

Se per certi aspetti Asimov vedeva per la fine del XX secolo un mondo ben più evoluto di quanto siamo riusciti a farlo diventare finora, per altri gli erano sfuggiti altri campi di crescita. Fa sorridere, per esempio, quando racconta di un robot dedicato alla correzione di bozze: non aveva immaginato né la videoscrittura, né Internet, né gli scanner!

Analogamente, i suoi robot sfogliano i libri per raccogliere informazioni, anziché immetterle nei loro cervelli sotto forma di file elettronici.

Peraltro, mentre parla con largo anticipo di aspetti della tecnologia che si stanno sviluppando, come le colture idroponiche, dall'altra si basa su teorie che ci paiono ancora non realizzabili, come i viaggi a velocità superiore a quella della luce (tramite i salti nell'iperspazio), o definisce i cervelli dei robot "positronici", come se fosse possibile immaginare una tecnologia in grado di manipolare l'antimateria costituita dai positroni in modo così agevole da inserirla in "scatole" piccole come una testa meccanica senza provocarne l'annichilimento.



La coltivazione idroponica è una tecnica di coltivazione fuori suolo in cui la terra è sostituita da un substrato inerte. Asimov ne parla come della grande soluzione per sfamare una Terra sovrappopolata. La tecnica è oggi ben nota e sono ormai settant'anni che è studiata.

Abissi d'acciaio, con cui inizia il ciclo dei Robot è ambientato un migliaio d'anni dopo l'inizio della colonizzazione dei Mondi Esterni. Mentre in mille anni anche la robotica non sembra aver fatto grandissimi progressi dai livelli già avanzati ipotizzati per la fine del secolo scorso, vediamo Elijah Baley che si reca a un telefono pubblico (senza immaginare quindi il moderno sviluppo delle telecomunicazioni).

Fa sorridere vedere come "catastrofica" la previsione di una Terra popolata, tra mille anni, solo da otto miliardi di abitanti, quando l'ONU prevede che saremo 8,5 miliardi già nel vicino 2030. Una simile pressione demografica renderebbe indispensabile la colonizzazione di nuovi mondi

Ancora futuribile appare l'efficiente sistema di trasporti mediante strade mobili, tapis roulant a velocità variabili, sui quali gli abitanti si spostano, saltando da un nastro a un altro più o meno veloci, fino a raggiungere la velocità di crociera o tornare a velocità che consentano di lasciare i nastri trasportatori.

Fa sorridere vedere come "catastrofica" la previsione di una Terra popolata, tra mille anni, solo da otto miliardi di abitanti, quando l'ONU prevede che saremo 8,5 miliardi già nel vicino 2030. Una simile pressione demografica renderebbe indispensabile la colonizzazione di nuovi mondi, processo che la Terra aveva da tempo interrotto, delegandolo ai Mondi Esterni. L'umanità, se non troverà nuove frontiere, sarà condannata a una vita distopica da polli in batteria, con alimentazione artificiale e case ridotte all'essenziale. In **Abissi d'acciaio** ci sono bagni pubblici (i Diurni), non essendo più possibile sostenere il lusso di servizi igienici privati.

Mentre i terrestri vivono ammassati, rinchiusi in "abissi d'acciaio" senza osare uscire all'aria aperta e con pochissimi robot, che non accettano, al contrario gli abitanti di Solaria sono solo ventimila, ma hanno migliaia di robot per ciascuno. Vivono sulla superficie del pianeta, sotto il "sole nudo", ma non s'incontrano mai tra di loro, avendo una vera e propria fobia del contatto.

Terra e Solaria sono i due estremi sociologici dell'umanità asimoviana di questo periodo. Su Solaria le persone non si vedono mai di persona. Si "visionano", ovvero si incontrano con sistemi di telecomunicazione tridimensionali.

Ne **Il Sole nudo** l'analisi del futuro non si ferma mai alla tecnologia, ma arriva ai rapporti degli uomini con questa e tra di loro. Le preoccupazioni di Asimov per un mondo, per lui decadente, in cui la "visione" (il virtuale) prevale sull'incontro personale (sui veri rapporti umani) anticipano (siamo nel 1956) le attuali preoccupazioni degli educatori per un mondo dominato dalla telefonia mobile, dalle community virtuali e dalle chat.

I Robot dell'alba mostra l'inizio della seconda fase dell'esplorazione e colonizzazione spaziale della Galassia e i germi della Psicostoria.

I Robot e l'Impero spiega come una Galassia la cui colonizzazione è iniziata con l'ausilio determinante della robotica, si ritrovi poi a non aver più automi.

È ambientato due secoli dopo la trilogia originaria. La Galassia è divisa tra i terrestri, che vivono, come noi, al massimo per un secolo, e gli Spaziali, che vivono tre o quattro secoli. Con adeguate condizioni ambientali, Asimov ipotizza dunque un allungamento della durata della vita umana.

Antenata di macchina fotografica, Museum of Science & Industry, Manchester, Regno Unito. Scatto di Woodi Forlano.





Il robot umanoide R. Daneel Olivaw e il robot telepatico R. Giskard Reventlov, intenti a salvare i mondi, elaborano la Legge Zero, una legge non presente nella loro programmazione ma che li porta a collocare il bene dell'umanità nel suo insieme davanti a ogni altra priorità.

Il Tiranno dei Mondi è il primo del Ciclo dell'Impero e presenta una Galassia senza più robot. A parte l'ambientazione spaziale, il futuro descritto appare anche troppo simile al nostro presente, non tanto per alcuni aspetti tecnici, come le pellicole cinematografiche ancora in uso, ma soprattutto per i rapporti umani, assai poco mutati. Come se oggi noi si vivesse alla maniera del medio evo!

Trantor, la capitale dell'Impero, ha un clima controllato, essendo interamente chiusa sotto una calotta.

narrazione). Si tratta di un sarto in pensione, Joseph Schwarz, destinato a salvare la Galassia. Piuttosto improbabile il fatto che proprio lui finisca per fare da cavia a un macchinario in via di sperimentazione, destinato a potenziare l'intelligenza umana, facendolo diventare un telepatico, capace di condizionare i movimenti delle persone con la forza del pensiero e persino di uccidere.

Preludio alla Fondazione conferma quanto letto nelle opere precedenti: l'uomo ha colonizzato milioni di mondi ma non si è mai imbattuto in nessuno essere intelligente. Persino gli animali e le piante aliene sono assai poco citati e sembrano autentiche rarità. Come può essere che tra i milioni di mondi abitati nessuno abbia sviluppato forme di vita propria degne di nota?

La Galassia che Asimov ha voluto disegnarci, così pulita, regolare e prevedibile (anche grazie alla Psicostoria), appare molto WASP (White Anglo-Saxon Protestant), sebbene si parli della decadenza dell'Impero. Anche se il protagonista si cala nei quartieri più malfamati e affronta i delinquenti locali, la sensazione è sempre quella che, poco lontano, ci sia un mondo ordinato e sereno.

Con il ciclo della Fondazione aggiungiamo un nuovo elemento all'utopia asimoviana: la possibilità di prevedere e regolare i flussi della storia. Regolare la storia per creare un futuro a misura dell'uomo, mediante una scienza capace di prevedere e regolare le pulsioni delle folle sterminate della Galassia.

In Fondazione anno zero il robot telepatico umanoide R. Daneel Olivaw si conferma qui nel suo ruolo di semidio robotico, che veglia con i suoi poteri telepatici e la sua intelligenza superiore sulle sorti dell'umanità, elemento fondamentale dell'utopia atea asimoviana, dove non ci sono veri Dei ad assisterci ma in cui una macchina può supplire all'assenza divina, dandoci il conforto che la sua saggezza saprà guidarci meglio di quella di qualunque, imperfetto, essere umano. Le Leggi della Robotica e la Psicostoria si sostituiscono al Destino nel regolare e indirizzare l'umanità. La tecnologia, per quanto imperfetta, assume caratteri divini.

Con il ciclo della Fondazione aggiungiamo un nuovo elemento all'utopia asimoviana: la possibilità di prevedere e regolare i flussi della storia

*Ne **Le correnti dello spazio** la Terra è ormai quasi dimenticata e ridotta a semplice leggenda. Vi troviamo uno scienziato che è stato sottoposto a un trattamento che gli ha fatto perdere la memoria, mediante una tecnica di manipolazione della mente.*

In Paria dei cieli si parla del conflitto tra l'Impero, che conta milioni di pianeti, e una Terra che un tempo era il centro dell'espansione dell'umanità, ma che ora è solo uno dei più poveri e dimenticati pianeti, con una superficie radioattiva e devastata. L'energia atomica, data pressoché per scontata in tutti i romanzi, qui si manifesta nei suoi aspetti più deteriori. Gli abitanti della Terra, i paria dell'Impero, nonostante la loro decadenza, conservano sogni di grandezza terroristica e stanno approntando un'arma batteriologica in grado di uccidere tutti gli abitanti della Galassia, eccetto se stessi. Su questa vicenda s'introduce l'arrivo di un uomo proveniente dal nostro presente, con un viaggio nel tempo (caso unico nella

Oltre agli ampi riferimenti ai tre Cicli, in **Fondazione Anno Zero** c'è persino un accenno al romanzo **Nemesis**, che descrive la colonizzazione del primo pianeta fuori del Sistema Solare e presenta un personaggio con doti assai simili a quelle di R. Daneel Olivaw, della nipote del matematico Wanda, del sarto Joseph Schwarz, per non parlare del Mulo, degli uomini della Seconda Fondazione o di Gaia, il pianeta pensante. In **Nemesis** la quindicenne Marlene ha, infatti, doti telepatiche. Se R. Daneel Olivaw è una macchina e Joseph Schwarz riceve i propri poteri grazie a delle macchine, dunque per loro la telepatia è un prodotto tecnologico, il Mulo, Wanda e Marlene nascono con questa capacità, mentre gli uomini della Seconda Fondazione la sviluppano mediante l'esercizio mentale.

In **Cronache della Galassia** (o **Fondazione** o **Prima Fondazione**) la Fondazione, nella quale Seldon ha riunito un'importante comunità scientifica con il falso obiettivo di scrivere un'Enciclopedia Galattica e con il vero proposito di fornire una guida (formata da uomini di scienza e cultura) per la Galassia, nel momento in cui il potere centrale di Trantor fosse inevitabilmente crollato, come le sue previsioni psicostoriche mostravano, fa pensare ai saggi governanti della "Repubblica" platonica.

Se in **Fondazione** la Galassia era controllata dai calcoli matematici dell'inventore della Psicostoria, un universo cioè con un forte determinismo, in cui il volere dei singoli è annullato e tutto ciò che conta sono solo i movimenti delle masse umane, in **Fondazione e Impero** Asimov "sospende" questa visione. La previsione psicostorica è qui sconfitta dall'individualismo. Assistiamo alla sconfitta di ogni modello. Muore come previsto l'Impero, è sconfitta la Fondazione, e persino il Mulo, che era stato capace di realizzare un'unificazione della Galassia in tempi imprevedibili e impenabili, fallisce nel suo tentativo di individuare la Seconda Fondazione, comprendendo che il suo sogno di creare un nuovo impero rischia di naufragare.

L'altra faccia della spirale o **Seconda Fondazione** è nel più classico stile asimoviano, con perso-

naggi che si combattono sì con potenti poteri mentali (telecinetici) e fisici (armamenti nucleari), ma in cui le vere battaglie sono verbali, in cui qualcuno cerca di scoprire qualcosa o di convincere qualcuno che è stato sconfitto e che deve arrendersi. Scopriamo diverse versioni della verità, che ogni volta sono superate dalla successiva. Appare davvero "fantascientifico" immaginare che i problemi si possano risolvere solo discutendo!

Asimov fa spesso riferimento alla psicologia. Al centro del Ciclo della Fondazione c'è la Psicostoria, lo studio matematico e psicologico delle masse, Asimov presta attenzione all'emotività e persino i suoi robot la sviluppano, persino il Mulo controlla i suoi uomini mediante le emozioni, così come non mancano avventure e imprese fisiche, ma alla fine la razionalità della discussione rimane la componente più forte. La razionalità che tutto imbriglia.

In una Galassia in cui l'umanità è tanto evoluta da popolare milioni di mondi, viaggiando con facilità da una stella all'altra, da avere un controllo sulle menti, alcune cose ricordano troppo l'America degli anni '40! La quattordicenne Arcadia gira tenendo in tasca i soldi (ci sono ancora?) per comprarsi un biglietto per un volo interstellare, ma per andare allo spaziorporto cerca una sorta di cabina telefonica (non ha neppure un rozzo telefonino!) per chiamare un taxi! Si vola da una stella all'altra in poche ore ma sulla superficie dei pianeti si prende il taxi? Anche l'apparecchio per il controllo mentale è dotato di bottoni e manopole, che fanno un po' sorridere nell'era del touch-screen. Se ai giorni nostri i libri cartacei sembrano essere in procinto di sparire, nei Cicli troviamo ancora oggetti definiti libri, anche se somigliano più che altro a videocassette o DVD. Insomma, la tecnologia asimoviana è molto evoluta in alcuni, pochi campi, ma ferma in altri e gli usi sono persino meno evoluti: su pianeti che non si ricordano più dell'esistenza della Terra, il tennis è sopravvissuto!

Ne **L'orlo della Fondazione** siamo a 500 anni dalla creazione delle due Fondazioni e qualcuno, nella Prima, di nuovo sospetta che la Seconda Fondazione sia sopravvissuta, mentre nella Seconda c'è chi sospetta che vi sia una terza entità nella Galassia

Se ai giorni nostri i libri cartacei sembrano essere in procinto di sparire, nei Cicli troviamo ancora oggetti definiti libri, anche se somigliano più che altro a videocassette o DVD



che controlla sia la Seconda che la Prima Fondazione, mentre la Seconda, segretamente controlla la Prima. Sorprende la facilità di comunicazione tra parti distanti della Galassia. Se si pensa alle migliaia di lingue parlate oggi, suona davvero strano che tutti i milioni di miliardi di abitanti parlino la medesima lingua, il Galattico Standard o al massimo una sua

versione dialettale, e abbiano le medesime usanze e cultura. Eppure nessuno ricorda più che tutto ciò deriva da un unico pianeta madre comune, la Terra, del tutto dimenticato o, al massimo, considerato come una leggenda!

Le missioni delle due Fondazioni si ritroveranno su Gaia (un pianeta in cui tutto è connesso, crean-



do un unico organismo senziente). Gaia ricorda in qualche modo Nemesis, che era, però, un prodotto naturale dell'evoluzione, mentre Gaia è un pianeta artificiale, frutto dell'opera dei robot, che vi hanno costruito il mondo ideale per l'umanità. Si tratta forse del prodotto tecnologico più avanzato di tutti i Cicli.

Le due Fondazioni vogliono realizzare il Secondo Impero, ma ognuna a modo suo. Gaia ha una terza visione del futuro, una "Galassia integrata" (Galaxia), in cui ogni essere sia legato agli altri in una comunione galattica.

Fondazione e Terra è il volume conclusivo della storia plurimillennaria dell'umanità ventura. Trevice e Pelorat, cercano la Terra ormai dimenticata, sperando di trovare una spiegazione alla scelta tra la

Alfa, ricoperto da un immenso oceano, ha una sola grande isola artificiale, su cui vivono circa 25.000 persone in un misto di ritorno ai vecchi tempi andati (vivono di pesca e agricoltura) e di tecnologia evoluta che consente loro di controllare la pioggia e il clima e di aspirare alla trasformazione in anfibi. La possibilità di trasformare geneticamente l'uomo in un essere adatto all'ambiente, piuttosto che mutare quest'ultimo (terraformare) per renderlo adatto all'uomo, è accennata solo come proposito e non trova concretizzazione in nessun'altra parte dei Cicli.

I personaggi giungono infine nei dintorni della Terra ma scoprono che le leggende sono vere e il pianeta è ormai abbandonato e inabitabile per le radiazioni. Eppure se tutte le sue tracce sono state cancellate in modo da non far trovare la Terra, ci

La possibilità di trasformare geneticamente l'uomo in un essere adatto all'ambiente, piuttosto che mutare quest'ultimo (terraformare) per renderlo adatto all'uomo, è accennata solo come proposito e non trova concretizzazione in nessun'altra parte dei Cicli

Psicostoria, con le sue Fondazioni, e Galaxia. Dopo varie tappe su alcuni dei mondi che abbiamo incontrato nelle opere precedenti, arrivano sulla stella più vicina alla Terra, Alpha Centauri, e scoprono che un suo pianeta, ricoperto di acqua, è stato terraformato dall'Impero per consentire agli ultimi abitanti della Terra di emigrarvi per abbandonare il pianeta d'origine dell'umanità ormai morente. Anche se Asimov non ne parla in dettaglio in altri libri, la terraformazione è il presupposto della colonizzazione della Galassia: dove l'uomo incontra mondi poco adatti a essere abitati, li trasforma rendendoli simili alla Terra e quindi abitabili.

deve essere un motivo. Che cosa nasconde la Terra? I viaggiatori avranno allora l'intuizione di scendere sulla Luna e lì troveranno R. Daneel Olivaw, questo automa autorigenerato e vecchio ormai di oltre 20.000 anni, secondo il quale la Psicostoria non sarebbe sufficiente a creare una Galassia pacifica e sana. Daneel ha dunque ideato Gaia e il Progetto Galaxia: un'intera Galassia in collegamento telepatico, in cui ogni parte si muova per il bene comune, sia essa umana, animale, vegetale o minerale. R. Daneel Olivaw è esso stesso parte dell'utopia: un robot telepatico divenuto sempre più intelligente, guidato dalle Leggi della Robotica che lo spingono a fare il bene e che veglia per decine di migliaia di anni sulle sorti dell'umanità!

Si conclude così questa imponente raccolta di avventure che ci raccontano, non senza ottimismo, come potremmo essere nei prossimi millenni.

Bambole manga,
Logroño, Spagna.
Scatto di Woodi Forlano.



Il campione

di Carlo Menzinger di Preussenthal

– Mio Qualurf, fluttuo qui dinanzi alla tua essenza per confermarti la correttezza delle nostre supposizioni. Sul pianeta Terra c'è una civiltà di esseri materiali.

– Specifica meglio, Tvrzuf. Per “esseri materiali” intendi dunque dire che sulla Terra le creature senzienti sono allo stato solido come sospettavamo?

– Non esattamente, riverito Qualurf. Sono esseri materiali ma solo parzialmente composti di elementi solidi. Per buona parte sono composti di liquidi. Circa il 60%-70% della loro massa è, infatti, formato da acqua allo stato liquido, un composto d'idrogeno e ossigeno, anche se negli individui più anziani tale valore si riduce. In termini di molecole, quelle a base di acqua sono la quasi totalità.

– Interessante e davvero sorprendente. Mai prima nella galassia avevamo incontrato esseri capaci di pensiero astratto che non fossero in forma gassosa. Questo stato fisico consente il rapido trasferimento degli impulsi mentali e non si pensava che questo potesse avvenire anche in altri stati della materia. Che questo avvenga in una chimica a base di idrogeno e ossigeno è ancora più stupefacente!

– Tale composto, mio Qualurf, è molto diffuso sul loro pianeta come su molti altri che abbiamo visitato e vi è presente in tutti i suoi stati, solido, liquido e gassoso.

– Siete riusciti a comprendere come una razza basata su una fisica e una chimica tanto anomale abbia potuto sviluppare il pensiero astratto di cui danno prova le loro emissioni di onde radio?

– Sebbene non siano allo stato gassoso come noi, riverito Qualurf, sono composti di cellule e alcune di queste si sono specializzate, permettendo loro di trasmettere segnali al corpo, mediante i quali muovono la loro massa. Si tratta di quello che loro chiamano sistema nervoso. Ne sono dotati anche gli altri animali del pianeta. Tale sistema è regolato da un organo centrale, che chiamano cervello, particolarmente sviluppato in alcune specie, che si sono dimostrate capaci di pensiero astratto come gli esseri gassosi. Tra queste gli umani hanno sviluppato in modo particolare quest'organo e l'hanno adattato al pensiero astratto.

– Capisco. Dunque il pensiero razionale sarebbe concentrato in questa massa semisolido e non diffuso nelle cellule allo stato gassoso. Davvero singolare. A questo punto, Tvrzuf, si rende necessario prelevare un campione e portarlo con noi per studiarlo con attenzione. Non intendo un campione di cervello, ma di questa strana razza acquosa.

– Lo ritengo anche io opportuno. Avremmo pensato a un campione di circa un milione di unità. Gli esseri umani vivono in aggregati e la loro autonomia individuale è quanto mai limitata. Ciascuno è specializzato in alcuni compiti e i singoli non sono autonomi. Una comunità di un milione di individui dispone al suo interno di una buona distribuzione di competenze e nel suo complesso di una certa autonomia. Cionono-



*Interessante
e davvero
sorprendente.
Mai prima
nella galassia
avevamo
incontrato esseri
capaci
di pensiero
astratto
che non fossero
in forma gassosa*

Faro, qualche
posto in Norvegia.
Scatto di Woodi
Forlano.

stante, prelevando un simile campione dovremo essere coscienti che avrà bisogno di essere costantemente rifornito di beni di prima necessità, perché questa razza ha un'economia globale e interconnessa e molti beni utili al loro sostentamento provengono da luoghi anche lontani. Del resto riterremmo ancor più oneroso prelevare un campione di maggiori dimensioni.

– Non c'è problema, Tvrzuf. Come sai possiamo produrre qualunque cosa di cui abbiano bisogno.

– Lo so, riverito Qualurf.



- Hai già individuato il campione?
- Abbiamo pensato che la cosa migliore fosse prelevare una città di medie dimensioni con parte del territorio circostante. C'è parso bene individuare tale città nella regione chiamata Europa, perché è soprattutto lì che si è sviluppata negli ultimi secoli la loro

***Abbiamo
pensato
che la cosa
migliore fosse
prelevare
una città
di medie
dimensioni
con parte
del territorio
circostante***



Opera di Jan Švankmajer, in mostra presso la Casa Encendida "Metamorfosis", Madrid, Spagna. Scatto di Woodi Forlano.

cultura. Avremmo individuato una città abbastanza moderna, ma con alcuni secoli di storia, in Italia, non lontano dal centro di quello che fu l'Impero romano, una forma organizzativa che ha molto influenzato la lingua e la cultura del pianeta.

– Sempre molto efficiente, Tvrzuf!

– La città si chiama Firenze. Conta poco meno di quattrocentomila abitanti, ma con quelli dei dintorni si arriva a un milione. La preleveremo tutta intera. Non vogliamo però spaventare o allarmare gli umani che resteranno sulla Terra. Chiedo di essere autorizzato a usare il Programma Svuotamento Memoria.

– Mi pare una scelta quanto mai sensata e hai la mia autorizzazione. Gli umani non dovranno più ricordarsi in alcun modo di questa Firenze. Se si rendessero conto che l'abbiamo prelevata, potrebbero equivocare e pensare a un atto ostile. Non possono certo crearci problemi, ma non vogliamo creare turbative sui mondi che studiamo.

– Al posto della città abbiamo pensato di creare qualcosa che non abbia impatti particolari sulla loro memoria storica. Pensavamo che un lago potesse andar bene. Non dovrebbe esser troppo complesso ricostruire delle memorie e della documentazione che testimonino della presenza storica di un lago lungo il corso dell'Arno.

– Nello stesso istante in cui sarà effettuato il prelievo del campione, avvieremo il Programma Svuotamento Memoria e cancelleremo ogni traccia della città sia dal ricordo degli umani viventi, sia da tutti i loro documenti. Gli umani, infatti, forse per via di una memoria un po' fallace, registrano informazioni su svariati supporti fisici. Riteniamo di averli individuati ed elencati tutti. Il programma è in grado di reperire informazioni sulla città e i suoi abitanti del passato e del presente in modo automatico e infallibile.

L'intera operazione durerà meno di una rotazione del loro pianeta.

– Cancellare la memoria degli individui sarà semplice, ma immagino maggiori difficoltà nel cancellare le tracce di Firenze dai loro documenti. Non dovranno restare più informazioni su Firenze e i *firenzani*.

– Fiorentini. Gli abitanti di Firenze si chiamano fiorentini. Non tutte le informazioni potranno essere cancellate del tutto. A volte sostituiremo i riferimenti a Firenze con quello ad altre città. Altre volte dovremo cancellare interi documenti. Gli umani hanno, per esempio, delle opere sotto forma d'immagini e suoni che chiamano film. Ce ne sono alcuni in cui compare Firenze e in questo caso dovranno sparire assieme alla città. Andranno per esempio cancellati film chiamati *Amici miei*, *Camera con vista*, *Cronache di poveri amanti*, *I laureati*, *Paisà* e moltissimi altri. Gli umani poi riportano i loro pensieri su carta in varie forme. Chiamano questa cosa letteratura. In alcune opere più antiche, come la *Divina Commedia*, lasceremo i riferimenti a Firenze. Gli umani crederanno che si tratti di un luogo mitico, come ne hanno già tanti, come Atlantide, l'Ultima Thule, gli Antipodi, l'Ade, il Paradiso, Iperborea. In quelle più recenti...

La città si chiama Firenze.

Conta poco meno di quattrocentomila abitanti, ma con quelli dei dintorni si arriva a un milione.

La preleveremo tutta intera. Non vogliamo però spaventare o allarmare gli umani che resteranno sulla Terra.

Chiedo di essere autorizzato a usare il Programma Svuotamento Memoria



– D'accordo, ho capito. Non voglio sapere altro. So che farete un buon lavoro. Che cosa ne sarà degli individui del campione? Loro non potranno perdere la memoria, altrimenti non ci saranno di alcuna utilità per i nostri studi.

– Nella sua saggezza, Mio Qualurf, avete visto giusto. Conserveranno ogni memoria. Dovremo gestire lo choc che proveranno quando scopriranno che la loro città non si trova più sulla Terra e che non possono comunicare con l'esterno, ma si renderanno presto conto che la qualità della loro vita, a parte questa restrizione ai loro movimenti, non peggiorerà in alcun modo. Li riforniremo di tutto ciò di cui hanno bisogno per mantenere la loro città e le loro abitazioni in buono stato, per nutrirsi, abbeverarsi e persino per continuare le loro normali attività ludiche.

Del resto, un altro dei motivi per cui abbiamo scelto Firenze è per la grande autonomia dei toscani, questo popolo, di cui Firenze è parte, non ama i suoi vicini e da sempre litiga con le città limitrofe. Siamo certi che saranno ben lieti di riacquistare un'autonomia e un isolamento che sognavano dai tempi del Granducato di Toscana e presto non proveranno più alcuna nostalgia per gli altri popoli.

Del resto, un altro dei motivi per cui abbiamo scelto Firenze è per la grande autonomia dei toscani, questo popolo, di cui Firenze è parte, non ama i suoi vicini e da sempre litiga con le città limitrofe



Manichino, installazione artistica a Madrid. Scatto di Woodi Forlano.

La *rivoluzione digitale*: un'OPPORTUNITÀ epocale per gli INGEGNERI

I cambiamenti in atto sono talmente incisivi da essere considerati al pari delle tre precedenti rivoluzioni industriali indotte dall'invenzione della macchina a vapore, dell'elettricità e dell'elettronica

Mario Ascari

Ingegnere, presidente C3I - Comitato Italiano Ingegneria Informazione

L'EPOCA IN CUI VIVIAMO è caratterizzata da profondi cambiamenti. Le nuove tecnologie, Internet e la digitalizzazione di ogni ambito e contesto socio-economico hanno innescato una nuova rivoluzione sociale ed industriale. I cambiamenti in atto sono talmente incisivi per il futuro del genere umano da essere universalmente considerati al pari delle tre precedenti rivoluzioni industriali indotte dall'invenzione della macchina a vapore, dell'elettricità e dell'elettronica. La trasformazione digitale viene infatti considerata la quarta rivoluzione epocale dell'era moderna. In ambito industriale la rivoluzione digitale porterà ad una produzione totalmente automatizzata ed interconnessa, nella quale il ruolo dell'uomo sarà sempre più circo-

Macchina per orgasmi, Jan Švankmajer, mostra presso la Casa Encendida "Metamorfosis", Madrid. Scatto di Woodi Forlano.





scritto ad un ambito di pianificazione e gestione. La produzione sarà totalmente effettuata da macchine automatiche fortemente interconnesse e governate da sistemi digitali che condivideranno, in tempo reale, dati ed informazioni con il mondo esterno. L'interazione uomo-macchina lascerà il posto all'integrazione macchina-macchina che attraverso dispositivi e sistemi connessi, prevalentemente wireless, consentirà lo scambio e l'analisi dei dati dando vita ad un ecosistema denominato "Internet of Things" in cui ogni dispositivo invierà e riceverà, in real time, dati che consentiranno al sistema globale di reagire e autoregolarsi.

Gatti portafortuna tradizionali cinesi in vetrina, Logroño, Spagna. Scatto di Woodi Forlano.

L'adozione massiva delle nuove tecnologie digitali avrà un profondo impatto su almeno quattro fronti strategici. Il primo riguarda la "Connectivity", cioè l'interconnessione delle risorse (per-

sone, dispositivi, macchine, impianti, strutture, ecc.) e la sistematica raccolta, uniformazione e condivisione dei dati. Il secondo asset contempla la "Analytics", che consiste nell'analisi dei dati raccolti al fine di estrarne informazioni ad elevato valore. Se si considera che oggi non più del 5% dei dati raccolti viene proficuamente analizzato e convertito in informazioni ad elevato valore si può cogliere l'importanza strategica di tale asset. Grazie alla capillare connettività ed alla notevole potenza di calcolo, tecnologie come Internet of Things, Machine-To-Machine, Cloud Computing, Big Data e Open Data consentiranno una smisurata raccolta, analisi e condivisione di dati che verranno centralizzati, uniformati e conservati per innumerevoli usi. Il terzo fronte abbraccia la "Human Interface", nel quale l'interazione uomo-macchina estenderà sempre più



l'utilizzo di interfacce fortemente *user-friendly* (touch, smart, ecc.) e lo sviluppo di sistemi a realtà aumentata. Il quarto fronte è quello "Smart Manufacturing", che annovera le innumerevoli tecnologie che permettono di passare dal digitale al reale attraverso la produzione di beni mediante nuove ed innovative tecniche, come la stampa 3D, la manifattura additiva, la robotica avanzata, ecc. Tali tecnologie consentono un'estrema flessibilità ed una produzione di piccoli lotti con costi e tempi di sviluppo, produzione e commercializzazione particolarmente contenuti. La progettazione e la prototipazione stanno già godendo, da alcuni anni, dei benefici di queste innovative tecnologie che consentono un azzeramento del Time To Market. Tutto ciò assicura una migliore qualità, una riduzione degli errori ed un incremento della competitività e del profitto globale.

La disponibilità di immense masse di dati consentono di monitorare, rilevare e gestire (in tempo reale) l'andamento e le variazioni della maggior parte dei fenomeni che caratterizzano la vita sociale ed economica. In ambito industriale, grazie allo sfruttamento dei dati (raccolti ed analizzati in tempo reale) è già possibile monitorare il flusso della domanda, pianificare la produzione, ridurre i tempi, ottimizzare le scorte di magazzino, programmare e migliorare i servizi di logistica nonché attuare una politica di gestione più efficiente dei consumi energetici a salvaguardia dell'ambiente.

Ciò che caratterizza e contraddistingue questa rivoluzione dalle precedenti è la velocità con la quale sta avvenendo il cambiamento. A differenza delle rivoluzioni precedenti, che hanno richiesto un paio di decenni per produrre un cambiamento stabile e tangibile nella società, l'attuale rivoluzione sta già producendo cambiamenti epocali i cui effetti si stabilizzeranno in pochi anni. L'elevata velocità con la quale sta avvenendo il cambiamento sta mettendo a dura prova l'intero sistema economico e sociale dei Paesi con modelli sociali ed organizzativi ancorati a schemi rigidi o conservativi. Il dinamismo e la profonda attitudine al cambiamento sono le principali armi con le quali conquistare una posizione di rilievo nel nuovo assetto globale. I Paesi che stanno maggiormente avvantaggiandosi della nuova rivoluzione sono

infatti quelli che hanno già attivato piani d'investimento per favorire la trasformazione dei propri modelli sociali, economici e produttivi armonizzandoli con la velocità con cui dovranno essere attuati i cambiamenti necessari a cogliere le nuove sfide imposte dalla digitalizzazione.

In estrema sintesi, ciò che differenzia questa rivoluzione dalle precedenti sono la velocità, la pervasività e la trasversalità con cui le nuove tecnologie digitali stanno diffondendosi nella società, influenzando lo stile e la qualità della vita dei cittadini, delle imprese e delle pubbliche amministrazioni. I cambiamenti e le potenzialità indotti dalle nuove tecnologie imprimeranno infatti un'accelerazione dirompente sulla crescita e la competitività dell'intero sistema sociale, economico e produttivo.

La velocità e l'accelerazione saranno le sfide che caratterizzeranno la nuova epoca che ci apprestiamo a vivere. L'immensa potenza di calcolo messa a disposizione a bassissimo costo dalle nuove tecnologie unita alla sterminata vastità di dati, accessibili in tempo reale, consentirà ai nuovi sistemi informatizzati di monitorare e gestire autonomamente la maggior parte dei contesti e processi sociali ed economici. Le decisioni saranno pertanto prese ed attuate autonomamente da sistemi automatici in pochi millesimi di secondo sulla base dell'analisi dei dati raccolti e condivisi da migliaia di sensori e dispositivi intelligenti connessi in rete. La velocità con la quale saranno prese le decisioni rappresenterà una grande sfida poiché comporterà di rivedere profondamente le logiche, le dinamiche ed i modelli decisionali che oggi governano la maggior parte degli ambiti e dei contesti sociali. La metabolizzazione dell'incremento vertiginoso della velocità con cui dovranno essere prese ed attuate le decisioni metterà a dura prova le organizzazioni più lente a reagire alle perturbazioni o ai cambiamenti, rischiando seriamente di comprometterne la sopravvivenza. Chi invece saprà reagire velocemente riuscirà ad avvantaggiarsi delle opportunità e dei benefici che ogni rivoluzione offre a chi sa cogliere e a dominare le nuove sfide.

Ogni rivoluzione industriale è scaturita a seguito di invenzioni tecnologiche che hanno consentito di utilizzare una nuova tipologia di "mo-

Ciò che caratterizza e contraddistingue questa rivoluzione dalle precedenti è la velocità con la quale sta avvenendo il cambiamento



tore” in grado di sfruttare la forma di energia o carburante disponibile a basso costo. Durante la prima rivoluzione industriale di fine '700 la macchina a vapore rappresentò il “motore” dell'epoca. Nella seconda rivoluzione il motore elettrico e l'elettricità-petrolio permisero al genere umano di fare un balzo in avanti sulla strada del progresso. Nell'attuale era digitale, il “motore” è rappresentato dall'immensa “potenza di calcolo” a disposizione di chiunque, mentre l'energia-carburante da sfruttare consistono nell'inesauribile mole di dati che si genera ininterrottamente attraverso la rete e i dispositivi digitali. A differenza delle precedenti epoche, il carburante (dati) non è destinato ad esaurirsi ma continuerà ad aumen-

I Governi dei Paesi più avanzati stanno già attivandosi per ottenere il massimo beneficio dalla trasformazione epocale. Paesi come la Germania e la Cina hanno fatto di Internet of Things (IoT) la principale leva su cui agire per cogliere le straordinarie opportunità portate dalla nuova rivoluzione

tare, sia in quantità che in qualità. I dati sono pertanto la nuova risorsa naturale da estrarre, raffinare, plasmare e manipolare con la quale si potrà governare ogni contesto della vita. Come in passato, chi riuscirà a dominare e sfruttare la nuova risorsa otterrà benefici strepitosi. Chi invece non ci riuscirà soccomberà.

È bene tenere in considerazione che la quarta rivoluzione industriale è già in atto e proseguirà con un'accelerazione esponenziale diffondendosi, in pochi anni, in ogni luogo e ambito sociale ed economico. I grandi players come Google, Apple, Microsoft, Siemens, Bosch, Samsung, Toshiba, ecc. hanno identificato le nuove tecnologie come l'asset su cui far convergere i loro programmi di sviluppo, destinandovi migliaia di milioni di dollari di investimenti. Anche gli altri operatori del settore stanno già fortemente investendo su tali tematiche. L'ultimo rapporto di ASSINFOM rileva una crescita vertiginosa degli investimenti in tali tecnologie. I settori in cui si investe maggiormente sono Data Center e Cloud Computing

(+37%), Internet of Things (+13%), Web management systems (+13%), Software and new Generation Solutions (+4%).

I Governi dei Paesi più avanzati stanno già attivandosi per ottenere il massimo beneficio dalla trasformazione epocale. Paesi come la Germania e la Cina hanno fatto di Internet of Things (IoT) la principale leva su cui agire per cogliere le straordinarie opportunità portate dalla nuova rivoluzione.

Anche il Governo Italiano sta considerando l'Industria 4.0 una delle principali leve su cui agire per far ripartire la crescita del Paese. Il ministero dello Sviluppo Economico ha già anticipato che nella prossima legge di stabilità saranno previsti investimenti per oltre 10 miliardi in più per investimenti in nuove tecnologie. Il piano Industria 4.0 prevede inoltre +11,3 miliardi di spese private aggiuntive in R&S nel periodo 2017-2020 e +2,6 miliardi per gli investimenti privati. Il piano del ministro Carlo Calenda prevede inoltre incentivi fiscali per 13 miliardi attraverso un incremento dell'aliquota dell'iperammortamento al 250% dall'attuale 140% per i beni legati alla manifattura 4.0.

Il massiccio utilizzo delle tecnologie digitali sta già creando nuovi scenari che, se non gestiti adeguatamente, possono esporre a gravi rischi. Sicurezza informatica, privacy, tutela dei dati, ecc. sono la punta di un immenso iceberg che può seriamente compromettere la rotta verso il cambiamento e la sostenibilità. Internet e la rete non sono più un “mondo virtuale” ma hanno assunto una dimensione talmente concreta e tangibile da essere divenute inoltre un nuovo teatro di guerra. In passato le guerre si combattevano in terra, mare ed aria. Oggi gli attacchi avvengono in rete poiché è sulla rete che ci sono le nuove risorse da conquistare e controllare per dominare il futuro. Tutto ciò spiega il motivo che sta spingendo Governi, Organizzazioni e gruppi di potere ad armarsi delle migliori conoscenze, tecnologie e strumenti (armi) necessari a conquistare la rete.

Come tutte le altre rivoluzioni industriali, anche quella in atto porterà profondi cambiamenti nel mercato del lavoro. È scontato che si svilupperanno nuove professionalità, mentre diverse delle attuali figure occupazionali vivranno un



inevitabile tramonto per scomparire entro qualche anno. Il settore dell'ingegneria sarà ampiamente coinvolto in questo processo. Le opportunità e le sfide che attendono gli ingegneri sono di portata epocale. Va infatti considerato che senza un massiccio contributo degli ingegneri il Paese non riuscirà a cavalcare e cogliere le incredibili opportunità che la rivoluzione digitale offre.

L'intero sistema ordinistico dovrà velocemente reagire al cambiamento per adattarsi e rispondere ai nuovi bisogni della società. Non a caso l'ultimo Congresso degli Ingegneri, tenutosi a Palermo lo scorso giugno, si è ampiamente focalizzato sul tema, tanto da intitolare il congresso "OFFICINA ITALIA Progettiamo il cambiamento" per enfatizzare il ruolo centrale dell'Ingegneria nel processo di cambiamento che sta investendo il Paese nei settori delle infrastrutture digitali, robotica, mobilità, medicina, industria 4.0, ecc.

Gli ingegneri, ed in particolare quelli dell'informazione, saranno i principali protagonisti della nuova rivoluzione industriale. Ad essi è af-

fidato il compito di portare l'intera società nel nuovo mondo facendole cogliere le opportunità e contribuendo alla crescita del Paese. Gli ingegneri dell'informazione ricopriranno un ruolo sempre più strategico e centrale per il sistema economico. L'ampia diffusione delle nuove tecnologie digitali comporterà infatti una crescita esponenziale della domanda di figure tecniche capaci di governare il cambiamento e far cogliere le opportunità indispensabili ad assicurare la competitività dell'intero sistema industriale. Senza un'adeguata categoria di ingegneri, con una specifica ed elevata preparazione, competenza ed esperienza in ambito digitale, il Paese perderà l'occasione di avvantaggiarsi delle opportunità e rischierà di minare la competitività dell'intero sistema produttivo. Più esplicitamente, gli ingegneri dell'informazione sono tra i pochi soggetti che detengono il know-how tecnologico e gestionale necessario per assicurare un proficuo cambiamento. Il loro ruolo è infatti di vitale importanza non solo per l'ideazione, lo sviluppo, la

Archivio di un
cementificio
abbandonato, Madrid.
Scatto di Woodi
Forlano.



Lo scopo del Comitato è di qualificare e valorizzare il ruolo dell'ingegnere dell'informazione al fine di mettere al servizio del Paese le sue conoscenze, competenze ed etica professionale, per offrire una qualità e professionalità allineate alle necessità ed attese della committenza

diffusione e l'impiego delle nuove tecnologie digitali ma altresì per la gestione dei processi e l'analisi dei dati e le informazioni di elevato valore.

Non va inoltre dimenticato che il massiccio impiego della tecnologia digitale in ogni ambito socio-economico ci esporrà a nuovi rischi. Oltre ai temi legati alla privacy e tutela dei dati dovranno essere gestiti anche rischi derivanti da un'elevatissima automatizzazione globale. Già oggi salire su un aereo, prendere un treno, entrare in ospedale, ecc. comporta di affidarsi ad un sistema digitale che governa e gestisce la sicurezza, l'organizzazione e ogni processo operativo. La progettazione, l'implementazione ed il collaudo dei sistemi digitali dovrebbero pertanto seguire gli stessi iter adottati per le altre strutture critiche per la sicurezza e la salvaguardia della salute. Purtroppo il quadro normativo che disciplina la sicurezza dei sistemi digitali è ancora particolarmente acerbo ed inadeguato a garantire un buon livello di sicurezza ed affidabilità. La progettazione ed il collaudo dei sistemi digitali non sono infatti riservati a figure con una specifica formazione, competenza ed esperienza ma sono concessi a chiunque dichiari di vantare un'affinità con le tecnologie digitali. Ciò è dovuto al fatto che la fornitura di un sistema digitale, anche critico, è soggetta solo alle disposizioni normative previste per la fornitura di beni o servizi e non è considerata al pari della realizzazione di un'opera che necessita di un iter progettuale. Tale approccio porta al paradosso che la realizzazione di un banale gazebo richiede un progetto ed una specifica autorizzazione, mentre l'implementazione del sistema informatizzato di un ospedale o di un aeroporto può

essere liberamente effettuata da chiunque, senza nessun progetto e autorizzazione.

Da anni gli ingegneri dell'informazione chiedono una maggiore attenzione su tali temi ed in particolare sollecitano la necessità di disciplinare adeguatamente il settore. Nonostante qualche passo in avanti sia stato fatto, il percorso è ancora lungo ed impegnativo. Per favorire ed armonizzare l'attività degli Ordini degli Ingegneri, nel 2005 si è costituito il Comitato Italiano dell'Ingegneria dell'Informazione (C3I – <http://www.ciii.it>) a cui hanno aderito oltre 85 ordini provinciali ed il CNI.

Lo scopo del Comitato è di qualificare e valorizzare il ruolo dell'ingegnere dell'informazione al fine di mettere al servizio del Paese le sue conoscenze, competenze ed etica professionale, per offrire una qualità e professionalità allineate alle necessità ed attese della committenza. Più precisamente il Comitato C3I svolge le seguenti funzioni:

- Stimola la cooperazione tra le Commissioni dell'ingegneria dell'informazione degli Ordini provinciali.
- Promuove la figura dell'ingegnere dell'informazione organizzando eventi per valorizzarne e tutelarne il ruolo.
- Propone al Legislatore normative che, nel rispetto della concorrenza, garantiscano la qualità e la sicurezza dei sistemi digitali.
- Fornisce supporto agli ingegneri dell'informazione del settore C.
- Funge da osservatorio sulle tecnologie e sul mercato dell'ICT.
- Stimola un approccio omogeneo in ambito normativo e contrattualistico.
- Promuove la crescita professionale e l'attività didattica.
- Promuove la regolamentazione delle attività svolte dagli ingegneri dell'informazione.

In estrema sintesi, la mission del Comitato Italiano dell'Ingegneria dell'Informazione è di favorire la coordinazione e collaborazione degli ingegneri dell'informazione per valorizzarne il ruolo ed affrontare, con slancio e determinazione, le sfide che il Paese dovrà cogliere per garantire un futuro florido alle nuove generazioni.



Senza **sicurezza** una city *non è smart*

La sua realizzazione coinvolge numerose attività, dalla salute agli edifici intelligenti, dal trasporto intelligente agli open data, dalla sicurezza pubblica alla pianificazione urbana, dall'istruzione alle forniture di gas, acqua ed elettricità

Enrico P. Mariani
Ingegnere

In un museo di Oslo,
armadietti di sicurezza.
Scatto di Woodi Forlano.

ESISTONO MOLTE DEFINIZIONI di "smart city".

In sintesi si può affermare che una città è "smart" (aggettivo che negli Stati Uniti significa "capace di pensare in modo rapido e intelligente in situazioni difficili") quando è in grado di migliorare la qualità dei servizi e della vita per coloro che vi abitano o vi si recano, grazie all'uso intelligente di tecnologie avanzate; tra queste la parte preponderante è ICT (tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione).

Tramite queste tecnologie è possibile realizzare:

- Infrastrutture intelligenti (ospedali, istruzione, viabilità ecc.).



Il caos improvviso in una giornata di borsa che fino a quel momento era stata tranquilla fu dovuto alla reazione dei sistemi automatizzati di trading ad una transazione di dimensioni anomale. Una delle ipotesi più accreditate è che questa sia dipesa da un banale errore di digitazione

- IoT (Internet of Things: oggetti controllabili via Internet).
- e raccogliere marea di dati da analizzare con le metodologie dei big data
- per migliorare la comprensione delle necessità dei cittadini e dei visitatori;
- e per valutare
 - le prestazioni delle infrastrutture;
 - il gradimento dei servizi;
 - il ritorno degli investimenti.

Una smart city è il risultato di servizi, infrastrutture ed oggetti interconnessi.

Una città non nasce "smart", ma lo diviene gradualmente, con l'evoluzione e l'integrazione dei suoi componenti.

Come esempio possiamo prendere l'illuminazione urbana.

Possiamo ottimizzare il livello di illuminazione per risparmiare energia elettrica, avere la segnalazione dei guasti in tempo reale, per facilitare la programmazione degli interventi, supplire temporaneamente al deficit di illuminazione incrementando la potenza delle lampade limitrofe, misurare ed archiviare i parametri fondamentali per successive analisi.

Poi, nella stessa infrastruttura possiamo aggiungere telecamere, sensori di rilevazione di traffico, ricarica di veicoli elettrici ecc.

La realizzazione di una smart city coinvolge numerose attività, dalla salute agli edifici intelligenti, dal trasporto intelligente agli open data, dalla sicurezza pubblica alla pianificazione urbana, dall'istruzione alle forniture di gas, acqua ed elettricità.

Più i processi vengono integrati ed ottimizzati, più la città potrà essere efficiente ed essere considerata "smart",

MA

integrazione significa complessità ed interdipendenza tra i servizi.

Bisogna tener conto della connessione di molti sistemi eterogenei, destinati a moltiplicarsi con il diffondersi dell'IoT (Internet of Things). Si calcola che oggi esistano circa 18 miliardi di oggetti intelligenti (si fa per dire) che possono essere connessi in rete, cifra che si stima possa triplicare in 5 anni.

L'IoT è una delle principali "disruptive innovation" di oggi. Sta cambiando molte nostre abi-

tudini, crea nuovi tipi di aziende e nuovi modelli di business e ne fa fallire altri da tempo consolidati (da questo il termine "disruptive") ma, insieme a notevoli vantaggi sia per i produttori che per i consumatori, può comportare notevoli rischi.

Più i sistemi sono interconnessi più è probabile che un malfunzionamento o una vulnerabilità di un componente causi problemi o danni ad altri componenti o all'intero sistema. Più i sistemi sono accessibili da Internet più sono esposti ad azioni criminose di hackers.

Non mancano esempi abbastanza eclatanti nel recente passato.

Il Flash Crash da mille miliardi di dollari avvenuto il 6 maggio 2010 alla borsa di New York non ha nulla a che vedere con le smart city, ma spiega molto bene come un sistema nato per essere smart, in situazioni impreviste, possa comportarsi in modo estremamente stupido: alle 14.32 l'indice Dow Jones perse quasi 1000 punti (il 9%) in pochi minuti, per poi rimbalzare e recuperare quasi tutto entro le 15.08.

Il caos improvviso in una giornata di borsa che fino a quel momento era stata tranquilla fu dovuto alla reazione dei sistemi automatizzati di trading ad una transazione di dimensioni anomale.

Una delle ipotesi più accreditate è che questa sia dipesa da un banale errore di digitazione.

In ogni caso, qualunque sia stata l'origine scatenante, i sistemi automatizzati cominciarono a reagire immediatamente a questo stimolo errato, influenzandosi reciprocamente ed ingigantendo l'errore iniziale.

La cosa preoccupante non sono state tanto le perdite degli investitori (alle quali è corrisposto un guadagno di altri investitori e di chi ha incassato trading fees), ma che questo sia potuto accadere nell'ambiente finanziario, che è quello che usa da più tempo e più intensamente i computer, che ha i budget ICT più elevati, che ha standard di sicurezza molto alti e che, tutto sommato, ha delle problematiche abbastanza omogenee e ben codificate.

In una smart city un malfunzionamento comparabile a questo, per esempio nella gestione "intelligente" del traffico, non solo può creare disagi immensi a tutta la popolazione, ma può anche generare gravi pericoli per l'incolumità fisica.

Il blocco di oltre 100 auto nel 2010 ad Austin (Texas) è un esempio di come l'IoT può esporre una città a gravi disagi o seri pericoli. Un'azienda aveva inventato un sistema IoT per dare ai concessionari maggiore sicurezza con le vendite rateali: le auto erano equipaggiate con una black box, controllata via web, che permetteva di bloccarle o fare suonare il clacson per "ricordare" all'automobilista che non era in regola con i pagamenti.

Con un'intrusione illegale in questo sistema, un hacker ha bloccato più di 100 auto.

Quando la polizia ha arrestato il colpevole, un ex dipendente di una concessionaria, ha scoperto che aveva a sua disposizione un data base di oltre 1000 automobili e quindi avrebbe potuto causare disagi ben maggiori (fonte wired.com).

Pensare ai danni che potrebbe causare un hacker se riuscisse a prendere il controllo di auto con autopilota, che già per conto loro sono state coinvolte in incidenti mortali, fa rabbrivire.

Uno dei primi indici della qualità della vita è la sicurezza, pertanto una delle prime preoccupazioni nel pianificare una smart city dovrebbe essere quella di progettare delle infrastrutture capaci di ridurre ad un livello accettabile sia i rischi derivanti da errori umani e da malfunzionamenti dei componenti che quelli provocati da possibili azioni di frode o sabotaggio.

Si deve tener conto delle esigenze di sicurezza fin dalle prime fasi della progettazione, perché aggiungerla in fase di implementazione ha costi molto più elevati, costi che diventano proibitivi se lo si fa ad opera completata. Questo spesso contrasta con le ragioni commerciali, che cercano soprattutto di minimizzare il *time to market* e massimizzare il ROI (Return On Investment): se si vuole un prodotto sicuro inevitabilmente i tempi progettazione e di testing si dilatano ed i costi aumentano. Pertanto spesso il management tende a dedicare alla sicurezza solo il budget ed il tempo residui.

Inoltre il ROI della sicurezza diviene evidente solo quando capita un disastro, ma allora è troppo tardi; per ironia, più un sistema è sicuro, meno probabile è che accada un disastro e quindi che il ROI delle funzioni di sicurezza venga percepito.

Fortunatamente questo non avviene in tutti i settori, per esempio nell'avionica la sicurezza è una priorità ed i risultati si vedono, infatti sap-

priamo tutti, statistiche alla mano, che viaggiare su un aereo di linea è molto più sicuro che viaggiare in automobile.

L'avionica si basa su un'architettura progettata in funzione della sicurezza, questa prevede 4 domini:

- **Aircraft Control Domain (ACD)**
- **Airline Information Services Domain (AISD)**
- **Passenger Information and Entertainment Services Domain (PIESD)**
- **Passenger Owned Devices Domain (PODD)**

Il (PODD) è completamente isolato dagli altri domini, mentre i primi possono comunicare tra di loro solamente attraverso canali ben definiti secondo questo schema:

(ACD) -|> (AISD) -|> (PIESD)

dove -|> sono *data diodes* (elementi di una rete informatica divisa in domini che consentono ai dati

Scala antincendio, Chicago. Scatto di Woodi Forlano.





Possiamo affermare che nell'avionica si è trovato un ragionevole equilibrio tra innovazione e sicurezza. Lo stesso si deve trovare nella pianificazione delle smart city, che sono organismi assai più complessi e che coinvolgono molte più persone ed oggetti

di viaggiare in una sola direzione, al fine di garantire la sicurezza del dominio a monte).

Questa architettura è molto robusta contro le intrusioni e permette di realizzare e collaudare separatamente i vari domini.

Inoltre ogni singolo step della realizzazione segue un approccio strettamente ingegneristico, dalla progettazione accurata sia dei singoli componenti che delle interazioni ad una direzione dei lavori che non lascia nulla al caso, all'esecuzione di test, senza risparmi di tempo, alla preparazione di procedure rigide e meticolose per la gestione e la manutenzione.

Indubbiamente c'è un prezzo da pagare per la sicurezza, in termini di costi, di tempi di realizzazione e di comodità. Viaggiare in aereo oggi non sembra molto diverso rispetto a 40 anni fa, quando i Jumbo Jet erano già diffusi. I tempi di viaggio sono simili, le fusoliere anche, addirittura il 747, seppure modificato notevolmente, è ancora in produzione dopo quasi 50 anni.

Sotto certi punti di vista sembra che il progresso si sia fermato, ma se consideriamo che

oggi volare costa un decimo di allora, che gli incidenti sono diminuiti, i dirottamenti praticamente spariti, il consumo di carburante notevolmente ridotto, possiamo pensare che sia stata imboccata la strada giusta, mentre con il Concorde, che rappresentava la grande innovazione, ci si era infilati in un vicolo cieco.

Si direbbe che in questo caso l'ingegneria prevale sul marketing, in realtà anche questa ricerca di sicurezza è dovuta in parte a ragioni commerciali: un incidente aereo grave finisce sempre sulla prima pagina dei giornali, con un ritorno di immagine negativo per la compagnia, difficile e costoso da cancellare. Prova ne sia che i piccoli aerei, i cui incidenti hanno un impatto molto inferiore, hanno statistiche di mortalità non molto diverse da quelle dell'automobile.

Possiamo affermare che nell'avionica si è trovato un **ragionevole equilibrio tra innovazione e sicurezza**. Lo stesso si deve trovare nella pianificazione delle smart city, che sono organismi assai più complessi e che coinvolgono molte più persone ed oggetti.



Seggiovia, Puerto de Navacerrada, Spagna. Scatto di Woodi Forlano.

L'INGEGNERE guida il progresso agendo sull'acceleratore dall'innovazione e sul freno della sicurezza

L'ingegnere è innovativo per mentalità e per legge (curiosamente la legge lo prevede solo per gli ingegneri quinquennali, secondo il DPR 328/2001 art. 46: "...formano in particolare oggetto dell'attività professionale degli iscritti alla sezione A, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 1, comma 2, le attività, ripartite tra i tre settori come previsto dal comma 1, che implicano l'uso di metodologie avanzate, **innovative** o sperimentali nella progettazione, direzione lavori, stima e collaudo di strutture, sistemi e processi complessi o **innovativi**...", mentre agli ingegneri triennali lascia procedere e processi standardizzati).

L'ingegnere non cerca l'innovazione fine a se stessa, che è un fine da perseguire solo in alcuni settori, ad esempio la moda, dove è un potente motore di mercato, ma spesso la trova cercando la soluzione migliore, che, specialmente nell'ICT, è frequentemente innovativa. Essendo anche tutore della sicurezza deve però saper calcolare e prevedere i rischi e prendere le contromisure necessarie o rinunciare a soluzioni innovative quando risultino troppo rischiose o costose.

I problemi che incontra una città nell'evolversi verso la smart city sono enormi, dalla sicurezza fisica alla privacy, dai malfunzionamenti agli hacker. Basti pensare alla facilità con cui si può "spiare" con un drone, o al rischio che cada urtato da un uccello (cose già accadute), per questo gli ingegneri devono essere coinvolti fin dalle prime fasi della pianificazione.

Il problema più serio è la velocità con la quale si espande l'uso di nuove tecnologie, cosicché il mondo non riesce ad adattarsi e mitigare i rischi con regole, esperienza e tecnica come avveniva in passato, per esempio per l'automobile, dove prima si sono costruite le macchine, poi man mano si sono modificate le strade e le regole di circolazione e sono state istituite patente, libretto di circolazione e omologazioni. Oggi l'impatto delle innovazioni e le norme per mitigare i rischi devono essere previste fin dalla fase di progettazione, anche se è un compito difficile e dispendioso.

Per le smart city è necessaria una grande attenzione alla sicurezza ed ai costi futuri nascosti,



occorre limitare l'interconnessione a canali controllabili, occorre stabilire priorità di intervento considerando non solo i benefici immediati o la visibilità dei pianificatori, ma soprattutto i rischi connessi.

Occorrono linee guida coerenti per gli amministratori chiamati a decidere e per i tecnici chiamati ad analizzare i processi e progettare le infrastrutture. Per questo ISO/IEC JTC 1 (l'ambiente dove gli esperti sviluppano le norme ICT) nel 2014, ha creato un gruppo di studio con lo scopo di predisporre un modello per le smart city dal punto di vista ICT. A questo gruppo partecipano esperti di tutto il mondo, il lavoro è lungo, data la complessità dei problemi affrontati, ma indispensabile.

Dato che delle smart city si parla molto, ma ancora relativamente poco è stato realizzato, almeno in Europa, siamo ancora in tempo per paritorire progetti che antepongano la sicurezza e le vere necessità dei cittadini all'impatto mediatico delle realizzazioni. —

Scale, Norvegia.
Scatto di Woodi
Forlano.

Ingegnersum, INGEGNERIAE nihil a me alienum puto

Una professione che è opera dell'intelletto
e non mera fornitura di beni e servizi



Bruno Lo Torto

Ingegnere Elettronico, è Project/Program Manager presso l'Italtel
e consigliere del Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri

IL TITOLO DEL MIO INTERVENTO è un omaggio ad un grande uomo di cultura, Umberto Eco, che inventando due neologismi richiamava una celeberrima frase di Terenzio¹, e scriveva appunto: *"Linguista sum, Linguistici nihil a me alienum puto"*. In verità la mia intenzione è anche quella di richiamare l'attenzione su una professione che è opera dell'intelletto, se vissuta a tutto tondo, e non, come spesso viene ritenuta, svilendola a una mera fornitura di beni e/o servizi più o meno specialistici.

Sulla traduzione latina di "ingegnere" sono ricorso ad un neologismo ed ho scelto "ingegner" per due motivi, l'ho preferito a quella che è la traduzione latina più prossima che è "architectus", perché non vorrei che gli amici architetti si offendessero, l'ho preferita anche ad "ingegneris" perché "ingegner" è simile alla traduzione inglese. Si sa... anche i termini che provengono dall'epoca ellenistica, come la *Nike di Samotracia*, se si visita il Museo del Louvre la sentiamo pronunciare all'americana come una marca di scarpe... *sic transit gloria mundi*...

Neologismo per neologismo, in omaggio al tema che ci occupa, avrei anche potuto inventare un "ingegner Informationae" ma avrebbe avuto il sapore del latino maccheronico ed avrebbe tradito il mio primo messaggio. Mi piace infatti pensare all'ingegnere come figura unica, unitaria ed a tutto tondo, e non all'ingegnere di uno dei settori che un legislatore ha deciso di introdurre con il DPR 328/2001. Nel contempo non è mia intenzione assimilare l'ingegnere ad un tuttologo, le competenze sono molteplici ed a volte molto specialistiche, ma accade anche in altre professioni, come l'avvocato, il commercialista e così via... solo gli ingegneri tuttavia hanno i settori con abilitazioni separate. Le competenze, d'altra parte, nel privato, le seleziona il mercato ed il mercato è spietato.

Cortile interno della Casa Battlò di Antoni Gaudí, Barcellona.
Scatto di Woodi Forlano.

Chi come me è un ultracinquantenne si ricorderà bene di un altro ingegnere Elettronico, Luciano De Crescenzo, che raccontava – lo ha inserito anche in un libro – una gag di comicità involontaria che lo vedeva alle prese con il tentativo di spiegare al suo barbiere che lui non calcolava strutture né progettava palazzi o interventi urbanistici, ma che era un ingegnere di tipologia e campo applicativo diversi, che lavorava nel campo del software presso una multinazionale famosissima (quella che ha ispirato a Stanley Kubrick il nome del computer HAL 9000 nel film cult 2001: *Odissea nello spazio*). Ebbene, per quanto Luciano De Crescenzo fosse un esperto in comunicazione, non riuscì mai a spiegare al suo barbiere in cosa consistesse, nell'ambito della "classe" degli ingegneri, l'istanza dell'ingegnere dell'informazione e/o dell'ingegnere informatico..., tant'è che il barbiere concludeva che quindi... lui non era un vero ingegnere! Era la fine degli anni '70, stessa sorte è capitata a me quando alla fine degli anni '80 dovevo rispondere alla domanda di mia madre (che insegnava Storia dell'Arte) o di mio suocero (che aveva una impresa edile): "ma tu in sostanza che fai, in che cosa consiste il tuo lavoro?". Sono rimasti, purtroppo in eterno, con questa domanda.

Questo è stato, ed è ancora, il grande problema degli ingegneri del settore dell'informazione anche nei confronti degli ingegneri tradizionali, è un problema di cultura, di tempo (l'ingegneria tradizionale vanta secoli di vita operativa, quella dell'informazione solo qualche decennio), ma è anche un problema di comunicazione, spesso utilizziamo un linguaggio di nicchia, ricco di termini inglesi, che non è compreso da chi è esterno ed estraneo.

Molti assimilano, in modo riduttivo, l'ingegneria dell'informazione alla sola ingegneria informatica e, di conseguenza, ne recepiscono solo l'aspetto c.d. "immateriale" del software... dei "bit" e lo contrappongono culturalmente agli aspetti c.d. "materiali" dell'ingegneria tradizionale edile ed impiantistico-industriale. Niente di più sbagliato e per più di un motivo.

Il famigerato DPR 328/2001 declina tutte le discipline ingegneristiche che fanno parte del

Mi piace infatti pensare all'Ingegnere come figura unica, unitaria ed a tutto tondo, e non all'Ingegnere di uno dei settori che un legislatore ha deciso di introdurre con il DPR 328/2001

¹ "Homo sum, humani nihil a me alienum puto".



settore dell'informazione, che non si limitano all'informatica ma riguardano altresì l'elettronica, le telecomunicazioni, l'ingegneria gestionale, l'ingegneria biomedica, etc... ed è evidente come in questi settori vi siano sia impianti che elementi materiali, ma anche elementi procedurali e di gestione di processi complessi, che non sono meno importanti e rilevanti. L'errore non è solo formale, ma anche sostanziale.

Quella tra ingegneria materiale ed immateriale è una distinzione obsoleta e di retroguardia; è passato più di un decennio da quando, nel 2003, Neil Gershenfeld, oggi direttore del "Center for bit and atoms" del M.I.T. di Boston, tenne un corso di lezioni intitolato "Come produrre (praticamente) qualsiasi cosa". L'intuizione alla base era visionaria: "trasformare bit in atomi" e

Da questo stato dell'arte matura una nuova fase ricca di potenzialità e sviluppi, nel luogo in cui macchine e uomini stanno preparando una nuova rivoluzione industriale: nella Fabbrica 4.0. Robotica, produzione additiva, nanotecnologie permettono di pensare una nuova manifattura

creare una new economy. Oggi che schede elettroniche, sensori, componenti di ogni genere sono collegati in rete tra loro, grazie a Internet, e possono essere combinati ed integrati tra di loro, come mai nel passato, per creare nuovi oggetti, prodotti, soluzioni, servizi; oggi che sono disponibili a basso costo nuovi oggetti programmabili con facilità per gli usi più diversi, la trasformazione di bit in atomi non è più visionaria. Tutto ciò è avvenuto grazie al lavoro di una "generazione di visionari" che ha alimentato il movimento dei c.d. "Makers", dando vita a esperienze di open hardware. Quelle idee hanno fatto strada camminando sulle gambe di una community globale. In alcuni casi sono diventate impresa. Un esempio su tutti: le schede elettroniche "aperte" Arduino, nate in Italia ad Ivrea, hanno venduto milioni di pezzi, ispirando una generazione di "nuovi produttori", e mostrando a tutto il mondo le potenzialità infinite racchiuse in oggetti intelligenti connessi a Internet e capaci di comunica-

re tra loro e con l'ambiente. Sono nati quindi i cosiddetti IoT, IoE, Smart Grid, Smart City.

Da questo stato dell'arte matura una nuova fase ricca di potenzialità e sviluppi, nel luogo dove macchine e uomini stanno preparando una nuova rivoluzione industriale: nella Fabbrica 4.0. Robotica, produzione additiva, nanotecnologie permettono di pensare una nuova manifattura, dove il consumatore diventa produttore, il prodotto comunica con la fabbrica per tutto il suo ciclo di vita, la materia scopre la capacità di cambiare forma e la personalizzazione di massa può diventare una realtà.

Con la trasformazione dei bit in atomi, è iniziata la quarta rivoluzione industriale.

Il processo è analogo a quanto avvenne ad esempio con la macchina a vapore, che ha avviato la rivoluzione industriale quando si è avuta l'idea di connetterla con elementi meccanici; in breve tempo questa idea ha cambiato il mondo e ognuno di noi, il rapporto tra l'uomo e la macchina, il paesaggio, la famiglia, la città. Questa è storia.

Oggi capire il ruolo dell'ingegnere elettronico, informatico, esperto in telecomunicazioni, o meglio capire il ruolo dell'ingegnere a tutto tondo, è più semplice rispetto ai decenni del secolo scorso, si possono fare tanti esempi: uno dei classici e più utilizzati quello delle autovetture da corsa – la cui tecnologia di punta, in un tempo sempre più breve, si ritrova anche nelle auto in commercio aumentando prestazioni e sicurezza. Basta infatti seguire una gara di Formula 1 in TV per capire come sia sempre più labile ed indefinito il confine tra il reale e il virtuale, tra il mondo degli atomi e quello dei bit. Infatti fino a qualche anno fa per vincere si doveva eccellere nella struttura meccanica dell'autovettura, nei pneumatici di vario tipo da utilizzare a seconda delle condizioni ambientali, nella velocità di intervento ai box e, naturalmente, ci voleva anche un pilota di grande talento. Questi sono elementi ancora validi ma non bastano: adesso servono anche sensori che ricoprono tutte le componenti principali dell'autovettura e trasmettono le informazioni ai computer che le processano e che consentono al team multidisciplinare di prendere in tempi rapidissimi, o comunque così rapidi da influenzare durante la gara le performances generali del sistema-macchina-pilota, le "decisioni ottimali", che ven-

gono rinviate alla macchina, e fanno interagire di conseguenza la macchina ed il pilota (Sensing and actuating). È un esempio di Business Intelligence/Analytics che nella gerarchia del modello mondiale dell'IoT occupa il livello più alto.

Non possiamo continuare a ritenere che l'ingegneria sia solo quella strutturale o impiantistica tradizionale... significherebbe nascondere la realtà ed altri settori di eccellenza dell'ingegneria... Il futuro, quello dello sviluppo e del lavoro, è tracciato sulla strada del digitale, ed intorno al digitale è necessario creare cultura, applicare le migliori menti, per progredire nella direzione di un vero e sano sviluppo del mondo economico e sociale. Dal digitale passano la sanità, il turismo, la logistica, la produzione di beni, il mondo professionale, e così via per tutto quello che ci accompagna lungo la nostra esistenza. L'ingegneria deve essere in grado di parlare non solo di edilizia o di impianti, ma deve dire la sua su temi all'avanguardia nel mondo dell'innovazione come quello dei Big Data, tecnologie di primaria importanza e sistemi di cui molto si parla ma poco si sa, come Smart Grid o Smart

Cities. L'ingegnere deve saper applicare la scienza e la tecnica per semplificare e migliorare la vita dell'uomo, applicando metodologie rigorose per garantire funzionalità, sicurezza ed affidabilità delle soluzioni che hanno ricadute dirette sulla qualità della vita, sulla sicurezza, sull'efficienza e sul territorio. Se gestita in modo adeguato, l'evoluzione scientifica e tecnologica determina un progresso della società, ma per l'ingegnere è un compito di estrema responsabilità.

L'IoT è stato negli ultimi anni l'ambito tecnologico che ha destato il maggior interesse e le maggiori crescite; secondo Cisco il numero dei sensori consegnati è passato da 4,2 miliardi del 2012 a 23,6 miliardi nel 2014, secondo Machina Research sono almeno 60 i cluster che li raggruppano, la figura che segue (fig. 1) ne fornisce una rappresentazione.

L'ingegneria dell'informazione, o in altre parole l'ICT, oltre alle sue funzioni principali costituisce di fatto una piattaforma abilitante per l'evoluzione di ogni settore dell'ingegneria, perché è presente in tutti i campi, come mostrato nella

Non possiamo continuare a nascondere l'Ingegneria dietro un pilastro o un pannello isolante... Il futuro, quello dello sviluppo e del lavoro, è tracciato sulla strada del digitale, ed intorno al digitale è necessario creare cultura

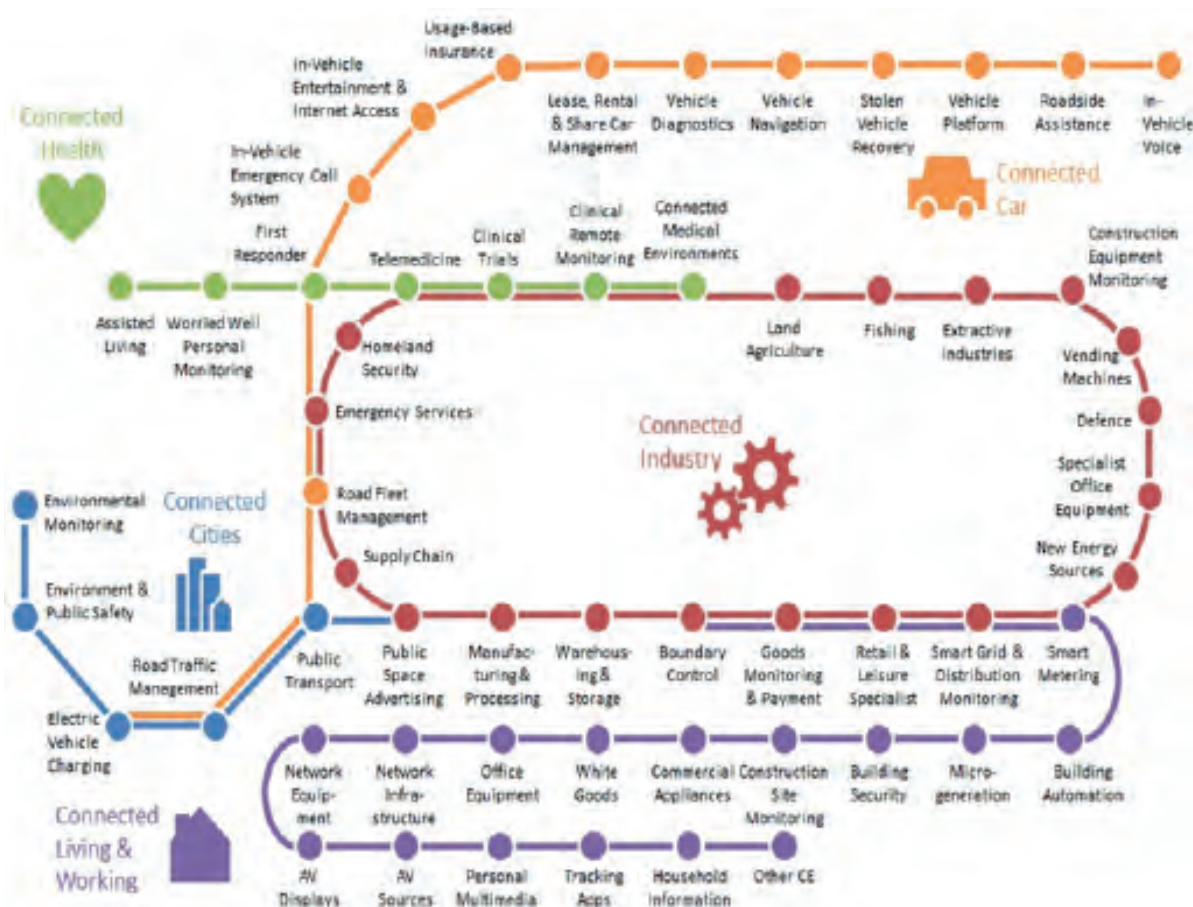


Figura 1 – I Cluster dell'IoT, Fonte Machina Research.



figura che precede, in ambito sia civile che industriale. Un esempio immediatamente percepibile da tutti, e che sicuramente ha a che fare con gli aspetti materiali (ATOMI), è l'edilizia: parliamo del BIM (Building Information Modeling).

L'edilizia ed il relativo indotto costituito dai professionisti, dalle imprese e dai lavoratori autonomi che si occupano di impianti, di infissi ecc... Sono destinati ad attraversare un periodo di profondo mutamento conseguente all'impiego delle Tecnologie dell'Informazione (IT), al mondo delle costruzioni (ITC) nel cui ambito si stanno sviluppando standard di comunicazione che hanno il compito di scambiare dati (BIT) a partire da ciò che c'è di più immateriale e cioè l'idea progettuale fino alla gestione e manutenzione del prodotto finito (ATOMI). Con il BIM, infatti, alle tre dimensioni tradizionali si aggiungono altre quattro dimensioni²:

- **4D** La dimensione temporale in relazione alle fasi della progettazione e della costruzione (Pianificazione & Time Management).
- **5D** La dimensione dei costi in relazione agli oggetti, alle fasi costruttive, alla WBS (Work Breakdown Structures) e alle risorse utilizzate nella costruzione i cui compiti e responsabilità sono definiti in una RAM (Responsability Assignment Matrix). Le quantità estratte dal BIM possono essere associate a Preziari, Elenco Prezzi e Computi in tempo reale.
- **6D** La dimensione del Facility Management applicato al modello BIM dell'"as-bilt" (Manutenzione), infatti il modello e la struttura dei dati nel BIM sono ottimizzate anche al fine di ricavare importanti info per

L'edilizia ed il relativo indotto costituito dai professionisti dalle imprese e lavoratori autonomi che si occupano di impianti, di infissi etc... è destinata ad attraversare un periodo di profondo mutamento conseguente all'impiego delle Tecnologie dell'Informazione (IT) al mondo delle costruzioni (ITC)

la gestione dell'"as-bilt" (il famoso libretto dell'edificio ma non solo...).

- **7D** Il modello BIM permette un interlavoro ed un interscambio di dati ad esempio con le soluzioni software che con l'impiego di sensori ed applicativi software possono procedere a monitorare ed analizzare i consumi energetici, la struttura del costruito, possono gestire eventi/allarmi che riguardano il costruito, ecc... (qui, come vedremo tra poco, si evidenzia una intersezione non nulla con gli scenari dell'IoT).

La figura che segue (fig. 2) sintetizza i concetti espressi in precedenza. Il processo principale del BIM vede al centro il progetto ed è utile per definire i modelli ed i c.d. LOD (Level of Development), MEP (Mechanical/Elettrical/Plumbing), ed in generale i deliverables che si intendono perseguire e misurare con il Project ed il Facility Management. In ciò richiamando molti concetti tipici del Project Management e quindi anche dell'ingegneria gestionale.

È evidente che per gestire la costruzione secondo il paradigma del BIM servono anche dei Softwa-

² Mario Caputi – Paolo Odorizzi – Massimo Stefani, *Il Building Information Modelling – BIM*, Maggioli Editore.

Figura 2 – Principali macro processi del BIM.



re che devono operare secondo il classico paradigma Client/Server, detti software possono essere realizzati ed utilizzati "in house" su infrastrutture che richiedono un notevole investimento economico, ovvero possono essere utilizzati "in Cloud".

Quest'ultima osservazione è molto importante per l'ingegneria italiana, infatti una indagine del Centro Studi del CNI – realizzata online tra il 7 e il 23 luglio 2014, alla quale hanno partecipato 13.271 iscritti – finalizzata alla valutazione dell'assetto organizzativo della categoria e alle sue dinamiche di sviluppo, ha rilevato che continua a prevalere lo studio individuale (58%), la cui dimensione media prevede circa 2 addetti, titolare incluso. Una siffatta situazione lascia poche probabilità di successo all'ingegneria italiana quando compete nelle gare europee con strutture di centinaia e migliaia di ingegneri che, soprattutto nel mondo anglosassone, utilizzano già da tempo il BIM. Nella stessa indagine gli ingegneri percepiscono l'utilità di avere a disposizione servizi di rete, piattaforme informatiche, convenzioni quadro anche in cloud. L'ICT in generale, ed in particolare il Cloud, possono agevolare la nascita ed il consolidamento di reti di professionisti che possono operare in una forma associata per competere con gli studi europei. Il Cloud come strumento di democrazia abilitante. In Italia siamo però ancora lontani, dall'ultima indagine infatti risulta che solo il 13% degli ingegneri svolge la propria attività professionale in forma associata (studio associato, 6,9%) o societaria (società di ingegneria, 4,6%; società tra professionisti, 1,3%).

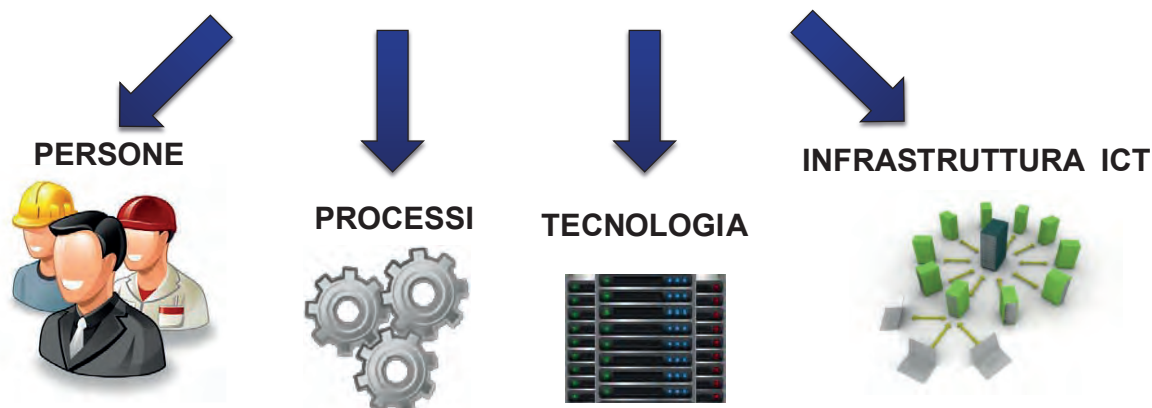
Da un punto di vista informatico il modello BIM non prevede un software particolare ma l'interazione e l'interoperabilità di più software, divisi sostanzialmente in tre categorie:

- Authoring (creazione modello architettonico, strutturale, impiantistico, infrastrutturale, energetico...).
- Processo (pianificazione, contabilità, WBS, logistica, sicurezza...).
- Review (SAL, Feedback, As Bilt...).

Naturalmente il BIM utilizza Dati Strutturati ed Open Software di tipologia c.d. IFC (Industry Foundation Classes) della quale esiste una versione a standard ISO che è la 16739. Nel merito del BIM l'UNI sta lavorando alla norma 11337 di cui sono state già pubblicate le parti 1, 4 e 5.

Da un punto di vista sociale va fatta anche una riflessione sulla tendenza verso cui sicuramente ci porterà il Cloud. Infatti, dovendo gestire quantità di dati sempre maggiori, le apparecchiature e l'approccio a supporto degli ingegneri necessiteranno di sempre maggiore potenza di calcolo e di acceleratori grafici per affrontare problemi, modelli e soluzioni sempre più complessi. Oggi solo pochi fortunati hanno accesso a software sofisticati o a CED potenti, tramite il Cloud alcuni "visionari" oggi prevedono che in futuro, con un nuovo approccio, chiunque lo potrà fare utilizzando un semplice Pc, un iPhone o un iPad collegati via Internet al Cloud. Così, questo approccio diventerà fruibile da qualunque ingegnere, tecnico, etc... che potrà simulare non solo il telaio di un edificio o di una vettura, ma intere città, territori ed ecosistemi sempre più ampi.

L'esempio del BIM e anche quello della gara di Formula 1 evidenziano come siano sempre 4 gli elementi che concorrono alla realizzazione di successo di un qualunque moderno progetto complesso e "4.0". Più precisamente (fig. 3):



L'ICT in generale, ed in particolare il Cloud, possono agevolare la nascita ed il consolidamento di reti di professionisti che possono operare in una forma associata per competere con gli studi europei

Figura 3 – Elementi base dei processi complessi.



Questi stessi fattori sono contenuti in quello che oggi è un modello di riferimento mondiale per l'IoT e che è rappresentato nella figura che segue (fig. 4).



Figura 4 – Reference Model dell'IoT introdotto nel 2014 dall'IoT World Forum.

Il modello dell'IoT prevede al primo livello l'installazione in campo di numerosissimi sensori, passa quindi per una connettività potente ed affidabile (Banda Ultra Larga), segue una prima fase di elaborazione dei dati a livello di Edge (perimetro-confine) che trasforma i segnali producendo i c.d. Big Data che vanno modellizzati e

memorizzati in Storage all'interno di Data Center con standard di sicurezza fisica di elevato livello internazionale (TIER III o TIER IV); sempre nei Data center i dati vanno trattati ricorrendo a tecniche aderenti agli standard più avanzati di Cyber Security, per passare ad una fase più sofisticata di astrazione dei dati che, così trasformati, possono essere utilizzati per processi evoluti di Business Analytics o Business Intelligence – come fanno all'interno dei box di Formula 1 –, coinvolgendo, o meglio "includendo", tutti i portatori di interesse per l'ambito di applicazione. È evidente, oserei dire che è ictu oculi: nel modello dell'IoT è inclusa quella sintesi tra Atomo e Bit che ancor oggi, sebbene sia già una realtà, ad alcuni sembra solo il prodotto di alcuni "visionari".

La figura che segue (fig. 5) dimostra che, al contrario, le applicazioni pratiche nella società civile sono tutt'altro che visionarie, ma è parte integrante del mondo reale dei nostri giorni.

Il passaggio dall'IoT alle smart cities è immediato perché l'IoT ne è la tecnologia abilitante.

Così come nella Fabbrica 4.0, la "nuova manifattura" prevede che il consumatore diventi produttore, che il prodotto comunichi con la fabbrica per tutto il suo ciclo di vita, e che la personalizzazione di massa possa divenire una realtà, il concetto di Smart City va ben oltre la semplice adozione di

Figura 5 – Esempificazione di alcune applicazioni verticali dell'IoT (Fonte Italtel).



iniziative digitali che facilitino l'accesso ad informazioni e l'utilizzo di servizi da parte dei cittadini; è anche un nuovo modo di concepire il governo della città, in maniera partecipativa, dove la produzione dei servizi è intesa non come prerogativa esclusiva degli amministratori, secondo il classico modello top-down, ma come processo collaborativo che "include" i cittadini, i turisti, le imprese... Questa è la vera rivoluzione culturale che vede al centro l'Ingegneria con la "I" maiuscola.

Ci sono alcuni aspetti sui quali, infine, invito tutti a riflettere

Il primo è rivolto a noi Ingegneri, dobbiamo adoperarci perché si giunga alla consapevolezza del fatto che i progetti IoT/Smart City se affidati a professionisti competenti possono generare valore economico, in termini di riduzione di costi o di maggiori introiti. Da un recente studio condotto dall'Osservatorio IoT del Politecnico di Milano emerge infatti che l'adozione pervasiva del paradigma dell'IoT, a livello di sistema Paese indurrebbe un possibile risparmio di circa 4,2 miliardi di euro all'anno. Analoga convenienza economica ad affidarsi a Professionisti riguarda anche i settori tradizionali quali l'ingegneria edile (i recenti terremoti e dissesti idrogeologici ne sono una testimonianza) o anche l'ingegneria forense (basti riflettere ai processi assurti agli onori della cronaca falsati per perizie ad esempio informatiche affidate a inesperti, che non hanno saputo rispondere ai quesiti o, peggio ancora, hanno modificato lo stato dei dati sui computer oggetto di accertamento).

Il secondo aspetto, non disgiunto dal precedente, parte da una considerazione: ma voi guidereste mai un'autovettura progettata e costruita da un'azienda "pizza e fichi"? No perché non vi darebbe garanzie di affidabilità, sicurezza, assistenza post-vendita, etc... La diffusione esponenziale degli apparati e dei social che gravitano intorno ad Internet, induce tutti ad utilizzare strumenti a basso costo od anche gratuiti che sono spesso veicoli di phishing (esempio classico le catene di s. Antonio su Whatsapp o su altre applicazioni), che carpiscono informazioni e credenziali personali. L'abbozzare al phishing è il presupposto per subire una truffa inserendo negli apparati dei virus. Virus sofisticati che non solo ti rubano i dati della carta di credito, ma possono anche far sì che



vengano bloccate le telefonate alla propria banca per bloccare la carta di credito o il bancomat. Come per le autovetture anche per questi aspetti è opportuno affidarsi a professionisti qualificati che sappiano guidare nell'utilizzo di strumenti e modalità operative testati e garantiti da esperti in protezione cibernetica e sicurezza informatica. L'evoluzione di questi phishing saranno i virus nell'IoT, così da bloccarvi l'impianto di riscaldamento, la porta di casa, o anche l'accensione dell'autovettura o, in azienda, saranno in grado di bloccare le macchine della fabbrica 4.0 dotate di sistemi intelligenti che utilizzano linguaggi M2M.

Il terzo aspetto è: se è vero che atomo e bit si sintetizzano nella nuova rivoluzione industriale 4.0, come evolverà il concetto di "lavoro" e quindi di "lavoratore"? Oggi un dipendente di un'azienda/industria/PMI/etc. tradizionale che svolge una mansione materiale, lavora; se la committenza è pubblica questo lavoro è disciplinato nel codice degli appalti. Per un'azienda/industria/PMI/etc. 4.0 lo sviluppo del SW si può inquadrare come "lavoro" nell'accezione tradizionale del termine? Io ritengo che questo sia un punto di attenzione cui la politica dovrebbe dare concrete risposte per meglio governare la rivoluzione 4.0.

Concludo con il mio motto: George Bernard Shaw ha scritto:

Se tu hai una mela e io ho una mela e ce le scambiamo, abbiamo sempre una mela per uno, ma se tu hai un'idea e io ho un'idea e ce le scambiamo, allora abbiamo entrambi due idee. —

Casa Battlò di Antoni Gaudí, Barcellona.
Scatto di Woodi Forlano.

George Bernard Shaw ha scritto: «Se tu hai una mela e io ho una mela e ce le scambiamo, abbiamo sempre una mela per uno, ma se tu hai un'idea e io ho un'idea e ce le scambiamo, allora abbiamo entrambi due idee».

Ada Byron e le origini dell'*INFORMATICA*

La figlia del famoso poeta
fu una studiosa di grande talento

Nicoletta Mastroleo

Ingegnere

IL PRIMO PROGRAMMA della storia dell'informatica è un algoritmo per il calcolo dei numeri di Bernoulli realizzato da Ada Augusta Byron, contessa di Lovelace, unica figlia legittima del poeta George Gordon Byron'. Nonostante abbia vissuto solo fino all'età di 37 anni, contribuì in maniera significativa allo sviluppo ideale dell'informatica, scienza che studia la rappresentazione delle informazioni e le tecniche per elaborarle in manie-

1 George Gordon Noel Byron, IV Barone di Byron noto anche come Lord Byron (Londra 1788-Missolonghi 1824) è stato un importante poeta romantico divenuto famoso non solo per la sua opera letteraria ma anche per la sua vita avventurosa e libertina e la partecipazione alle lotte di indipendenza a fianco dei patrioti italiani e greci. Autore di importanti opere letterarie, come *Il Pellegrinaggio del giovane Aroldo e del famoso Don Juan*, si dedicò molto anche alla politica, occupando nel 1809 il seggio a lui spettante nella Camera dei Lord. Dopo numerosi viaggi e varie relazioni amorose, nel 1815 si sposò con Annabella Milbanke, la quale si decise a sposarlo con l'intento di redimerlo dalla sua vita dissoluta, ma che, non riuscendo nell'intento, decise di lasciarlo dopo pochi mesi tenendo con sé Ada, appena nata, mentre il marito abbandonava l'Inghilterra per sempre. Byron non rivide più la sua unica figlia legittima, con la quale però in seguito si scambiò come consuetudine affettuosa dell'epoca una ciocca di capelli, forse l'unico gesto paterno significativo che egli compì nei confronti di Ada.

Small-Scale
Experimental Machine,
Museum of Science &
Industry, Manchester.
Scatto di Woodi
Forlano.







ra automatica. L'incontro con Charles Babbage², eclettico studioso inglese dell'epoca nonché inventore della macchina analitica, le dette la possibilità di applicarsi allo studio di questo strumento, intuendone le straordinarie potenzialità nell'ambito del calcolo numerico e per molteplici altre applicazioni.

Ada Byron nacque a Londra nel 1815 dal famoso poeta George Byron e da Annabella Milbanke, baronessa di Wentworth. Non conobbe il padre, che lasciò la famiglia e l'Inghilterra quando lei

Ada Byron,
Contessa
di Lovelace.



A destra:
Charles Babbage,
1860.

2 Charles Babbage (Totnes 1791, Londra 1871) è stato inventore, matematico, politico, filosofo, studioso molto influente nel processo che ha portato alla ideazione e realizzazione del computer moderno. Ebbe molteplici interessi di carattere scientifico, dalla meccanica all'analisi matematica e alla statistica, dalla geologia allo studio delle comunicazioni (marittime e ferroviarie). Si interessò di economia e organizzazione del lavoro cercando di applicare concetti rigorosi di carattere razionale e scientifico per la gestione della nascente industria meccanizzata. È stato l'ideatore e inventore delle famose macchina differenziale e macchina analitica, che non riuscì mai a portare a compimento ma che sono rimaste nella storia come importanti prototipi di dispositivi di calcolo meccanizzato e automatico. Parti incomplete di queste macchine sono attualmente allo Science Museum di Londra.

aveva pochi mesi. Ebbe una educazione molto severa da parte della madre, verso la quale sviluppò un rapporto improntato più al timore che all'affetto. Nella pièce teatrale realizzata lo scorso anno per celebrare il bicentenario della sua nascita, *La fata matematica* (soprannome che l'inventore Charles Babbage dette ad Ada proprio per le sue capacità in ambito scientifico), è ben evidenziata la conflittualità di questo rapporto intenso e doloroso.

Annabella spinse la figlia allo studio della matematica, delle scienze, della geografia e delle lingue. Era convinta che tali discipline fossero alla base di una solida educazione morale, al contrario dello studio delle lettere e della poesia, che, secondo il suo punto di vista, avrebbero richiamato e alimentato sregolatezze e comportamenti dissoluti, tratti caratteristici del padre. Ad Ada, per questo motivo, fu vietata la lettura delle opere del padre e le fu nascosto anche il ritratto. Nonostante questo, Ada provò sempre ammirazione e nostalgia nei confronti del padre mai conosciuto.

Viaggiò molto nelle principali città europee; frequentando i più importanti circoli culturali dell'epoca e visitando anche fabbriche e altri siti tecnologici allora all'avanguardia.

Nel 1833, durante un ricevimento di intellettuali a Londra fece l'incontro che inciderà signi-





ficativamente sul corso della sua vita: conobbe Charles Babbage, l'ingegnere e matematico ideatore della macchina differenziale e della macchina analitica.

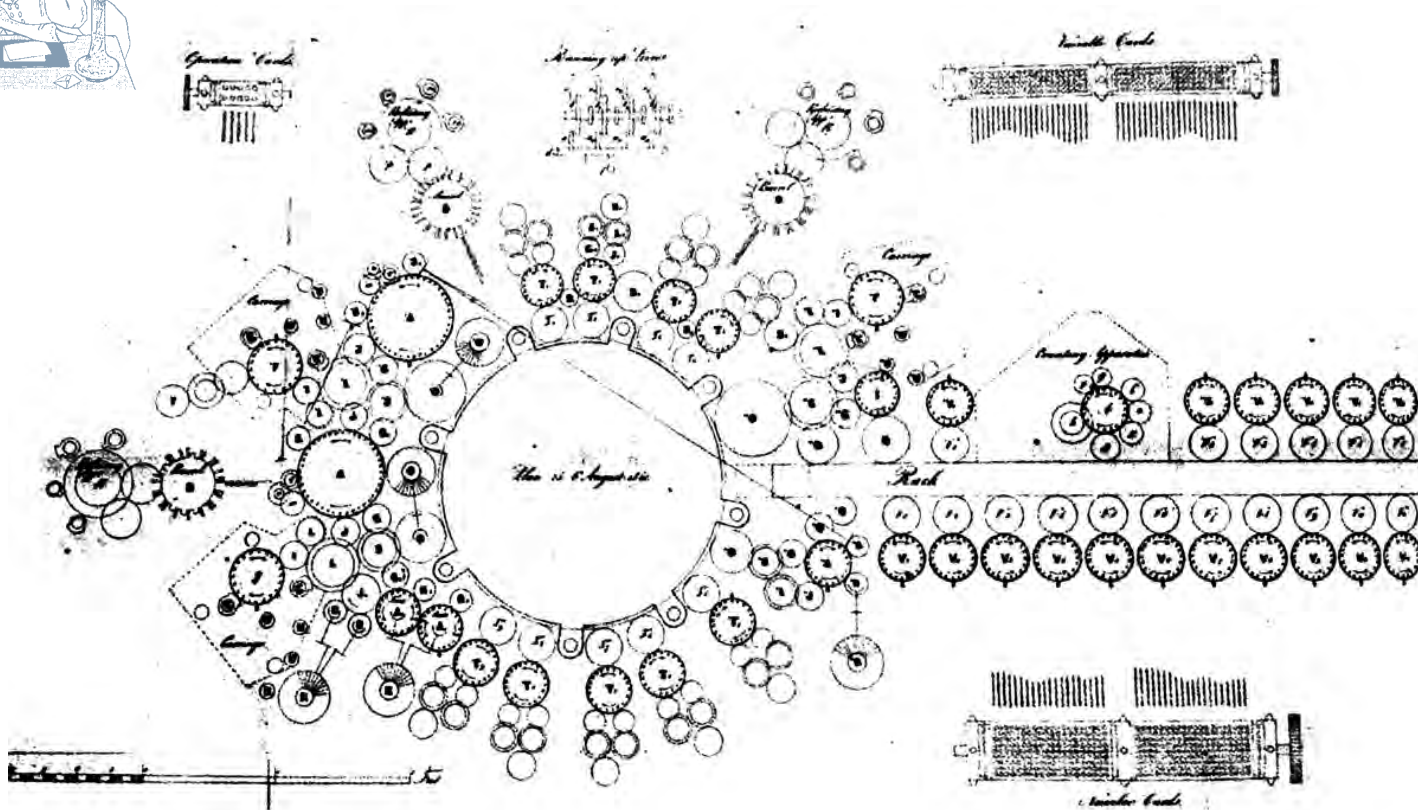
La macchina differenziale era un enorme strumento meccanico realizzato per tabulare funzioni polinomiali applicando il metodo matematico delle differenze costanti. La sua utilità si basa sul fatto che le funzioni analitiche si possono sviluppare in serie di polinomi (serie di Taylor) ed è sufficiente prendere un numero finito di polinomi per avere il valore della funzione in un punto con il grado di precisione desiderato.

Tra gli ambiti pratici più significativi nei quali avrebbe trovato la sua applicazione ci sono la cartografia e la nautica, che ne avrebbero sfruttato le potenzialità per automatizzare la compilazione

delle tavole matematiche ed astronomiche. Tuttavia, a causa di ragioni per lo più economiche e politiche, tale progetto rimase incompiuto, trovando una sua completa realizzazione solo alla fine del XX secolo (un prototipo si trova presso il Science Museum di Londra).

Babbage lavorò anche ad una versione più generale, la macchina analitica (o *Analytical Engine*) pensata per essere programmabile, capace cioè di eseguire una sequenza di operazioni in base a una successione di comandi impartiti da un programma in modo autonomo, ovvero senza richiedere la presenza di un operatore a innescare in modo sequenziale le operazioni. Tale macchina aveva le stesse funzionalità del contemporaneo aritmometro di Colmar ma evitava l'onere di leggere il risultato di ogni singola operazione, annotarlo

Ceri devozionali esposti in un supermercato, Albuquerque, Nuovo Messico, USA.



Progetto numero 16 della macchina analitica.

e reintrodurlo nella macchina per l'operazione successiva. Ciò permetteva di risparmiare tempo di calcolo e diminuire la probabilità d'errore in particolare nelle trascrizioni, fornendo in automatico direttamente il risultato finale.

Nella macchina analitica gli ordini sono affidati a un programma ed è presente un sistema di controllo che traduce le istruzioni in movimenti coerenti e sincronizzati sulla macchina. Di questo complesso strumento furono realizzati solo due frammenti dimostrativi, il primo dallo stesso Babbage nel 1860, il secondo, più articolato, dal figlio quarant'anni dopo. Questo secondo pro-

totipo riusciva a calcolare e stampare i primi 23 multipli del π .

La formazione scientifica di Ada fu altalenante, fortemente influenzata da impegni sociali e doveri coniugali (si sposò con Lord William King, agiato e mite barone del Surrey dal quale ebbe tre figli). Nonostante tutto, non abbandonò mai l'amore per lo studio della matematica e delle scienze in genere.

Tra i suoi docenti, non sempre vevoli, ebbe Augusto de Morgan, matematico e logico di fama internazionale, e Mary Fairfax-Somerville³, matematica e affermata studiosa di Laplace⁴.

3 Mary Fairfax Greig Somerville (Jedburgh 1780, Napoli 1872) è stata una matematica inglese, una delle più rappresentative studiose dell'Ottocento. Nel 1838 divenne membro onorario della Royal Astronomical Society, onore mai concesso prima ad una donna. Compì studi sul lavoro del grande matematico Laplace, del quale tradusse, nel 1831, dal francese all'inglese *The Mechanism of Heavens*, significativo trattato di astronomia. Fu insegnante di Ada Lovelace.

4 Una curiosità: in un'epoca dove raramente le donne si dedicavano a studi scientifici e ancor meno venivano riconosciuti loro contributi accademici, Laplace riconoscerà pubblicamente a Mary Somerville il merito di essere tra le dieci persone al mondo ad aver capito realmente la sua opera e, tra queste, di essere l'unica donna. Questo punto

di vista di Laplace, che aveva l'intenzione di essere un complimento per Mary Somerville, evidenzia e riassume il punto di vista generalizzato in quei tempi nei confronti delle donne e delle loro capacità scientifiche. Tra il XVIII e XIX secolo, oltre alla Somerville vi furono poche altre donne matematiche famose, ad esempio l'italiana Maria Gaetana Agnesi, che si occupò di analisi matematica e dei primi studi sul calcolo differenziale e integrale, la tedesca Caroline Herschel, che si occupò di astronomia, e la francese Sophie Germain, nota matematica che si dedicò alla teoria dei numeri e al teorema di Fermat. Da sempre, tranne rare eccezioni, tra cui le studiose appena citate, per le giovani donne si prospettava un futuro da madri e legato a occupazioni domestiche e familiari.



Walkman, Museum of Science & Industry, Manchester. Scatto di Woodi Forlano.

Nella macchina analitica gli ordini sono affidati a un programma ed è presente un sistema di controllo che traduce le istruzioni in movimenti coerenti e sincronizzati sulla macchina



I commenti di Ada al testo di Menabrea chiariscono concetti all'epoca poco noti e discussi e che in seguito saranno affrontati in maniera sistematica portando all'invenzione del moderno elaboratore elettronico

L'attenzione e la passione per lo studio da parte di Ada si riversarono sui progetti di Babbage non solo per l'originalità delle sue idee, ma soprattutto per le prospettive applicative che lei intravedeva nelle sue invenzioni.

Il contributo principale dell'opera di Ada è racchiuso nella traduzione che fece dell'articolo del 1843 di Federico Luigi Menabrea⁵, insigne matematico torinese, dedicato appunto alla macchina analitica di Babbage.

Ada, infatti, non si limitò alla semplice traduzione del testo ma vi aggiunse un'ampia lista di note e commenti originali, mettendo in luce la profonda conoscenza che aveva maturato dello strumento ideato da Babbage e intuendo, con largo anticipo sui tempi, un ampio campo di appli-

5 Luigi Federico Menabrea (Chambéry 1809, Saint-Cassin, 25 1896) è stato un ingegnere, generale, politico e importante scienziato italiano del XIX.

Nel 1840 a Torino, incontrò Charles Babbage durante il secondo Congresso degli scienziati italiani. Babbage era stato invitato dall'astronomo Giovanni Plana per far conoscere il suo complesso progetto della macchina analitica. Luigi Menabrea ne rimase impressionato e dedicò alla descrizione di questo strumento l'articolo in francese, dal titolo "Notions sur la machine analytique de Charles Babbage", che fu pubblicato nel 1842 presso la "Bibliothèque Universelle de Genève". Di lì a poco tempo tale testo fu ripreso da Ada Lovelace che lo tradusse in inglese e lo corredò di numerosi commenti e note propri. Menabrea fu professore di Scienza delle Costruzioni all'Università degli Studi di Torino, prima deputato poi senatore del Regno di Italia e Ministro in vari dicasteri. Nonostante gli impegni di carattere istituzionale, per tutta la vita continuò a portare avanti anche una significativa attività di ricerca scientifica.

cazione che non limitasse la macchina a un mero strumento di calcolo, ma la rendesse un dispositivo più versatile, capace di elaborare simboli anziché numeri.

Questa intuizione rappresenta un passaggio cruciale dalla teorizzazione alla realizzazione pratica del concetto di "programmazione delle macchine" su cui si basa la scienza informatica.

I commenti di Ada al testo di Menabrea chiariscono concetti all'epoca poco noti e discussi e che in seguito saranno affrontati in maniera sistematica portando all'invenzione del moderno elaboratore elettronico.

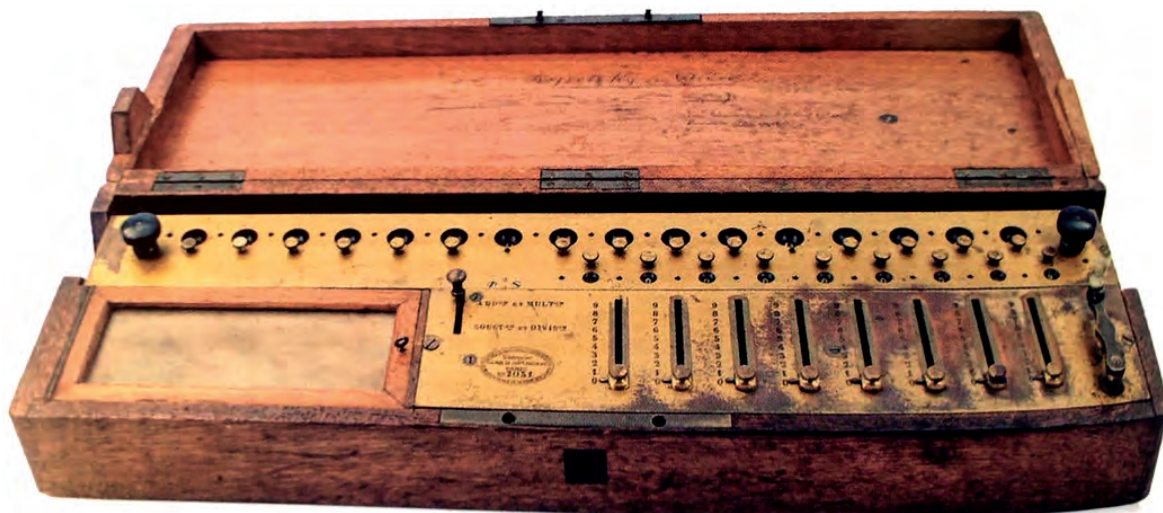
La fama di Ada si basa su questa sola opera del 1843; è importante ricordare che queste sette note apportavano un contributo originale e approfondito allo scritto in francese, tant'è che si estendevano per cinquantadue pagine, mentre il lavoro dello studioso italiano era costituito di una ventina di pagine. Date l'esautività e l'originalità delle tesi sviluppate, possono essere considerate un saggio organico a sé stante.

Babbage stesso ne rimase impressionato, per la profondità delle osservazioni e per l'autonomia di pensiero della studiosa.

Nelle note si evidenzia come la macchina alle differenze serva per il solo calcolo di tavole matematiche, mentre la macchina analitica può essere utilizzata in ambito aritmetico e algebrico, ma anche per sviluppare funzioni generiche con calcolo simbolico. In più, al contrario della prima apparecchiatura, questa seconda può prendere in ingresso sia un programma (sequenza ordi-

Aritmometro di Colmar, 1865.

Foto tratta da *Dall'Aritmometro al PC, la storia del calcolo personale nelle collezioni del Museo degli Strumenti di Calcolo*, a cura di G.A. Cignoni, University Press.



nata di istruzioni da eseguire) che i dati su cui il programma va eseguito, riferendosi spesso, precorrendo i tempi, a concetti come quelli di "variabile" e "stato" della macchina, utilizzando il linguaggio simbolico.

Tra gli aspetti trattati, vi è una curiosa ed intrigante indagine sul legame tra la matematica e la musica, in cui la Lovelace si interrogava sulla possibilità che la macchina analitica operasse non solo sui numeri ma anche su altri oggetti legati da relazioni che la macchina, opportunamente programmata, poteva interpretare e attuare.

Babbage aveva ideato un sistema in cui la macchina veniva programmata attraverso vari tipi di schede perforate, traendo ispirazione dalle "carte forate" utilizzate per i telai messi a punto dal francese Jacquard. Mentre l'inventore inglese è completamente assorbito dall'aspetto meccanico e ingegneristico dell'apparecchio (aspetti che oggi indichiamo come hardware) Ada si concentra sulle logiche di funzionamento, di programmazione (software) e di applicabilità del dispositivo, dimostrando un'originale coniugazione tra la matematica e l'elaborazione automatizzata delle informazioni, oltre che una forte componente di creatività e rigore dell'elaborazione.

In particolare nella sua ultima nota, la nota G, è descritto per la prima volta un algoritmo per il calcolo dei numeri di Bernoulli presupponendo l'elaborazione automatica attraverso la macchina analitica, senza dover tener memoria dei risultati di storico in progressione. Tale algoritmo è noto per essere stato il primo programma della storia dell'informatica.

L'elemento di novità introdotto dall'algoritmo della Byron rispetto al metodo di Bernoulli sta nel poter calcolare qualunque numero di Bernoulli B_n conoscendo quelli precedenti, utilizzando ricorsivamente la stessa formula.

I numeri di Bernoulli B_n sono una successione di numeri razionali utilizzati in molteplici ambiti della matematica e della statistica. Furono analizzati in connessione al problema di calcolare la somma di potenze di ugual esponente di interi consecutivi, ma trovarono poi altre inattese applicazioni nell'analisi e nella teoria dei numeri, sino all'ultimo teorema di Fermat. Sono presenti anche negli sviluppi in serie di Taylor della tangente e della tangente iperbolica e nelle funzioni di Euler-Maclaurin.



Apple II, 1977.
Foto tratta da
Dall'Aritmometro al PC, la
storia del calcolo personale
nelle collezioni del Museo
degli Strumenti di Calcolo,
a cura di G.A. Cignoni,
University Press.

Nell'ultimo periodo della sua vita, Ada ebbe molti problemi di salute, la sua applicazione allo studio scientifico diventò erratica e caotica, attratta da troppi temi su argomenti diversi, oppressa da responsabilità e ingerenze familiari e da debiti di gioco. Morì nel 1852, all'età di 36 anni, la stessa età a cui era morto suo padre George Byron in Grecia.

Nel 1979 il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti sviluppò un linguaggio di programmazione per grandi sistemi di calcolo, molto innovativo, a cui diede il nome Ada, in onore di Ada Lovelace Byron.

Bibliografia di riferimento

- Silvio Hénin, *Il computer dimenticato*, Hoepli 2015.
Valeria Patera, *Ada Byron Lovelace. La fata matematica. Storia della donna che sognò il computer*, Università La Sapienza 2015.
Ada Byron e la Macchina Analitica, articolo di G. O. Longo e di C. Bonfanti, "Mondo Digitale", n. 2, 2008.

L'autrice ringrazia Alessandra Mastroleo per la collaborazione alla stesura dell'articolo

Babbage aveva ideato un sistema in cui la macchina veniva programmata attraverso vari tipi di schede perforate, traendo ispirazione dalle "carte forate" utilizzate per i telai messi a punto dal francese Jacquard



Frei Otto & PINK FLOYD

Architetto e ingegnere, deve la sua fama alla copertura dell'area olimpica di Monaco

Fausto Giovannardi

Ingegnere

Frei Otto sulla terrazza del suo atelier a Warmbronn, Germania.

FREI OTTO, ARCHITETTO e ingegnere tedesco, reso celebre al grande pubblico dalla copertura dell'area olimpica di Monaco nel 1972, nasce a Siegmarsdorf, in Sassonia (Germania) il 31 marzo del 1925. Suo padre e suo nonno erano entrambi scultori. Il suo nome, che in tedesco significa "libero", è stato scelto dalla mamma dopo aver assistito ad una conferenza sulla libertà.

Trascorre la sua adolescenza a Berlino. Lavora durante le vacanze scolastiche come scalpellino e si diverte a pilotare aerei, rimanendo affascinato dalla loro leggerezza e resistenza.

Si diploma alla Schadow-Schule di Berlin-Zehlendorf nel 1943 ed inizia a studiare

architettura alla Technisch Universitat di Berlino. Ma c'è la guerra e nel settembre dello stesso anno viene chiamato per il servizio militare ed inizia l'addestramento come pilota. L'addestramento dei piloti viene fermato alla fine del 1944 e Frei viene assegnato alla fanteria. Nell'aprile del 1945 viene catturato vicino a Norimberga e recluso in un campo di prigionia vicino a Chartres, in Francia, dove rimane per due anni. Lavora come architetto del campo, imparando a costruire molti tipi di strutture con la minore disponibilità di materiale possibile.

Terminata la guerra ritorna a frequentare architettura all'Università di Berlino.

Nel 1950 Frei Otto compie un viaggio di studio negli Stati Uniti. Visita le architetture di Wright, Mendelson, Saarinen, Mies van der Rohe, Neutra, Eames. Frequenta un corso di Sociologia e pianificazione urbanistica all'Università della Virginia.

Completa gli studi di architettura e si laurea nel 1953 con una tesi dal titolo "Das Hängende Dach" ("Le coperture sospese") che viene premiata l'anno successivo. L'anno dopo consegue il dottorato in Ingegneria civile.

Aprire uno studio professionale ed inizia a lavorare, alternando l'attività pratica alla ricerca teorica, prevalentemente nel campo delle coper-

ture, in particolare sospese: cupole, volte, gusci, membrane, tende, strutture pneumatiche, mezzi di trasporto da terra, aria e acqua, oggetti d'uso comune. Insegna a contratto presso la Technisch Universitat di Berlino.

Nel 1958 fonda la prima delle numerose istituzioni che lo vedranno instancabile protagonista, l'Istituto per lo sviluppo delle costruzioni leggere, una piccola istituzione privata a cui fa seguito nel 1961 la formazione del gruppo di ricerca all'interno della Technisch Universitat di Berlino, su Biologia e strutture, che per la prima volta vede cooperare architetti, ingegneri e biologi.

La sua attività non passa inosservata e nel 1964, dietro interessamento di Fritz Leonhardt viene creata appositamente per lui una nuova cattedra all'Università di Stoccarda: l'Istituto per strutture portanti leggere, di cui rimane titolare fino al 1991.

Nel 1967 progetta il padiglione della Germania per l'EXPO di Montreal.

Del 1972 è il parco Olimpico di Monaco, grande quasi 3 kmq, le cui principali strutture ed arene al coperto, progettate da Gunter Behnisch con Frei come progettista strutturale, realizzano una nuova scala per questo tipo di costruzioni, e sono



**Nel 1950
Frei Otto compie
un viaggio
di studio
negli Stati Uniti.
Visita
le architetture
di Wright,
Mendelson,
Saarinen,
Mies van
der Rohe,
Neutra, Eames.
Frequenta
un corso
di Sociologia
e pianificazione
urbanistica
all'Università
della Virginia**

Copertura dell'Olympic Stadium di Monaco di Baviera.

Frei Otto all'Expo di Montreal nel 1967.



Dieci ombrelli di tela bianca di 4.5 m di diametro, di varie altezze, da 2.50 m a 4.40 m, che coprono un'area di 130 mq. Ognuno dotato di due meccanismi motorizzati: uno per sollevare l'ombrello chiuso sul palco e l'altro per comandarne l'apertura

Gli ombrelli apribili sul palco del tour americano dei Pink Floyd (1977).

state pioniere nell'uso dell'informatica per determinare la loro forma e comportamento. Il parco è divenuto uno dei punti di riferimento della vita degli abitanti di Monaco. Le sue strutture avveniristiche sono usate per ospitare concerti rock e manifestazioni sportive, mentre la piscina ed il campo di pattinaggio su ghiaccio sono regolarmente aperti al pubblico.

All'inizio degli anni '70, Frei Otto ed il suo allievo Bobo Rasch (Stoccarda 1943) sperimentano intorno a strutture per coperture temporanee. Con un gruppo di progettisti di Arup, Structura 3, guidato da Ted Happold e Peter Rice, lavorano attorno a strutture ad ombrello, in grado cioè di coprire, se affiancate, grandi superfici. Viene realizzata la copertura dell'Esposizione Nazionale di Orticoltura e Floricoltura a Colonia (1971) e su questo tema Bobo Rasch realizzerà la straordinaria copertura delle due corti della Moschea del santo profeta a Medina (www.sl-rasch.de).

Gli ombrelli, a struttura superiore, sono comandati da un sistema di pompe idrauliche che ne comandano l'apertura in funzione dell'incidenza solare.

Rientrano in questo filone di attività gli ombrelli apribili studiati per il primo concerto di Cleveland del tour negli USA dei Pink Floyd del 1977.

Questo tipo di copertura permetteva agli artisti di utilizzare composizioni gonfiabili, altrimenti impossibili con una copertura fissa.

Il progetto è sviluppato da Frei Otto in collaborazione con il geniale ingegnere inglese **Ted Happold** (1930-1996). Nel loro gruppo lavora anche un giovane Mark Fisher, che, come vedremo, imparerà molto bene la lezione dei due maestri.

Gli ombrelli hanno dimensioni contenute ed un funzionamento semplificato, ma presentano il vantaggio di sparire sotto il palcoscenico, quando il loro uso non è necessario.

Dieci ombrelli di tela bianca di 4.5 m di diametro, di varie altezze, da 2.50 m a 4.40 m, che coprono un'area di 130 mq. Ognuno dotato di due meccanismi motorizzati: uno per sollevare l'ombrello chiuso sul palco e l'altro per comandarne l'apertura.

La semplicità e l'eleganza di queste forme ebbero un grande successo, tanto che i Pink Floyd decisero di utilizzarli per tutto il tour americano ispirando numerosi altri progetti.

Da allora si è aperta la strada ai megaconcerti ed ai fantasmagorici palchi, in cui sono maestri Mark Fisher (www.stufish.com) e l'ingegner Jonathan Park (www.studiopark.co.uk).

Frei Otto è morto il 9 marzo 2015. —



