

Rivista ufficiale dell'AEIT Seguito de "L'Elettrotecnica" fondata dall'AEI nel 1914



AEIT - Volume 103 - Numero 3/4 marzo/aprile 2017 - ISSN 1825-828X

marzo/aprile 2017

AEIT

Poste Italiane Spa - Sped. in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

IN PRIMO PIANO: ICT



Associazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni



AUTO MOTIVE

Milano 9-11, July 2018
Politecnico di Milano,
Bovisa Campus



International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive

This third edition of the Conference **AUTOMOTIVE 2018** will be held from the 9th to the 11th of July 2018.

It aims to be the forum of the automotive community to present and discuss the most recent results of scientific and technological research in this industry, with particular emphasis to applications and new trends. The Conference will cover all aspects of the segment focusing on electrical vehicles, connected autonomous cars and related mobility.

AUTOMOTIVE 2018 will bring together in an annual international event over three days the automotive community and the Information and Communication Technology one.

The Steering and the Technical Program Committees will include experts from Academic and Association world, key industrial stakeholders and representatives of public Authorities.

The **AUTOMOTIVE 2018** program will be structured in scientific sessions including accepted papers, key-note speeches, round tables and panel discussion, covering current automotive scenario with national and international perspectives, development trends and regulatory framework.

Legal, ethical and social aspects related to the new driving and mobility will be also addressed.

AUTOMOTIVE 2018 is aimed at an academic and industrial audience, professionals active in automotive, including designers, manufacturers and users of technology, as well as public administration officers, analysts and investors interested in this sector in great development and of high social impact.

Special conditions will apply to encourage the participation of students of specific university courses.

Organized by



International Microelectronics
And Packaging Society
Italian Chapter

in cooperation with



POLITECNICO
MILANO 1863



POLITECNICO
DI TORINO



under the patronage of



SOCIETÀ
ITALIANA
DI ELETTRONICA

technical co sponsorship of



SECRETARIAT

AEIT - Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi, 32 - 20124 Milano • Tel. +39 06 5913925
email: automotive@aeit.it • web site: <http://convegni.aeit.it/automotive>

LOCATION

Politecnico di Milano - Bovisa Campus
Aula Magna Carassa e Dadda
Via Raffaele Lambruschini, 4 • 20156 Milano

IN QUESTO NUMERO

L'editorialista e coordinatore del numero, *Maurizio Molinaro*, delinea bene le coordinate attuali e di prospettiva di "ICT: tecnologie abilitanti e architetture di rete" e anticipa possibili seguiti che la rivista sta programmando.

Abbiamo voluto aprire il fascicolo e dare adeguato spazio al saggio di *Angelo Luvison*, più che saggio sarebbe giusto dire capitolo di volume in progress, la cui ricchezza e i cui stimoli si vorrebbero sottolineare ai lettori. Chi scrive ha interessi e curiosità intellettuali (che vorrebbe trasmettere a tutti i soci AEIT, quale che siano le loro specifiche aree tecniche e attività professionali) sulla cultura della tecnica, sulle sue prospettive future, sull'eticità delle soluzioni, sulle scelte di campo tra "apocalittici e integrati". Stupisce - nonostante l'*understatement* di Luvison quando definisce il suo articolo "uno zibaldone di idee e spunti" - la latitudine dei suoi interessi, che spaziano naturalmente dall'informatica, dall'organizzazione aziendale, dai social network, verso spazi più ampi di pensiero critico e interdisciplinare. Basterebbe leggere le epigrafi di ogni capitolo; o la vasta bibliografia, selettiva, però per non appesantire inutilmente il testo; o trovare i grandi di ogni tempo menzionati con loro citazioni reali o presunte (tra i campioni anche di *post truth* - che Luvison tradurrebbe felicemente, invece di post-verità, come verità del "post" pubblicabile sul web - spicca Einstein). Insomma, cari lettori elettrici elettronici informatici telecomunicazionisti automatici sistemisti biomedici eccetera eccetera, leggete questo saggio e non ve ne pentirete!

Smart City, Internet of Things sono espressioni che la nostra rivista ha menzionato e anche oggi menziona sovente; aggiungiamo ora *Internet of Vehicles*, e arriviamo al cuore del secondo articolo: un drone che interagisce in una rete veicolare con funzioni di monitoraggio e sorveglianza del traffico. Gli autori sono *Daniele Brevi*, *Andrea Molino*, *Enea Bagalini* e altri.

Tra i paradigmi di comunicazione cellulare recentemente sviluppati, *Samuela Persia* e *Luca Rea* considerano quelli idonei ai servizi di Smart Metering per Smart Grid, per monitorare cioè i consumi di "contatori intelligenti" e prevedere lo stato della rete di distribuzione. Le diverse possibili soluzioni sono confrontate in casi urbani e suburbani, per la densità abitativa sia in USA sia in Italia.

Giuseppe Baselli, *Niels Bergsland*, *Marcella Laganà* e altri presentano metodi e risultati di ricerche - ancora aperte - mediante neuroimmagini in neurofisiologia, in particolare per danni cerebrali patologici.

Dell'Internet of Things *Michela Billotti* e *Enrico Maria Bagnasco* descrivono l'impatto già attuale in alcune applicazioni specifiche per monitorare, controllare da remoto e prevenire malfunzionamenti, ma chiariscono anche le prospettive sconfiniate se il numero di oggetti connessi cresce enormemente come previsto, investendo diversi settori verticali e trasformandoli da tradizionali in digitali.

La rivista è pubblicata con il concorso del Consiglio Nazionale delle Ricerche. È vietato riprodurre articoli della rivista senza citarne la fonte. Registrazione Tribunale di Milano del 29.08.1948 - N. 395 Iscrizione R.O.C. numero 5977 10.12.2001

Poste Italiane Spa - Spedizione in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in Legge 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

Abbonamento annuale (10 numeri) € 90,00 da versare sul conto corrente postale n. 274209.

Fascicoli separati € 15,00
Arretrati € 30,00
Tiratura 6 000 copie

 Associato all'USPI Unione Stampa Periodica Italiana

Proprietaria ed Editrice © Associazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni - AEIT

Direttore:
Andrea Silvestri

Direttore Responsabile:
Maurizio Delfanti

Comitato Editoriale:
Michela Billotti, Antonio Capone, Aurora Caridi, Sergio

Giacomo Carrara, Claudio Cherbaucich, Guido Clerici, Bruno Cova, Nicolò Di Gaetano, Eugenio Di Marino, Arrigo Frisiani, Elena Fumagalli, Dario Lucarella, Angelo Luvison, Marco Merlo, Maurizio Molinaro, Valeria Olivieri, Giovanni Ricca, Marino Sforna, Mauro Ugolini, Attilio Skoff, Fabio Zanellini

Redazione:
Fabrizio Trisoglio - red_aeit@aeit.it

Hanno collaborato:
A. L. Fontana, G. Notaro

Editoriale**4****ICT: tecnologie abilitanti e architetture di rete**

Maurizio Molinaro

ICT: tecnologie abilitanti e architetture di rete**L'ecosistema dell'innovazione digitale:
analisi critica****6**

Angelo Luvison

L'utilizzo di droni**28****per il monitoraggio automatico d'incidenti**Daniele Brevi, Guido Gavilanes, Riccardo Scopigno, Anooq Sheik,
Andrea Molino, Enea Bagalini**Smart Grid:****34****analisi delle soluzioni LTE-MTC e NB-IOT**

Samuela Persia, Luca Rea

**Analisi di connettività encefalica
strutturale e funzionale****40**Giuseppe Baselli, Niels Bergsland, Isa Costantini,
Ottavia Dipasquale, Elisa Scaccianoce, Marcella Laganà,
Laura Pelizzari, Mario Clerici Francesca Baglio**Internet of Things, la connettività per tutto****44**

Michela Billotti, Enrico Maria Bagnasco

**Progetto Grafico - Copertina - Impaginazione:**

Antonella Dodi - af@aeit.it

Abbonamenti e Pubblicità:

Tel. 02 873899.67 - aeit@aeit.it

Direzione Redazione Amministrazione:

AEIT - Ufficio Centrale

Via Mauro Macchi, 32 - 20124 Milano

Tel. 02 873899.67

Telefax 02 66989023

Sito Internet:<http://www.aeit.it>**Stampa - Fotoservice - Distribuzione:**

Arti Grafiche Murelli

Via Campania 42 - 20090 Fizzonasco - Milano

Gli autori sono responsabili di quanto scritto nei loro articoli. Le opinioni espresse dagli autori non impegnano l'Associazione.

ICT: tecnologie abilitanti e architetture di rete

Maurizio Molinaro

Istituto Superiore Mario Boella - ISMB



Come introduzione a questo numero monografico della rivista AEIT dedicato all'ICT, può essere utile una mappa orientativa tra le tecnologie abilitanti e le architetture delle reti di maggiore attualità.

Il percorso che qui si delinea parte dai dati, di cui interessano vari aspetti: generazione, ricetrasmisione, elaborazione e memorizzazione, impiego applicativo.

Le stime della crescita nella produzione di dati a livello globale entro il 2020, pur con un forte margine di variabilità, portano a una quantità totale di oltre 40 zettabyte.

Si tratta di dati estremamente eterogenei come origine, disponibili in formati spesso non compatibili tra loro.

Le fonti principali sono: le comunicazioni, legate per lo più ai servizi di social *network*, con uno scambio intensivo di materiali multimediali (soprattutto video); i servizi online di informazione e pagamento; gli oggetti che costituiscono l'Internet of Things.

Il paradigma di comunicazione dell'IoT è ormai ben noto: la connessione a Internet degli oggetti più svariati (sensori, attuatori, elettrodomestici, macchine utensili, veicoli, ecc.), in grado di comunicare con altri oggetti o con gli esseri umani.

Il numero di dispositivi IoT connessi entro il 2020 oscilla, secondo le previsioni, da 25 a 50 miliardi, ma si tratta in ogni caso di una quantità impressionante di potenziali sorgenti di dati, tanto più che molti di essi generano e trasmettono dati con continuità.

Nella creazione di enormi masse di dati (*Big Data*) l'IoT sembra quindi assumere un ruolo via via più importante.

Per i dati che meritano di essere analizzati (una frazione dei dati totali) devono essere considerati, oltre alla quantità (volume), il numero di tipi diversi (varietà) e la rapidità con cui devono essere elaborati (velocità).

Lo spunto iniziale è che per alcune applicazioni è estremamente difficile realizzare algoritmi adatti, anche soltanto perché la soluzione ottima varia nel tempo.

Nel *Machine Learning* il software analizza i dati, utilizzando per esempio tecniche statistiche e il riconoscimento di strutture ricorrenti, e costruisce un modello utile per previsioni sui dati futuri.

Il *Deep Learning*, di derivazione più recente, è fondato sulla combinazione di reti neurali e di processori a forte parallelismo. L'analisi viene effettuata attraverso una cascata di livelli di elaborazione, aventi complessità e astrazione via via crescenti.

Nell'elaborazione dei dati è apparso chiaro che alcune applicazioni devono essere mantenute il più possibile vicine all'utente finale, in quanto richiedono bassa latenza, elevati volumi da scambiare, vincoli di sicurezza, e quindi non si adattano bene al modello del *Cloud Computing*. Queste esigenze hanno portato allo sviluppo del *Fog Computing* che si contrappone anche dal punto di vista del nome al *Cloud Computing*. Un termine equivalente è (*Mobile*) *Edge Computing*, per indicare che l'elaborazione avviene alla periferia della rete, per esempio nelle stazioni radio-base delle reti 4G e 5G.

In realtà il *Fog Computing* è complementare, non sostitutivo, del *Cloud Computing*, soprattutto per quanto riguarda la memorizzazione dei dati.

In questo contesto un altro componente interessante (ancorché di concezione non recente) è la *Content Delivery Network* (CDN). Una CDN è costituita da nodi, geograficamente distribuiti, che collaborano per soddisfare le richieste di contenuti (in genere di tipo multimediale) da parte degli utenti, trasferendoli in maniera trasparente al fine di ottimizzarne il processo di

consegna, cosa impossibile con un unico server centrale.

Le tecnologie discusse in precedenza - in particolare l'IoT - favoriscono lo sviluppo di numerosi ambiti applicativi, tra i quali: mobilità e trasporti, produzione e distribuzione dell'energia, rete idrica e rifiuti, automazione industriale, logistica, agricoltura e allevamento, salute e benessere, cultura e turismo, sport, istruzione.

La rivista AEIT intende sviluppare l'analisi degli ambiti applicativi dell'ICT nel primo dei due focus previsti per il 2018, intitolato "ICT: applicazioni e servizi".

Nell'evoluzione delle reti di telecomunicazioni si possono individuare alcune tendenze generali, non legate esclusivamente all'esigenza di far fronte a moli di dati sempre crescenti; quali: convergenza e integrazione sempre più accentuata tra rete fissa e rete mobile; estensione del modello di Internet (interconnessione di reti eterogenee); spostamento di funzioni dall'HW al SW, fenomeno analogo al passaggio dalla logica cablata alla logica programmata.

I termini *Software-Defined Networking* (SDN) e *Network Function Virtualization* (NFV) si trovano spesso utilizzati insieme; in realtà si tratta di tecnologie complementari, ma indipendenti con l'obiettivo generale di ridurre gli investimenti e i costi operativi e di rendere più facile ed efficiente la gestione della rete.

Grazie alla NFV è possibile passare da un modello in cui le funzioni della rete sono eseguite da HW specifico (router, stazioni radio-base, ecc.) a uno in cui sono a carico di componenti SW personalizzabili o HW generico. Il disaccoppiamento dall'HW sottostante è ottenuto per mezzo della virtualizzazione (già largamente in uso nell'informatica). In questo modo si può impiegare in modo flessibile l'HW di fornitori diversi e introdurre nuove funzioni nella rete. Il controllo della rete è programmabile attraverso un "orchestratore", che mantiene una visione centrale della rete stessa.

Il sistema cellulare di quinta generazione (5G) è attualmente in corso di sviluppo; uno degli obiettivi è di arrivare a un sistema dimostrativo completo in occasione dei Giochi Olimpici di Tokyo (2020).

I fattori che stanno a monte dello sviluppo del 5G possono essere così sintetizzati: crescita esponenziale dei dati scambiati in mobilità, in particolare dati multimediali ad alta risoluzione; crescita esponenziale dei dispositivi wireless connessi, dalle persone agli oggetti; necessità di rispondere in modo affidabile e in tempo quasi reale alle richieste degli utenti (*tactile Internet*).

Entrando nel merito delle tecnologie abilitanti per il 5G, gli avanzamenti più significativi riguardano: le reti di accesso radio; l'architettura generale del sistema, grazie all'uso di microcelle e di femtocelle; la gestione della rete, che dev'essere distribuita e scalabile (qui intervengono le tecnologie SDN e NFV discusse in precedenza); la consegna dei contenuti e l'elaborazione distribuita dei dati (qui intervengono le tecnologie *Mobile Edge Computing* e CDN discusse in precedenza).

Il problema principale è dove attingere per garantire la capacità aggiuntiva di cui il 5G necessita per servire molti più utenti a una velocità di trasmissione notevolmente più alta. Si può pensare che questa capacità aumentabile a piacere utilizzando celle sempre più piccole e frequenze sempre più alte, che offrono una larghezza di banda maggiore; mentre un'efficienza maggiore potrà essere conseguita con tecniche di trattamento del segnale e nuove politiche di condivisione dello spettro. Tra tutte queste possibilità, i risultati più concreti e immediati dovrebbero essere raggiunti operando nella banda millimetrica (da 30 a 300 GHz), dove le frequenze sono disponibili in abbondanza. I fenomeni di propagazione, tuttora da approfondire teoricamente e sperimentalmente, pongono molti problemi tecnici da risolvere prima che la banda delle onde millimetriche possa essere considerata una miniera d'oro sfruttabile. Per contro, gli strumenti tecnologici - dalle antenne a schiera ai componenti, ai circuiti e ai sistemi per trasmissione ad alta velocità - sono almeno in parte già disponibili, o sono in corso di sviluppo presso i laboratori più avanzati.

La rivista AEIT prevede di sviluppare questo argomento in un altro focus previsto per il 2018, intitolato "5G: la nuova frontiera dell'ICT".

L'ecosistema dell'innovazione digitale: analisi critica

Angelo Luvison AEIT

Negli ultimi decenni, l'innovazione digitale ha trasformato radicalmente le vite tanto dei singoli quanto della collettività. Come sarà il futuro non è dato sapere, ma non sarà certamente eterodiretto, dipenderà piuttosto dai comportamenti e dalle azioni che la specie umana saprà e vorrà mettere in atto

C'è vero progresso solo quando i vantaggi di una nuova tecnologia diventano per tutti
(Henry Ford)

L'articolo intende offrire una semplice, ma non semplicistica, esposizione ragionata dei punti principali che ruotano intorno al concetto di "innovazione tecnologica" nel campo dell'ICT (*Information and Communications Technology*) e dei suoi filoni strategici o derivati (intelligenza artificiale). In generale, al concetto di innovazione vengono tradizionalmente attribuiti significati diversi, ma qui ci ispiriamo, come in [1], alla formulazione schumpeteriana (*The Theory of Economic Development* e lavori successivi) secondo cui l'innovazione è rivolta all'individuazione di nuovi prodotti o servizi e al miglioramento di quelli esistenti, all'ottimizzazione dei processi aziendali nonché alla definizione di nuovi modelli organizzativi e metodi di marketing in modo da rendere un'azienda competitiva *in toto* sul mercato¹. In sintesi, innovare comporta soddisfare necessità, anticipare esigenze, perfino creare bisogni.

Il lavoro di rassegna offre un'ampia panoramica di temi distribuiti in parti, ineguali per lunghezza e ulteriormente articolati dove il filo del discorso diventa meno lineare.

Dopo un tour guidato attraverso un denso benché schematico repertorio di idee, spunti e concetti, una nutrita bibliografia - oltre agli articoli pubblicati su questo stesso numero monografico - suggerisce ai lettori interessati la possibilità di altri percorsi di approfondimento.

Un'ultima avvertenza: per offrire una panoramica ragionevolmente completa dell'"ecosistema digitale", l'articolo tratta molti argomenti in modo distribuito nel testo, interrogandosi e spaziando su implicazioni che vanno al di là di quelle strettamente tecniche, pur con uno sforzo di sintesi dei temi e di correlazione delle parti. In ogni caso, al di là di un inquadramento sistemico, l'articolo non ha la pretesa di fornire una sinossi organica e comprensiva dei punti trattati. Non rivendico certo di possedere padronanza assoluta su ogni argomento toccato, sebbene abbia letto - in modo non cursorio - una discreta quantità di materiale, consultando sia le opere citate sia molte altre pubblicate negli ultimi anni. Per gli argomenti più dibattuti e controversi (quali *social network* e conseguenze dell'intelligenza artificiale) adatterò il classico procedimento dialettico basato sull'alternanza di tesi, antitesi e sintesi.

L'articolo ha come origine il mio editoriale *L'ecosistema digitale dell'evoluzione tecnologica*, pubblicato dalla rivista online *Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT*, anno XV, n. 66, novembre 2016, pp. 1-10, <http://mondodigitale.aicanet.net/2016-5/EDITORIALE.pdf>. Pur partendo da qui, il testo risulta quasi completamente nuovo, e non solo rivisto e ampliato. Ringrazio l'AICA nella persona del Direttore responsabile Viola Schiaffonati per avere permesso l'utilizzazione dei contenuti dell'editoriale.

Data l'articolazione e la dinamicità degli argomenti trattati, questo lavoro è da considerare un *work in progress*, poco più di uno zibaldone di idee e spunti per riflessioni successive.

Le leggi fondamentali delle reti sociali²

Getting information off the Internet is like taking a drink from the hydrant

(Mitchell Kapor, uno dei padri del foglio elettronico)

In un mondo incerto, indeciso, confuso, entropico - anche perché nutrito di post-verità, dove il filo tra verità e la menzogna è alle volte così sottile da scomparire - siamo spesso bombardati e sovraccaricati da informazioni (*overload* cognitivo) di cui ci sfugge il senso e che registriamo senza capirci granché. Non è facile decifrare il mondo d'oggi e i suoi cambiamenti veloci e complicati, con troppi dati da analizzare; pertanto, fare un po' di chiarezza metodologica, obiettivo di questo paragrafo, non sembra del tutto inutile.

L'effetto-rete e la crescita del valore

È possibile dimostrare in modo matematicamente rigoroso [3 - 5] che il valore di ogni rete, incluse le sociali, cresce esponenzialmente con il numero di fruitori N , infatti, con N persone si possono, in teoria, formare $2^N - N - 1$ gruppi. Il peculiare lessico degli economisti preferisce denotare questo fatto con la locuzione esoterica di "esternalità di rete"³.

Si tratta di un effetto che permette alle aziende più attente di costruire piattaforme ed ecosistemi, non solo prodotti, grazie a strategie impiegate stabilmente da leader dell'alta tecnologia, quali Bill Gates (Microsoft), Andy Grove (Intel) e Steve Jobs (Apple) [6]. Le piattaforme di settore consentono di attivare relazioni e sinergie con altre aziende per creare prodotti e servizi complementari, aumentando così il valore dell'ecosistema complessivo: un passo importante verso l'economia di condivisione o partecipata (*sharing economy*).

Il secondo concetto-base, benché di semplice evidenza empirica, è che il mondo è piccolo nel senso che è fortemente interconnesso. Uno studio del 2012 [7]⁴, analizzando i collegamenti tra coppie di frequentatori di Facebook, ha scoperto che per ciascuna di esse vi sono mediamente meno di quattro gradi di separazione, ridimensionando così la popolare legge dei "sei gradi di separazione" formulata dallo psicologo Stanley Milgram. Questi nel 1967 aveva verificato - sia pur con un metodo sperimentale poco rigoroso - che due persone scelte a caso non erano collegate da più di sei passaggi. Successive sistematizzazioni, dovute a studiosi quali A.-L. Barabási, S. Strogatz e D.J. Watts, sono basate sulla teoria dei grafi e delle reti casuali. In realtà, già sul volgere degli anni Sessanta, il poliedri-

co Claude Shannon aveva affermato che due individui qualsiasi non sono di solito collegati da più di tre conoscenti intermedi. Aveva così anticipato che il mondo è ancora più piccolo dei sei gradi.

L'uso dello strumento dei (sei o meno) gradi di separazione consente di rivelare reticoli di relazioni, interconnessioni sorprendenti e inospettabili tra soggetti fisici o istituzioni politiche, sociali, economiche, sulla base di legami di affinità e/o prossimità. Eventuali incroci di potere si sommano usualmente ad altri incroci: una volta scoperchiato il vaso di Pandora, può emergere un cortocircuito di intrecci, spesso caratterizzato da connessioni sorprendenti e poco commendevoli.

Come prendono piede, si diffondono e si radicano prodotti, messaggi, contenuti, idee? E che cosa li rende virali online? Perché certe storie, bufale, dicerie - e non solo le idee buone, i "memi" positivi [4] - sono più contagiose di altre e si replicano più in fretta? La risposta è che chi entra in una rete sociale è più facilmente influenzabile, pur tenendo conto dell'eterogeneità di una popolazione, i cui affiliati possono essere innovatori, conservatori, resistenti al nuovo oppure refrattari a qualsiasi stimolo psico-motivazionale. In certi casi, sembra che i fatti non facciano breccia nelle coscienze a differenza delle storie che avvalorano le convinzioni già radicate o le opinioni più becere.

Di fronte a questa realtà le tesi sono contrapposte: i *social media* favoriscono la conoscenza, allargano la visione, oppure ci isolano dietro a tante piccole barriere virtuali? È ancora possibile discutere seriamente di temi importanti nell'era dei *social*? I risultati analitici della ricerca [8] sull'influenza nell'adozione online di prodotti o servizi innovativi confermano anche quantitativamente la percezione diffusa che, se le divergenze di opinione tra due individui sono inizialmente sotto una certa soglia, questi cambieranno le proprie idee, in caso contrario manterranno i loro pareri. Anche i lavori di Walter

¹ Il contesto generale - sempre schumpeteriano - si riferisce alla terna lessicale "invenzione-innovazione-diffusione". Sarebbe certo utile approfondire analogie e differenze tra ricerca (di base e applicata), innovazione, invenzione, scoperta, scienza, tecnica/tecnologia, ecc. [2], ma lo faremo in un'altra occasione.

² Questo paragrafo deriva per fusione e adattamento, e con molti aggiornamenti, da idee e concetti già introdotti in precedenti miei lavori, in particolare [3-5], a cui rimando anche per ulteriori approfondimenti bibliografici.

³ L'economista Hal Varian, dopo avere studiato l'esternalità di rete nell'economia dell'informazione (*data-driven economy*), è diventato *chief economist* in Google, dove ha contribuito alla realizzazione dell'algoritmo d'asta per la pubblicità online.

⁴ Il team di ricerca era costituito da informatici dell'Università di Milano e di Facebook.

Quattrococchi e collaboratori, sintetizzati nel saggio [9], ne danno conto sulla base dell'analisi quantitativa e delle dinamiche comportamentali delle centinaia di migliaia di persone che stanno su Facebook. Il focus di [9] è in prevalenza sulle notizie che ci arrivano dalle reti sociali: inaffidabili, distorte, quando non volutamente false e falsificate. Il *World Economic Forum* annovera la disinformazione tra le principali minacce globali, perché i *social media* - fra cui Facebook - generano polarizzazione e cristallizzano le opinioni in certezze, come la profezia che si autoavvera (*self-fulfilling prophecy*), confermando il pregiudizio (*confirmation bias*) e generando l'illusione della profondità di spiegazione. "È più facile disintegrare un atomo che un pregiudizio", è un detto attribuito ad Albert Einstein. Corazzati di certezze granitiche non scalfite dal minimo dubbio, cerchiamo le anomalie che convalidano le nostre idee, l'intenzionalità dietro ogni fatto, e non ci piace abbandonare la nostra "zona di comfort" per navigare verso altri lidi inesplorati. Persistiamo nell'errore cognitivo dell'"ancoraggio" - l'essere attaccati alle credenze pregresse - con la tendenza ad arrestarci alla prima opinione, più o meno meditata, facendoci influenzare da fattori o numeri eccessivamente aggregati o non adeguatamente elaborati. Peraltro, è noto che le nostre menti sono vincolate da retaggi di clan e tribali [10], per cui anche le brave persone si dividono (si polarizzano) su questioni come morale, politica, religione e sport. Tutto ciò è frutto, come il solito, dell'evoluzione darwiniana.

Viviamo nell'epoca della post-verità?

Molti studiosi ritengono che i *social* assecondino le opinioni ma non le determinino. Secondo il citato studio [9], si crea, il fenomeno della "camera dell'eco" o della "bolla dei contenuti": l'opinione dei membri diventa acritica e tutti sono d'accordo fra di loro preferendo la propria menzogna alla verità: tribù (o clan) e tabù sono strettamente connessi. La saggezza non segue il parere della maggioranza, così come le accuse e le calunnie non diventano veritiere perché gridate in coro. Ma attenzione, rompere la bolla dei *social* è ancora possibile navigando al di fuori della propria cerchia di amici ed esercitando razionalità, pensiero critico, capacità di giudizio nell'esaminare le convinzioni sulla base di criteri logici [5, 11]. Alle volte, un po' di attenzione e buon senso sono di per sé sufficienti. Come è noto, viviamo nell'epoca della *post-verità* "lessema possibile traducendo di post-truth, esploso nella nostra lingua a seguito della Brexit e più recentemente delle elezioni americane vinte da Trump: al 22 novembre 2016, ricercando con Google sulle pagine italiane del web, si contavano oltre 30.000 risultati" [12]. C'è invece chi (ad es.,

Licia Corbolante nel suo blog *Terminologia etc.*) preferisce la traduzione *postfattuale*; né sono da trascurare altri slogan più o meno recenti: *fattoidi* (Norman Mailer), *fatticci* (Bruno Latour), *alternative facts* (come le medicine o le energie alternative), *pseudoscienza*, ecc⁵.

C'è anche chi - per esempio Alessandro Baricco - considera non corretto il termine post-verità, in particolare, perché non è mai esistita un'epoca della non menzogna. Inoltre, il termine sembra connotare lo slittamento semantico della "verità" dal significato originale - e la conseguente perdita del ruolo di prestigio da parte delle élite che ne hanno detenuto finora il controllo. A proposito di valenza delle parole, non si possono non ricordare le campagne di George Orwell contro gli eufemismi e il politichese. Benché il dibattito sia aggroviagliato, Baricco ha forse qualche buona ragione nel giudicare infondata e fuorviante l'osservazione "oggi viviamo nell'epoca della post-verità". Osservazione che però completerei in "oggi, come sempre, viviamo nell'epoca della post-verità".

Le leggende cospiratorie risultano antiche, molto più antiche dell'invenzione di Internet e dell'era della (dis)informazione. Famosissima, ma costruita ad arte, è la bufala di Nerone che incendiava Roma e poi suonava la cetra, ispirato dalle fiamme. È da notare che, dopo molteplici esempi nell'antichità, la menzogna venne riscoperta e riformulata dalla propaganda a partire dalla Prima guerra mondiale. Per citare una falsità più recente, questa volta sulla tecnologia, nella Rete circola la voce che a Einstein, trasformato in icona popolare, risalirebbe la dichiarazione: "Temo il giorno in cui la tecnologia andrà oltre la nostra umanità: il mondo sarà popolato allora da una generazione di idioti". Purtroppo per i suoi affezionati, la veridicità di questa diceria non trova alcun riscontro oggettivo. Un'altra diffusa credenza attribuita erroneamente a varie persone, incluso, come di consueto, Einstein, è che solo il 10% del nostro cervello sarebbe utilizzato. Da qui discende la (presumibilmente vana) speranza di poter imbrigliare tutto il potenziale inespresso per accrescere l'intelligenza o sviluppare facoltà nascoste, magari sfruttando meccanismi cerebrali legati alla teoria dei quanti.

È lo stesso metodo della pseudoscienza - basta su mediocri dottrine e ancora più labili prove - che tenta di giustificare la teoria degli antichi astronauti, secondo cui gli extraterrestri avrebbero raggiunto la Terra, lasciando evidenti tracce del

⁵ Se si eliminasse il trattino di unione nel composto, *post truth* potrebbe essere anche resa come la *verità del post* (cioè la verità di un messaggio - il post - pubblicato sul web). Questa locuzione mi sembra ancor più incisiva di *post-verità*.

loro passato [13]. Fino a prova contraria, ET e gli alieni umanoidi resteranno una proiezione celeste dei nostri sogni, nonostante i pianeti extrasolari simili al nostro: che un pianeta sia abitabile non significa che sia abitato da esseri intelligenti. O forse - potremmo dire scherzosamente - la prova che gli alieni siano intelligenti sta proprio nel fatto che sono così riottosi a farsi vedere da noi.

Pseudoscienza - o meglio pseudostoria - è anche quella di coloro che attribuiscono al genio di Nikola Tesla tutti i meriti per lo sviluppo dell'era dell'elettricità. In realtà, assai raramente un'invenzione proviene dal lavoro di un uomo solo, piuttosto è il frutto dell'opera di molti altri che accumulano conoscenze incrementali anno dopo anno (per Tesla in particolare cfr. [14-15]). Anche il grandissimo Isaac Newton, riprendendo Bernardo di Chartres, ammetteva in una lettera: "*Se ho visto più lontano, è perché stavo sulle spalle dei giganti*". (Nella frase, tuttavia, traspare un po' di perfidia perché contiene una allusione alla bassa statura del destinatario Robert Hooke).

Anche Umberto Eco si è occupato di complotti, dicerie e voci infondate in molteplici occasioni, per esempio, smontando i cliché antisemiti dell'800 ne *Il cimitero di Praga*. Fare un inventario sulle teorie del complotto è perciò impresa ardua, così come le loro radici sono praticamente inestirpabili. Per la comunicazione ingannevole (propaganda e manipolazione) l'aspetto ultimo (anche se, come diceva Philip K. Dick, un esperto, in questo campo abbiamo a che fare soltanto con "verità penultime o quasi finali", *penultimate truths*) è l'abolizione della realtà e non credere, per partito preso, nelle prove scientifiche che consentirebbero di superare razionalmente il dilemma vero o falso. Si privilegia una realtà percepita molto diversa da quella fattuale.

I fatti influenzano le nostre opinioni meno di quanto si pensi perché nel mondo reale il (non) ragionamento spesso parte da conclusioni prestabilite o dalle cosiddette teorie del complotto [16]. Ecco perché la diffidenza verso i dati, la statistica e i loro esperti è sempre più diffusa [17], quasi che i numeri fossero inutili o privi di senso. I numeri non possono mentire, ma quale verità convogliano? Quando in gioco ci sono percentuali, una regola assai semplice, e banale per i lettori di questa rivista, è accertarsi che la loro somma non superi 100. Anche se - motteggia in maniera volutamente paradossale il matematico Ian Stewart - al mondo ci sono *tre* tipi di persone: quelle che sanno contare e quelle che non sanno contare.

⁶ *The Narcissism Epidemic* è la definizione data da Jean Twenge, psicologa della San Diego State University.

Voce all'opinione pubblica

Dal punto di vista psicologico, tuttora importanti sono gli studi del secolo scorso di Paul Watzlawick [18-19] su teorie del complotto e della cospirazione con la ricerca di capri espiatori, la dietrologia, la propaganda e le informazioni false. (Watzlawick è stato un eminente rappresentante della scuola sistemica, di cui fu ispiratore Gregory Bateson. Sul costruttivismo in psicologia [19], insieme con Heinz von Foerster e altri, sosteneva che noi vivremo in un mondo costruito dalla percezione personale, cioè in una nostra rappresentazione della realtà).

Uno dei primi studi organici sulle dinamiche psicologiche e sociali da un punto di vista multipolare in Internet e nel cyberspazio è rappresentato dal saggio [20], del quale è stata recentemente pubblicata la seconda edizione - praticamente un nuovo testo. Anche qui si sottolinea come le tendenze dei social media nell'uso della rete rimodellino i comportamenti. Stiamo diventando tutti un po' narcisisti⁶, soprattutto i *millennials* (i nati dopo il 1980); cresce la necessità di validare noi stessi con l'approvazione esterna; si radicalizza il fenomeno della polarizzazione dei gruppi. Un altro lavoro pionieristico e scientificamente fondato circa l'impatto del web sulle nostre vite, sulla società e sull'economia è [21].

Non è dunque nuovo il meccanismo che intreccia la realtà con la rappresentazione della realtà: attraverso un procedimento consolidato, si isola un elemento reale, lo si proietta in uno scenario dove diventa difficile confrontarlo con gli altri fatti, e se ne ricavano falsità modellate sugli stereotipi più ovvi e su illazioni non argomentate: paradossalmente, la realtà così propalata risulta tanto più credibile quanto più è deformata e autocertificata. Tuttavia, rispetto al passato, fenomeni come il fattore di scala o la penetrazione e la rapidità del "contagio sociale" - alla velocità dei colpi di clic - risultano oggi di gran lunga amplificati e rafforzati. Cambiano infatti le caratteristiche di dimensione, intensità, ampiezza, ubiquità, pervasività dei fenomeni, tratti che peraltro sono correlati alla diffusione dei *Big Data*, con conseguente sovraccarico cognitivo.

Dal punto di vista metodologico, illuminanti e chiarificatrici sono le osservazioni di Stefano Bartezzaghi, che su *L'Espresso* del 14 maggio 2017 scrive: "*Si leggono con interesse le puntualizzazioni che Elena Cattaneo, scienziata e senatrice a vita, diffonde, in difesa delle ricerche e della razionalità scientifica. Ma forse il tentativo di ridare autorevolezza alla «scienza» (come se ce ne fosse una sola e come se ogni scienza fosse uguale) e alla «verità» (idem) è vano. Le scienze non conoscono verità: conoscono però le «prove», nel loro molteplice significato di tentativi, esperimenti, sfide e dimo-*

zioni. E le prove sono ancora più anti-dogmatiche dei ciarlatani, che parlano a vanvera di vaccini e scie chimiche perché vogliono diventare le nuove élite. Li si denuncia per insufficienza di prove, ma il tribunale della Scienza e della Verità non riesce a condannarli. E lì sta il punto". Ai vaccini e alle scie chimiche, si potrebbero aggiungere gli organismi geneticamente modificati (OGM).

Valore delle reti e gradi di separazione

Lo schema di penetrazione di una nuova tecnologia nel mercato segue la classica tipologia di consumatori: *innovator* (o *leader*), *early adopter*, *follower*, *late adopter*. Studi della McKinsey stimano che il passaparola (*word of mouth*) generi più del doppio delle vendite rispetto alla pubblicità tradizionale. L'uso di questa tecnica facilita la diffusione dell'informazione, oltre che per progettare i messaggi, la pubblicità e i contenuti di cui i *prosumer* (*producer* e *consumer* allo stesso tempo, copyright del futurologo Alvin Toffler) beneficeranno sui *social*. Per sintetizzarne gli effetti, Erik Qualman in *Socialnomics* [22] propone un efficace gioco di parole: "*Word of mouth goes world of mouth*", purtroppo intraducibile in italiano.

I due principi - effetto-rete e gradi di separazione - danno ragione, quantitativamente, dei fenomeni di imitazione, nel bene e nel male⁷, che, veicolati dal web, si propagano velocemente, capillarmente e con molteplici sfaccettature. Il saggio [23] di Malcolm Gladwell, nel filone della migliore tradizione della pubblicistica scientifica nordamericana, è alquanto predittivo e antesignano di molti dei temi fin qui trattati. Queste leggi - ricordiamolo - giustificano anche l'emergenza del *crowdsourcing*, "la saggezza della folla" secondo James Surowiecki [24], o "la follia della folla" per altri. (Il sottotitolo di [24] è esplicativo della tesi che un insieme di molte persone è "più intelligente" di poche). Anche una scoperta scientifica rilevante si può raggiungere collettivamente: si chiama *citizen science*; è la scienza partecipativa fatta non solo da specialisti. La scienza diventa così un'impresa sociale che si rinforza dalla condivisione delle informazioni in un gran numero di discipline: la biologia, la fisica, la matematica, ecc. Michael Nielsen descrive i passaggi dall'intelligenza singola all'intelligenza connessa e collettiva grazie alla condivisione in rete dei risultati di ricerche scientifiche [25]. L'esempio di *coworking* forse più significativo è quello dei matematici che nel "Polymath Project", pilotato da Tim Gowers, collaborano e si confrontano online per trovare soluzioni a problemi ancora insoluti. Un altro caso emblematico, ricordato in [26], riguarda gli sforzi congiunti di 600 utenti e 1.600 computer connessi per fattorizzare nel 1994 un numero primo di

129 cifre: l'obiettivo era di decrittare un messaggio cifrato. La conoscenza è partecipazione e tutti possono contribuirvi, come esemplificato nei lavori citati. Questi aspetti saranno ripresi diffusamente nei paragrafi successivi.

Non sempre dunque gli algoritmi che regolano le nostre interazioni online ci espongono a contenuti esclusivamente congruenti con la nostra visione del mondo, radicalizzandola in negativo. Ossia, non è totalmente vero che i *social network* ci avvicinino solo a chi ha un pensiero simile al nostro per evitare contrapposizioni; rappresentano bensì una grande opportunità che consente di creare ponti per sviluppare e divulgare scienza, stabilendo relazioni anche tra chi guarda al mondo da osservatori diversi. In questo senso, diventano "tessitori di comunità" e, nei casi virtuosi, promuovono una vera e propria intelligenza collettiva e connessa. Tutti questi risultati positivi sono anche attribuibili a un'azione "sinergica", che etimologicamente significa, appunto, lavorare insieme, benché l'espressione appaia oggi un po' desueta e pretenziosa.

Bisogna certo sconfinare l'"agnotologia" (o non conoscenza) - termine coniato da Robert Neel Proctor (Stanford University) - che definisce lo studio del modo in cui si cerca di confondere l'opinione pubblica, alimentando l'ignoranza (nel senso di non conoscenza) su questioni scientifiche che coinvolgono interessi economici di rilievo, per esempio i danni alla salute prodotti dal fumo. Le regole semplici contro l'ignoranza indotta o prefabbricata sono: a) domandarsi sempre quale sia la fonte di certe affermazioni (i filologi invocherebbero "l'analisi critica delle fonti"); b) chiedersi qual è la reputazione di questa fonte; c) riflettere su chi trae vantaggi dall'affermazione [27]. (Criteri simili potrebbero essere applicati ai video di YouTube, parecchi eccellenti, altri traumatizzanti).

Ulteriori strumenti utili per il *fact-checking*, cioè per verificare fatti, dati e informazione con il vaglio e il controllo continui, sono disponibili al sito <http://verificationhandbook.com>. Google e Facebook hanno adottato la politica di segnalare se la notizia letta sia attendibile e se contenga fatti veramente avvenuti. In ogni caso, sviluppare il senso critico, coltivare la fiducia nella scienza e nei suoi metodi sono le strade obbligate. A parte gli aspetti formali di significato e traduzione del termine, insieme al senso critico individuale, il vero antidoto alla post-verità è il costante e attento esercizio della capacità di ragionare, valutare e

⁷ Nel giugno 2015, Eco se ne uscì con una gemma memorabile: "*I social media danno diritto di parola [e scrittura] a legioni di imbecilli che prima parlavano solo al bar [...]*". Il conduttore Enrico Mentana li bolla come "webeti", ebeti del web - cybercitrulli, secondo altri.

giudicare (il ricordato *fact-checking*): la responsabilità di fare *science journalism* è anche di chi fa comunicazione scientifica per smentire, almeno in parte, la vivida ma pessimistica metafora di Kapur in esergo al paragrafo. E poi non è del tutto vero che diffondere informazioni reali non serva, con la scusante che chi crede l'opposto non cambia idea. Quelli prima illustrati sono i fattori che consentono la formazione del pensiero analitico e critico, unico strumento capace di produrre scienza. Vediamo di sintetizzare quanto detto fin qui. Certamente la rete permette anche lo scambio di sciocchezze e insulti. Nel coro di *The Rock* - una commedia musicale della quale T.S. Eliot aveva scritto i testi nel 1934 - appare questa sequenza piramidale di versi: "Dov'è la Vita che abbiamo perso nel vivere? Dov'è la saggezza che abbiamo perso nella conoscenza? Dov'è la saggezza che abbiamo perso nell'informazione?". Versi che ho ricordato in più di un'occasione, sia pure integrandola (si parva licet) con altri: "Dov'è l'informazione che abbiamo perso nei dati? Dove sono i dati che abbiamo perso nel rumore? Dov'è finito il buon senso?". E di informazione ce n'è anche troppa nella rete, e spesso di bassa qualità per non dire peggio: l'eccesso di informazione diventa non-informazione. Ma allo stesso tempo - osserva Fabrizio Galimberti nella bella pagina di economia del *Sole 24 Ore*, dedicata ai ragazzi (5 marzo 2017) - la rete permette di creare e di produrre, di escogitare nuovi prodotti e servizi.

La parte per il tutto e la legge di potenza

Mediante la figura retorica della sinecdoche, potremmo compendiare in una formula d'effetto la legge della crescita del valore in rete con quella del mondo fortemente interconnesso, dicendo che un sottoinsieme di un gruppo, o comunità, è asintoticamente rappresentativo dell'intero insieme:

$N \approx \text{Tutto}$

È dunque probabile che i nodi di rete che beneficiano già di molti collegamenti ne attraggano altri. Il meccanismo fornisce una spiegazione sul perché i mercati di prodotti ad alto contenuto di innovazione siano spesso dominati da un singolo *player*, quali Microsoft Office o Google Search: quanto più Office è usato, tanto più Office richiama altri potenziali utilizzatori; lo stesso vale per il motore di ricerca. Ciò spiega perché pochi grandi nodi di Internet raccolgano enormi moli di traffico. Di tali situazioni rende conto un terzo principio delle reti sociali. Dal punto di vista matematico, il numero di contatti in una rete logica (un grafo) segue una "legge di potenza" [28], ossia $y = cx^{-\alpha}$, con costanti $c > 0$ e $\alpha > 0$. La legge è stata pro-

posta e studiata a fondo dal nostro Vilfredo Pareto e governa molti fenomeni, dove insieme a tantissimi eventi piccoli coesistono pochi eventi straordinariamente grandi. La proprietà principale della legge è di giustificare analiticamente l'esistenza di eventi rari - come, i superricchi, i terremoti di grande magnitudo, le guerre mondiali o gli *hub* del web (Google, Amazon, Yahoo!) - rivelando che esisterà sempre un piccolo numero di dati estremamente lontani dalla media. Quando un fenomeno è governato da una legge di potenza, si deve accettare la riproducibilità di casi anomali con una frequenza ben superiore a quella prevista dalla distribuzione normale o gaussiana. Ciò significa che per ogni "Paperone" ci sono milioni di poveri oppure che per ogni terremoto catastrofico ci sono miriadi di movimenti tellurici di poco conto. La legge di potenza giustificerebbe la peraltro contestata tesi weberiana de *L'etica protestante e lo spirito del capitalismo* per cui *the rich get richer*. Ma la situazione di disuguaglianza crescente, legata all'economia (neo)liberista, non è affatto inevitabile se la politica, in tutti i sensi, interviene con gli strumenti che le competono.

ICT e AI: i due pilastri dell'innovazione digitale

Why software is eating the world
(Marc Andreessen [29])

La sfera digitale, o infosfera, si sta progressivamente allargando, permeando così il nostro ambiente, il nostro spazio e il nostro vissuto in modo sempre più capillare e profondo. I dati generati da una miriade di dispositivi *smart* e connessi - telefoni mobili, sensori, tecno-congegni ed elettrodomestici robotizzati - crescono in modo esponenziale tanto in volume quanto in tipologia. Tutti questi dati sono di valore inestimabile per chi li possiede; infatti, le tracce e le impronte che lasciamo nella nostra fluida esistenza, nel nostro nomadismo digitale, dicono tutto di noi individui presi singolarmente [28], ma che, per di più, ci sveliamo ingenuamente partecipando a un gran numero di gruppi sociali. Prodotti e servizi ad alto contenuto tecnologico come l'ICT fanno la parte del leone nell'innovazione *high tech*; per esempio, le *app* di *smartphone*, *tablet* e *smartwatch* presto rimpiazzeranno i molti bizzarri accessori e gadget specializzati, ancora disponibili sugli scaffali di negozi e outlet. Insieme alla mobilità, queste vere e proprie "protesi tecnologiche" stanno disintermediando l'intera filiera distributiva, compresi gli scaffali e le casse: si può fare la spesa con un cellulare, la si può (si potrà) assemblare con un robot, la si potrà ricevere con un drone (una volta superati gli impedimenti buro-

cratici e legali, obiettivo per nulla scontato). Tutto ciò accade anche a coloro che non sono manipolatori compulsivi di *smartphone*, *tablet* e altre diavolerie tecnologiche.

Lo scenario di rete

I principali paradigmi caratterizzanti le soluzioni tecnico-sistemistiche nell'evoluzione delle reti di telecomunicazioni sono: i *Big Data*, l'*Internet of Things* - IoT, il sistema 5G di comunicazioni fisse e mobili a larga banda, la "softwarizzazione" della rete tramite *Software-Defined Networking* - SDN e *Network Function Virtualization* - NFV, il *cloud/fog networking* e *computing* [30]. Il caso emblematico dei *Big Data* e dell'*analytics* (*predictive data science* e *visualization*⁸) è caratterizzato da velocità, volumi e varietà, requisiti che le reti di pochi anni fa non potevano soddisfare. In aggiunta, il vero motore di Internet è la sua struttura aperta che continua a produrre innovazioni dallo *streaming* al Bitcoin. Altri esempi di forze propulsive della trasformazione in atto sono, come già detto, la decentralizzazione dell'IoT e del software, la piattaforma a interfaccia aperta, la virtualizzazione delle reti. In particolare, l'espansione dell'IoT - settore foriero per i giovani talenti di molteplici nuove posizioni lavorative - influenzerà il *modus operandi* di ogni impresa desiderosa di essere competitiva nella realtà digitale. Stante la loro rilevanza economica, tutti questi punti sono nel programma di attività dei principali organismi di normativa e standardizzazione, in particolare, dell'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* - IEEE. A questi enti è demandato l'importante ruolo tecnico di contribuire a sciogliere l'apparente ossimoro: "liberi ma connessi", obiettivo ambizioso ma conseguibile in modo dialettico mediante passi successivi.

Marc Andreessen, uno degli inventori di Mosaic - il primo web browser di ampia diffusione di cui Microsoft acquistò i diritti come base per lo sviluppo di Internet Explorer - in un noto articolo del 2011 [29] sosteneva che il software "si sarebbe divorato il mondo". Nelle reti il software si è, infatti, progressivamente espanso sotto la spinta del successo mondiale di aziende come Google, Facebook, Amazon, che, sfruttando gli enormi progressi dell'informatica, hanno costruito business basati sul web e sulla pervasività del digitale, sulle applicazioni software, su potenti *data centre* distribuiti. Anche gli operatori di telecomunicazioni stanno "softwarizzando" le reti, utilizzando tecnologie, soluzioni, processi di derivazione informatica. Tuttavia, a causa delle limitate prestazioni di affidabilità e resilienza del software in confronto all'hardware, rispetto alle telecomunicazioni l'IT deve ancora rivedere i propri criteri di progettazione, se non, addirittura, ripensare i fondamenti.

Attenzione particolare merita il sistema wireless di quinta generazione (5G), oggetto di intensa attività di normativa a livello internazionale. 5G si propone di diventare un sistema unico capace di soddisfare le esigenze di comunicazione, attuali e future, di persone, aziende, ma anche degli oggetti (IoT), sia fissi sia in mobilità [30]. Così si realizzerebbe finalmente la tanto auspicata convergenza per il trasporto fisso-mobile. Le opinioni sul 5G sono tuttora contrastanti: sarà semplicemente un'evoluzione del 4G o una rete di comunicazione completa radicalmente nuova? Tuttavia, la maggior parte degli specialisti ritiene che il 5G rappresenterà un cambio di paradigma rivoluzionario, una pietra miliare dove saranno possibili applicazioni completamente nuove, fra le quali l'IoT e i veicoli autonomi interconnessi. Si prevede che i principali settori applicativi riguarderanno l'istruzione a tutti i livelli, l'assistenza sanitaria, lo sport, poiché, la sua tecnologia innovativa sarà in grado di fornire l'accesso *ultrabroadband* a centinaia di milioni di utilizzatori a basso costo. Si ritiene che possa anche creare opportunità di business per le imprese e le loro startup.

La rete 5G promette larghezza di banda e velocità di dati molto più alte (100 volte) con ritardi (per lo *streaming*) significativamente più bassi (meno del millisecondo), grande affidabilità e sicurezza. Per questo motivo, l'SDN la NFV e il *Cloud Computing* (incluso il *fog* della Nebbiolo Technologies, fondata da Flavio Bonomi nella Silicon Valley) vi si conformeranno così bene. Gerhard Fettweis (Università di Dresda) ha introdotto nel 2012 il concetto di una Internet "tattile", in grado cioè di offrire risposte pressoché immediate nel trattare processi o oggetti - reali a virtuali - che si desidera percepire in tempo reale. Un altro neologismo del settore è "aptico", in senso banale riferito al riconoscimento di oggetti attraverso il tatto, benché possa denotare, in modo più generale una percezione di "virtualità materiale" (locuzione, peraltro, ossimorica): dal paradigma *high tech* si passa allo scenario *high touch*. Essendo ubiqua e resiliente, l'Internet tattile si potrà inserire nel quadro di riferimento offerto dal paradigma 5G, che con i nuovi usi applicativi trasformerà il modo di vivere, lavorare e interagire con l'ambiente. Già in tempi brevi, il 5G consentirà, oltre all'IoT, applicazioni concrete quali i trasporti, le città e le case intelligenti, l'assistenza sanitaria informatizzata, l'automazione industriale, i servizi di info-trattenimento (*infotainment*).

⁸ Oggi, i dati rappresentano un bene aziendale, mentre la tecnologia abilitante è quella digitale. Perciò gli scienziati dei dati sono diventati, o stanno diventando, ciò che erano gli esperti dell'IT all'inizio di questo secolo.

⁹ Il libro è ottimamente tradotto, ma l'edizione italiana, a differenza dell'originale USA, non ha l'indice degli argomenti, o analitico, bensì solo

Sicurezza per le persone e i sistemi

La questione della *cybersecurity* e della riservatezza si pone trasversalmente rispetto a tutti i settori applicativi. Un mondo interconnesso, qual è l'IoT, fornisce nuove opportunità e modelli di business, ma, allo stesso tempo, mette in discussione la concezione tradizionale di cybersicurezza, complicando le operazioni commerciali negli ecosistemi nostri e dei nostri partner. Paradossalmente, lo stesso principio che rende l'IoT così potente - la capacità di condividere dati con ognuno e con ogni cosa - costituisce una minaccia reale per la cybersicurezza. Per una prima introduzione all'intera problematica si rinvia all'articolo [26] con la bibliografia annessa.

Ancora più sfidante è il nuovo obiettivo della cyber-resilienza che si realizzerà se e quando si potrà invertire il segno (oggi positivo) della differenza tra i costi di difesa (rendendoli decrescenti) e di attacco (rendendoli crescenti). Per le aziende è vitale focalizzarsi su questi problemi e coinvolgere le migliori risorse professionali per trovare soluzione ai rischi e ai pericoli insiti nell'IoT. Anche il settore *automotive*, dove il software dei veicoli è attaccabile da *hacker* tanto quanto i *tablet* o gli *smartphone*, presenta problemi di vulnerabilità analoghi. I medesimi rischi di uso fraudolento e manomissione nasceranno per i servizi di consegna con i droni.

Intelligenza artificiale, robot, algoritmi

Su intelligenza artificiale (*Artificial Intelligence* - AI), robotica, realtà virtuale immersiva e accresciuta, algoritmi, una rassegna panoramica e aggiornata è offerta da *L'algoritmo definitivo* di Pedro Domingos [31], dall'audace sottotitolo *La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo*⁹. L'ambiziosa ipotesi centrale del saggio è: "Tutta la conoscenza - passata, presente e futura - può essere derivata da un singolo algoritmo di apprendimento universale", denominato Algoritmo Definitivo, che, alimentato da "una quantità sufficiente di dati del tipo giusto, scoprirà [tutta] la conoscenza che vi è racchiusa" e ne svilupperà di nuova [31, p. 49]. Le cinque scuole di pensiero del *machine learning* (programmi che imparano a progettare programmi) sono:

- simbolisti, che si rifanno alla logica formale e all'induzione;
- connessionisti, legati alla neuropsicologia dell'apprendimento con reti neurali, o *deep learning*¹⁰;

- evolucionisti, che si ispirano alla biologia per sviluppare algoritmi genetici;
- bayesiani, che realizzano modelli statistico-inferenziali basati sul teorema ("regola" per i minimalisti) di Bayes;
- analogisti, che riprendono il concetto di analogia della filosofia aristotelico-tomistica.

Ad esempio, l'approccio bayesiano [32] è utilizzato non solo in test medici o giudiziari [5, 11], ma anche in algoritmi per filtrare messaggi di spam della posta elettronica. David Heckerman, ricercatore bayesiano nonché medico, ha avuto l'idea di trattare lo spam come una malattia i cui sintomi sono le parole e i simboli presenti nel messaggio: Viagra, GRATIS enfatizzato con lettere maiuscole, una successione di punti esclamativi, sono evidenze di spam. D'altra parte, è probabile che il nome di una persona amica indichi un messaggio valido. Per classificare una email non è dunque necessario conoscerne il contenuto preciso: basta controllare la presenza, o l'assenza, di locuzioni sensibili.

Domingos suppone che l'algoritmo definitivo risulterà da una sintesi delle cinque componenti del *machine learning* citate; inoltre, immagina che la maggior parte della conoscenza del mondo nel futuro sarà estratta dalle macchine e risiederà nelle stesse. Già oggi circolano fotografie con un computer e un umano vicini: la macchina, completamente automatizzata, funge da biologo molecolare che, partendo da informazioni genetiche del tutto generali, impara a sviluppare farmaci oncologici personalizzati, mentre lo specialista umano si limita a sovrintendere al computer.

Una raccolta di riflessioni su AI e sua influenza in diversi campi applicativi si trova nel rapporto [33], primo di una serie curata da un panel di esperti di *One Hundred Year Study on Artificial Intelligence* (AI100) della Stanford University. Il numero della rivista *IEEE Spectrum* di marzo 2017 contiene diversi esempi aggiornati di AI, robotica spaziale, *deep learning*, ecc. [34-38]. Per esempio, Cecilia Laschi, professoressa di biorobotica alla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, descrive la sperimentazione di un polpo robot (*octo-bot*) come caso applicativo della *soft robotics*, realizzato cioè con materiali "morbidi" o "soffici" [36]. L'*octo-bot*, essendo privo di muscolatura rigida, muove gli arti grazie a molle che si allungano o si accorciano secondo la corrente elettrica applicata. Certo che ne è passato del tempo da quando si poteva ragionevolmente chiosare: "[...] un computer è una macchina stupida con la capacità di fare cose incredibilmente intelligenti, mentre i programmatori sono persone intelligenti con la capacità di fare cose incredibilmente stupide. In

quello degli autori. Una mancanza non da poco - purtroppo tipica della saggistica italiana - in un lavoro con temi alquanto interconnessi. (Come di consueto, i manuali di Eco costituiscono una lodevole eccezione).

¹⁰ La *Ivy League* del *deep learning* è costituita da Amazon, Facebook, Google con la sussidiaria DeepMind, IBM e Microsoft.

breve, insieme creano un'accoppiata di pericolosa perfezione" [39].

Un ecosistema di applicazioni

ICT e AI forniscono le tecnologie abilitanti per i principali settori applicativi strategici di ogni Paese industrializzato (compresa l'Italia): *Smart City* (che include suggestioni dell'architetto Carlo Ratti, quali la città connessa e fluida, l'Internet delle "case"), sanità e medicina, *smart working*, rete elettrica (*power grid*), industria 4.0 (o manifattura digitale)¹¹ e *automotive*, istruzione continua erogata mediante *Massive Open Online Course - MOOC*¹². Senza dimenticare che AICT e AI, di per sé, sono eco-compatibili con un'economia verde e con il risparmio energetico.

Complementarità e interdisciplinarietà: il valore aggiunto

Non ha senso assumere persone brillanti e poi dire loro cosa fare. Noi assumiamo persone brillanti e così loro ci dicono cosa fare
(Steve Jobs)

"Nella lunga storia del genere umano (nonché del genere animale) hanno prevalso coloro che hanno imparato a collaborare e a improvvisare con più efficacia", rilevava Charles Darwin. Anche se non è facile agire su larga scala, si è visto che, per creare il tipo di innovazione radicale, o distruttiva, necessaria per prodotti, mercati e industrie in trasformazione, team di lavoratori della conoscenza devono collaborare insieme. Questa è una sfida non indifferente per le organizzazioni complesse, sfida che si può affrontare ricorrendo al *cross-teaming*, ossia a una proficua collaborazione tra professionalità intra- e infra-aziendali dotate di mentalità e culture diverse ma complementari. La progressiva fusione tra aree scientifiche contigue favorisce lo scambio di una sorprendente mole d'informazioni, aprendo così scenari del tutto inediti.

Seguono due esempi in cui l'innovazione è stata stimolata dalla cooperazione interdisciplinare e che dimostrano come i risultati concreti siano raramente frutto di un'impresa solitaria.

Sistema immunitario aziendale

Gli investitori USA sono affezionati agli *story stocks* cioè a quei titoli azionari che solo perché godono di una storia bella e affascinante sono venerati (e comprati). Il problema però è che, in molti casi, manca un modello di business solido, che, fatto per lo più di soli annunci e comunicati, non produce risultati industriali tangibili.

Dopo decenni alla Boston Consulting Group, alla domanda "che cosa devo fare affinché la mia

azienda duri cent'anni?", Martin Reeves ha trovato la risposta nell'evoluzione del sistema immunitario [41]. Con l'aiuto del biologo di Princeton, Simon Levin, ha identificato i principi che permettono la sopravvivenza degli organismi viventi, che, se correttamente applicati al business, possono garantire all'azienda longevità, resilienza e robustezza. (Nel caso specifico, con "resilienza", calco dell'inglese *resilience*, s'intende qui la resistenza ai colpi e il loro assorbimento, l'elasticità e la capacità di recupero). Come le specie biologiche, le organizzazioni sono "sistemi adattativi complessi" che evolvono con continuità e in modo non facilmente prevedibile. I sei principi che rendono robusto un sistema naturale complesso si applicano anche alle aziende, le quali dovrebbero perciò:

- mantenere una certa eterogeneità (diversificazione) di persone, idee e iniziative;
- acquisire una struttura modulare e debolmente interconnessa nei suoi elementi componenti;
- garantire una adeguata ridondanza organizzativa;
- aspettarsi cambiamenti imprevedibili ma cercare di ridurre l'incertezza;
- creare anelli di feedback e meccanismi adattativi per assicurare la variazione, la selezione e la diffusione delle innovazioni sviluppate;
- promuovere la fiducia e la reciprocità nell'intero ecosistema del loro business.

Rilevazione delle onde gravitazionali

A partire dagli studi pionieristici di Norbert Wiener e Claude Shannon, nella seconda metà del Novecento la trasformazione delle telecomunicazioni da analogiche a digitali si è dimostrata una leva fondamentale per la crescita di molti Paesi. Dopo gli importanti sviluppi sui codici e sul filtraggio ottimale, che consentono di distinguere ciò che è utile (il segnale) da quanto è dannoso o di disturbo (il rumore, l'interferenza, la distorsione), sono nati dispositivi e sistemi di comunicazione basati su tecnologie sofisticatissime, quali le fibre ottiche e la fotonica.

I dispositivi e gli apparati utilizzati per rilevare le on-

¹¹ L'inchiesta "Addio al lavoro" dell'*Espresso* del 16 ottobre 2016 riportava in copertina "Chiuso per fine industria". Tuttavia, il discorso è più articolato e complesso, perché non è vero che l'industria italiana sia scomparsa: nel bene e nel male si è profondamente trasformata; resistono, in particolare, le aziende pubbliche e dei distretti. E cambierà sempre più. Perché si trasformi "bene" anziché "male", il processo - *repetita iuvant* - va saldamente governato dalle istituzioni, anche per impedire che continuino i tentativi di smantellamento del sistema produttivo nazionale, che in questi anni sono andati accelerando. L'Italia, pur essendo tuttora il secondo Paese manifatturiero in Europa (dopo la Germania) e il settimo al mondo, manca di una politica industriale e tecnologica, declinata in visione strategica, linee di indirizzo, piani operativi concreti. Cercando di essere un po'

de gravitazionali impiegano tanto il filtraggio ottimale quanto le fibre. Si tratta di rilevatori in grado di percepire variazioni di distanza tra due punti molto minori del diametro di un protone. Nel successo di questa dimostrazione, significativo esempio di *big science*, il ruolo dell'ICT è stato cruciale, sebbene abbia avuto scarsa enfasi mediatica.

Interdisciplinarietà e complessità

La comunità di tecnici e ingegneri dell'ICT, nella seconda metà del secolo scorso, ha sviluppato in gran quantità modelli e strumenti sofisticati per le telecomunicazioni e l'informatica, che solo ora vengono riscoperti e applicati per trattare problemi simili in domini diversi. Come visto, l'idea dei sistemi adattativi complessi, nata con la cibernetica e poi applicata ai controlli automatici e ai sistemi di telecomunicazioni (algoritmo del gradiente [42]), trova impiego nel *deep learning* dell'AI, nei rilevatori interferometrici, nella sopravvivenza delle organizzazioni, ecc. Considerazioni analoghe si possono fare per l'estrazione con tecniche di statistica bayesiana di segnali deboli annegati nel rumore [43-44]. Anche il pensiero logico ha la caratteristica di essere adattativo in senso probabilistico (cfr. il successivo box "Il ruolo della logica bayesiana").

Il *coworking* e l'approccio interdisciplinare consentono di gestire l'eccessiva complessità della maggior parte sistemi tecnologici odierni. In proposito scrive Samuel Arbesman [45] *"quasi tutto ciò che facciamo nel mondo tecnologico sembra portarci lontano dall'eleganza e dalla comprensibilità, verso complessità e imprevedibilità sconcertanti"*; l'inestricabile intreccio risultante può cambiare ciò che era semplice in un qualcosa che è irrimediabilmente complesso, cioè in un *kludge* (o sistema mal costruito). Una conseguenza della complessità del sistema è il suo comportamento non lineare, che rende inadeguati i tradizionali modelli lineari (*bias of linear thinking*), preferiti dal nostro cervello cui piacciono linee semplici e diritte. Purtroppo, le relazioni tra le variabili di un sistema complesso raramente sono lineari: se non

ottimisti, si può riporre qualche speranza nell'Agenda Digitale Italiana (<http://www.agid.gov.it/agenda-digitale/agenda-digitale-italiana>) o nel Piano Industria 4.0 (Cfr. *infra* nota 18).

12 Contrariamente a talune previsioni, si è ormai capito che i MOOC non potranno cancellare le tradizionali classi *de visu*, né sostituire i programmi di laurea online più strutturati e coesi [40]. Continueranno, peraltro, a svolgere una funzione utilissima dando la possibilità a milioni di studenti in tutto il mondo di seguire corsi di docenti autorevoli e competenti.

13 In teoria, il rischio connota una situazione in cui le probabilità sono note o misurabili, l'incertezza quando non lo sono; in pratica, i due termini sono (quasi) intercambiabili.

si riconosce questo fatto, le decisioni prese per ottimizzare un obiettivo potranno risultare inefficaci, se non controproducenti.

Il modello di know-how a "forma di T"

Sono oggi richieste professionalità altamente qualificate portatrici di conoscenze sviluppate sia in profondità sia in ampiezza, non solo legate a preparazioni ed esperienze settoriali. Un profilo lavorativo, dotato di un *know-how* a "forma di T", riflette un pacchetto di conoscenze e competenze in un'area specifica, usualmente tecnica, associata alla capacità di interagire con le altre funzioni aziendali. In sintesi, una preparazione aperta e flessibile è tanto profonda in verticale (in senso specialistico) quanto estesa in orizzontale (in senso relazionale). Negli USA, le scuole di ingegneria all'avanguardia propongono questo modello per preparare laureati in grado di operare nella realtà globale.

In una accezione ancora più ampia, collegamenti fra discipline, pensiero collettivo, lavoro di squadra, linguaggi e occhi nuovi sono le chiavi di volta per innovare e progredire in un contesto culturale, sociale, tecnico, economico sempre più competitivo e connesso. In altri termini, bisogna perseguire le contaminazioni tra settori e ambiti (apparentemente) differenti, dopo che si è provata la labilità di confini definiti artificialmente.

I leader proattivi sono (anche) dei visionari logici

Nel mondo nulla di grande è stato fatto senza passione

(Hegel, "Lezioni sulla filosofia della storia")

Se vuoi andare veloce, corri da solo. Se vuoi andare lontano, corri insieme a qualcuno

(Proverbio africano)

Il nostro tempo è caratterizzato da parole quali instabilità, turbolenza, imprevedibilità, rischio e incertezza¹³; quindi, le imprese sono costrette a operare in un contesto economico dove per sopravvivere devono saper fronteggiare l'ignoto e governare l'incertezza. I leader proattivi sono dunque persone capaci di intervenire in anticipo per prevenire situazioni, tendenze o problemi futuri. L'indice di competitività di un Paese è indubbiamente legato ai suoi livelli di produzione scientifica e di innovazione, oltre che alla qualità e al valore del suo sistema educativo. *"[Una] tara strutturale dell'Italia investe il sistema di istruzione, ricerca e innovazione. Risultati dell'apprendimento scolastico, percentuale di laureati, attrazione di cervelli, spese per ricerca e sviluppo: in tutti questi parametri figuriamo agli ultimi posti nel mondo*

avanzato. Conseguenza di questo stato di cose (ma pure causa, di nuovo in un circolo vizioso) è la nostra specializzazione industriale, orientata sui settori a bassa-media tecnologia, più vicina a quella dei Paesi in via di sviluppo di cui soffriamo la concorrenza. La radice della nostra scarsa produttività è essenzialmente questa”, così si esprimeva Emanuele Felice in “L’innovazione può fare la differenza” (*La Stampa* del 18 agosto 2016).

Il quadro diventa ancora più sconcertante se si aggiunge che: a) l’Italia ha la metà dei ricercatori degli altri Paesi europei; b) le ricerche accademiche, troppo spesso, privilegiano la produzione di articoli anziché l’innovazione o i brevetti; c) la nostra scuola superiore, essendo orientata più che al passato che al futuro, antepone una cultura fondata sulle nozioni a una basata sulle azioni e sul fare. Negli USA, invece, il presidente Obama, durante i suoi due mandati, non ha esitato a ribadire la necessità di una maggiore istruzione scolare basata sulle discipline racchiuse nell’acronimo *Science, Technology, Engineering and Mathematics* - STEM. Per sviluppare una *working knowledge*, bisognerebbe ritornare sia a “imparare ad apprendere” sia ad “apprendere facendo” [46], come sosteneva Richard Hamming, uno dei pionieri dell’ICT, magari superando le sempre più stucchevoli e obsolete distinzioni e precedenze tra scienza di base (o pura) *versus* applicata, innovazione tecnologica, ecc. (cfr. nota 1 e il riferimento [2] ivi citato). La sua metodologia didattica può essere condensata in due semplici formule: “*Whatever subject you are teaching is really a class of learning to learn*” e “*the teachers should prepare the student for the student’s future, not for the teacher’s past*”. Secoli prima, il saggio Confucio ammoniva che “*Quando ascolto dimentico, quando vedo ricordo, quando faccio imparo*”. A Edward de Bono dobbiamo l’illuminazione simil-cartesiana: “*ago ergo erigo*”, cioè “agisco quindi costruisco”.

Né si può dimenticare la lezione di David Landes [47] sulle ragioni che motivano storicamente la crescita e lo sviluppo di una nazione, ragioni legate allo *spread* della conoscenza e, quindi, alla qualità delle risorse umane nei settori più strategici. Il deficit di istruzione, per contro, non solo è causa di declino tecnico-economico, ma anche di derive populistiche in politica.

Pensare criticamente

Spesso si sente dire che, fra competizione e sviluppo digitale, l’insicurezza domina e l’unica certezza è il cambiamento. È certamente così, ma noi che cosa possiamo o dobbiamo fare per non subire passivamente?

Nel paragrafo “Le leggi fondamentali delle reti so-

ciali”, abbiamo visto come il *critical thinking* rappresenti l’antidoto più efficace all’“epoca della post-verità”, i cui canali di supporto possono essere tutti i mezzi di comunicazione di massa - si pensi agli sguaiati talk show televisivi e non solo alle biasimevoli risse o agli sproloqui di certi webbeti (*troll* o provocatori, *hater* o diffamatori, ecc.). Ebbene, la base del pensiero critico, il paradigma logico-probabilistico (articolato in teoria e prassi), è diventato uno dei più importanti strumenti metodologici per affrontare nell’oggi e nel futuro incertezza e rischio crescenti.

Il matematico e filosofo Bruno de Finetti prevede decenni fa che il probabilismo soggettivistico-bayesiano avrebbe fornito la cornice di riferimento e di analisi per l’epoca dell’incertezza e del rischio (cfr. la prefazione all’edizione inglese ai suoi due fondamentali volumi di *Teoria delle probabilità* [48]). Se la previsione si sta avverando [32], è anche grazie a essi, e non in piccola misura.

Con gli strumenti analitici e quantitativi delle probabilità non si potrà mutare l’incertezza in certezza, bensì si potrà controllare e trasformare l’aleatorietà in qualcosa di meno insicuro, almeno nei campi in cui siano disponibili dati statistici significativi e affidabili. E si potranno prendere decisioni razionali e argomentate anche in condizioni di informazioni parziali secondo un processo logico inoppugnabile: nuovi fatti consentono di migliorare la stima delle probabilità che consentono di arrivare a previsioni o scelte decisionali motivate e non basate su pregiudizi, pretesti, contesti alterati (si veda il successivo box di approfondimento). “Più argomentazione e meno narrazione” sarebbe il criterio da seguire per valutare l’attendibilità e l’efficacia delle informazioni che circolano nel web. Il che vale anche per altri ambiti, inclusa la politica, in tutti i sensi.

Responsabilità dei leader

Per crescere sono necessari grandi progetti e programmi realizzabili in una prospettiva concreta, che evitino l’utopia (il libro dei sogni) come pure la distopia e la “retrotopia” (Zygmunt Bauman). Ogni *stakeholder*, o decisore, dovrebbe quindi farsi portatore attivo di una realistica visione di lungo periodo per il settore in cui opera, conscio delle implicazioni tanto economiche quanto sociali che ne possono derivare sotto la sua responsabilità (*accountability*). Senza dimenticare che la strategia non può fare a meno di una cultura a tutto campo, infatti: “*Culture eats strategy for breakfast*” - sentenziava Peter Drucker.

I portatori di prospettive, atteggiamenti visionari sanno sognare e - pur tenendo d’occhio gli specchi retrovisori - sanno guardare lontano; hanno la capacità di traguardare obiettivi che paiono im-

Il ruolo della logica bayesiana

La teoria della probabilità non è in fondo che il buon senso ridotto a calcolo (Pierre Simon Laplace)

Il pensiero critico, o il ragionare correttamente, poggia su due capisaldi: a) l'esercizio della logica (in tutte le sue declinazioni) e b) il probabilismo; entrambi, peraltro, sono strettamente intrecciati o correlati (*entangled* direbbe un fisico quantistico). Essi insieme costituiscono il miglior antidoto ai veleni dell'era della post-verità, inoculati a velocità spasmodica da *fake news*, fandonie, disinformazione, e da ogni misfatto attribuibile sia direttamente alla comunicazione stessa sia alle sue tecnologie realizzative.

In particolare, la probabilità, consentendo di analizzare situazioni caratterizzate da incertezza e rischio, rappresenta l'ambito disciplinare che, insieme ai fondamenti matematici (per la logica), alla relatività generale (per il cosmo), alla meccanica quantistica (per l'estremamente piccolo) e alla struttura del DNA (per la biologia), meglio testimonia il progresso della scienza di base negli ultimi cent'anni. *En passant*, anche i campi quantistici hanno una natura probabilistica, nonostante la celeberrima affermazione einsteiniana: "Dio non gioca ai dadi". La teoria e il calcolo delle probabilità usualmente non godono però di grande prestigio socio-culturale e risonanza mediatica. Da ciò deriva, almeno in parte, la scarsa fortuna della disciplina presso le scuole (insegnamento secondario) e il pubblico (comprensione e mentalità).

Uno dei cardini della materia è il teorema (o formula o legge) di Bayes, che nella forma più semplice è:

$$P(A/B) = P(AB)/P(B) = P(B/A)P(A)/P(B)$$

Intuitivamente, questo risultato descrive la regola di come la probabilità nell'osservare l'evento A sia modificata dall'osservazione di B . Qui si trova la sua importanza: infatti, la relazione costituisce il punto di partenza di uno degli approcci (oggi forse il principale) all'inferenza statistica. La probabilità condizionata $P(A/B)$ può essere maggiore, minore, o uguale a $P(A)$, la probabilità incondizionata di A . Nel caso particolare dell'eguaglianza, A e B sono, per definizione, eventi statisticamente (stocasticamente) indipendenti. Per la diffusissima categoria di fenomeni modellabili con distribuzione gaussiana (o normale) multivariata, il professore tedesco Thomas Royen ha recentemente dimostrato la congettura della *Gaussian Correlation Inequality* (CGI), per cui, in particolare:

$$P(AB) \geq P(A)P(B)$$

Dalla CGI, essendo $P(AB) = P(A/B)P(B)$, discende il risultato fondamentale per la distribuzione gaussiana che $P(A/B) \geq P(A)$, cioè la probabilità gaussiana condizionata cresce grazie all'osservazione di B .

Fino a tre anni fa, prima di Royen, questa era una mera supposizione non provata, oggi invece è un teorema rigorosamente dimostrato. Abbastanza sorprendentemente, l'intera storia - congettura e sua verifica - è assai poco nota, anche agli esperti di probabilità e statistica.

La logica bayesiana, il bayesianesimo, trova applicazioni praticamente illimitate nei settori più disparati, dalla teoria statistica delle comunicazioni ai test diagnostici in medicina, dalle analisi dei sondaggi alla valutazione di prove forensi [5, 11]. Ma occorre prestare molta attenzione: nonostante la apparente semplicità della sua espressione matematica, il teorema di Bayes non è di agevole applicazione e i fraintendimenti capitano, in particolare, quando si equivoca tra $P(A/B)$ e $P(A)$.

Più in generale, molti risultati del procedimento del calcolo probabilistico, benché corretti, possono sembrare paradossali e contrari alla logica del senso comune. Non è quindi sempre vero che la probabilità è senso comune ridotto a calcolo, come sosteneva il pur grandissimo Laplace. I lavori citati, scritti con intento divulgativo e interpretativo, testimoniano casi emblematici di questa fastidiosa ma inevitabile discrepanza tra ragionamento rigoroso e intuizione.

Applicazioni del teorema di Bayes e della logica bayesiana al metodo clinico sono descritte in [50], senza l'ausilio di formule bensì con illuminanti esempi esplicativi. In particolare, sono chiaramente evidenziati i ruoli delle due proprietà caratteristiche di un indicatore diagnostico, la sensibilità e la specificità, associato a una malattia. L'informatica, inoltre, è di grande aiuto nel metodo clinico, per esempio, nella raccolta, memorizzazione ed elaborazione di una quantità enorme di osservazioni, informazioni e dati preziosi, non altrimenti utilizzabili con i tradizionali mezzi cartacei.

È significativo ricordare la battaglia (persa, purtroppo!) che fece Bruno de Finetti per introdurre l'insegnamento della probabilità e della statistica nelle nostre scuole secondarie. E andrebbe anche menzionato l'impegno di Pascal Dupont che, alcuni decenni fa, tenne corsi e scrisse libri di aggiornamento per i docenti su come si sarebbe dovuto insegnare il calcolo delle probabilità non solo nelle scuole medie inferiori e superiori, ma addirittura nelle elementari. L'obiettivo della proposta educativa di questi maestri, de Finetti e Dupont, era di formare gli adolescenti a pensare e agire in situazioni di incertezza e rischio, tanto per apprendere gli strumenti di calcolo quanto, e soprattutto, per comprendere e ragionare.

Fortunatamente, per l'insegnamento universitario esistono molti manuali, introduttivi o avanzati, tuttora validissimi, sia pur risalenti agli anni '60 - '70 del secolo scorso. Per nominarne alcuni, in ordine di complessità suppergiù decrescente, con riferimento agli autori essi sono: il Feller, il citato de Finetti [48], il Davenport, il Papoulis, il Daboni, lo Hodges & Lehmann. Si tratta di veri e propri "classici", di difficile reperibilità oltre che costosi, che perciò gli addetti ai lavori conservano gelosamente nelle loro librerie e consultano quando hanno bisogno di una fonte autorevole per verificare un passaggio importante, risolvere un dubbio o rinfrescarsi la memoria.

Ricordo, infine, che lo studio (analisi, simulazione e progetto) dei sistemi di telecomunicazioni contemporanei si fonda sul metodo statistico della disciplina denominata *statistical communication theory*, nata grazie ai fertili contributi di Shannon e Wiener e cresciuta fino a diventare uno dei due assi portante dell'ICT (l'altro è ovviamente la *computer science*).

possibili: “A volte sono le persone che nessuno immagina possano fare certe cose quelle che fanno cose che nessuno può immaginare”, è uno dei *Leitmotiv* del film *The Imitation Game* su Alan Turing. E “impossibile non è una parola francese” è uno dei motti attribuiti a Napoleone.

Chi ha una visione e un disegno strategico per realizzarla è in grado di cambiare i limiti in risorse, i rischi in opportunità, trasformare un fatto (contingente o strutturale) negativo in un’occasione di miglioramento, in uno slancio di crescita. Un leader proattivo - questa è la sua virtù principale - deve avere la capacità di sognare, anticipare e reinventare il futuro, originare progetti creativi, comunicarli e ispirare gli altri a sostenere e realizzare la sua visione: “Il modo migliore per predire il futuro è inventarlo”, è una pillola di saggezza di guru del management - da Alan Kay a Drucker - sia pure declinata in modi e contesti vari. Quindi, tutti noi, anche singolarmente, forgiando il nostro destino ne siamo artefici. A meno di accettare il percorso del tutto aleatorio ideato dal fantomatico uomo dei dadi - invero, piuttosto schizzato - che per ogni azione da compiere prendeva la decisione scegliendo fra le sei possibilità offerte dal lancio di un dado. Questa singolare vicenda è magistralmente raccontata da Emmanuel Carrère in [49].

Un’etica per tecnologia e algoritmi?

La conoscenza è potere
(Francesco Bacone)

The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence
(Ray Kurzweil [51])

The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology
(Ray Kurzweil [52])

L’erede a Cambridge del grande Newton, il fisico Stephen Hawking è diventato una vera e propria icona pop della scienza: non soltanto è certo che gli alieni esistano, ma è anche convinto che dovremmo smettere di cercare di metterci in contatto con loro perché questo potrebbe significare esporre la civiltà umana a un grave pericolo. E ancora Hawking - discettando peraltro di una materia che non sembra rientrare nelle sue competenze specifiche - ha paventato che i prodotti dell’AI, robot e algoritmi, possano soppiantare l’*Homo sapiens*. “Lo sviluppo completo dell’intelligenza artificiale potrebbe significare la fine della specie umana”, ha proclamato in un’intervista alla BBC. Non estranea a questa linea di pensiero è la proposta - recentemente avanzata da Bill Gates e prontamente ripresa, fra gli altri, dal politico francese Benoît Hamon e dall’economista Robert J.

Shiller - della *robot tax*, ossia di un’imposta per colpire le attività industriali che sostituiscono i lavoratori umani con robot¹⁴. Anche l’eurodeputata Mady Delvaux [53] allude, sia pure nel politichese dell’UE, un linguaggio ricco di eufemismi e tecnicismi, a un provvedimento in tal senso: “l’introduzione di una eventuale tassazione sul lavoro svolto dai robot oppure sul loro uso e la loro diffusione dovrebbe essere presa in considerazione nel quadro dei finanziamenti atti a sostenere e riqualificare i disoccupati i cui posti di lavoro sono diminuiti o spariti, al fine di mantenere la coesione e il benessere sociali”, nonché - sarebbe stato opportuno aggiungere - allo scopo di ridurre le disuguaglianze, non solo economiche (ad es., quelle del *digital divide*, l’esclusione dal digitale).

In assenza di una regia mondiale, le conseguenze di una tassa simile potrebbero essere gravi per le economie che la adottano se anche gli altri Paesi non facessero altrettanto: si pensi all’analogia “Tobin tax” sulle transazioni finanziarie. Può essere interessante ricordare l’aneddoto - forse apocrifo - che vide protagonista il fisico Michael Faraday. Al ministro che, curiosando nel suo laboratorio, gli chiedeva: “A cosa serve questa elettricità?”, lo scienziato replicava prontamente: “Perché, sir, possa metterci presto una tassa”. I maggiori profitti e/o i maggiori salari determinati dall’aumento di produttività in seguito a un’innovazione tecnologica, sono regolarmente tassati - ma le ricadute, non l’innovazione in sé stessa, dovrebbero essere oggetto di tributi. Un’analisi non superficiale delle conseguenze dei risultati economici e politici di una eventuale *robot tax* è fuori dalla portata di questo scritto, ma è sotto gli occhi di tutti la responsabilità non indifferente di decisori e *stakeholder*.

Pro o contro?

Il dibattito tra misoneisti e tecnofili

Nell’era della riproducibilità tecnologica, la distinzione fra naturale e artificiale sta sfumando sempre più. Così, nell’aggravato dibattito tra tecno-pessimisti e tecno-ottimisti, è utile ricordare Winston Churchill che, in tempi certamente non meno complessi di quelli odierni, con acume osservava: “Un pessimista vede una difficoltà in ogni opportunità; un ottimista vede un’opportunità in ogni difficoltà”. Forse senza arrivare agli estremi del tecno-pessimismo e del tecno-ottimismo, potremmo essere semplicemente più tecno-realisti. C’è poi il sociologo Evgeny Morozov che sommariamente fa di tuttata l’erba un fascio -

¹⁴ Si potrebbe maliziosamente osservare che le attività imprenditoriali del fondatore della Microsoft non hanno mai riguardato la robotica.

Internet, tecnologia, Wikipedia. *sharing economy*, Silicon Valley [54]. Un altro campione di riferimento delle Cassandre tecnofobe d'oggi è lo scrittore statunitense Nicholas Carr [55-56].

C'è inoltre chi sostiene - come Adam Alter, professore di Psicologia e Marketing all'Università di New York - che la tecnologia sia l'oppio del XXI secolo a causa delle aziende *high tech* che attueranno modelli di business e marketing basati su "tecnologie persuasive" per radicare la "dipendenza comportamentale" degli ignari consumatori, distruggendone la capacità di autocontrollo [57]. Come se le aziende non avessero mai manipolato i propri clienti: basta leggere il resoconto dell'esperienza tragicomica "Persi a Cyberlandia" di Bill Bryson [58]. Inoltre, da alcuni anni studi e scoperte delle neuroscienze hanno messo in luce come il nostro cervello si sia sviluppato nel lungo corso dell'evoluzione umana, per cui le tecniche di marketing della mente (*neuromarketing*) permettono di studiare le risposte fisiologiche e cerebrali per migliorare l'efficacia delle tradizionali tecniche di mercato.

Opposto a quello dei catastrofisti militanti è il parere del già citato rapporto di AI100 [33] che fin dai paragrafi iniziali smentisce le previsioni apocalittiche e neoluddiste bollandole come non scientifiche. Per un'ulteriore panoramica argomentata, equilibrata e aggiornata su questi temi (macchine che imparano, robot, auto senza conducente, ecc.), rinviando il lettore al dossier (agosto 2016) di *Le Scienze* dedicato all'AI [59].

La questione dell'impatto tecnologico su società, lavoro, occupazione e retribuzioni è più antica della stessa era industriale. Ogni nuovo avanzamento ha scatenato il timore di una possibile sostituzione di massa della forza lavoro. John Maynard Keynes parlava della disoccupazione tecnologica come di una malattia, mentre Wassily Leontief sentenziava: "Il ruolo dell'uomo come fattore fondamentale della produzione non potrà che ridursi, proprio come il ruolo dei cavalli". Certo è che, quando sulla rivista *Internazionale* [60] si legge che, in una logica di minore costo e maggiore efficienza, molte aziende della *gig economy* gestiscono i lavoratori attraverso *app* e *smartphone*, o che altre usano algoritmi software per selezionare il personale, ci inquietiamo abbastanza. Sullo stesso numero, il settimanale riprende una vignetta da *The New Yorker*, nella quale un programmatore comunica a un altro: "Brutte notizie... alcuni ragazzi hanno appena creato un'app che crea app".

Faccio notare l'assoluta inflazione di un linguaggio ipereccitato e apprensivo, intriso di negatività, soprattutto nei dibattiti mediatici più superficiali ed esaltati. Una semplice ma efficace risposta alla re-

torica di apocalittici, catastrofisti e neoluddisti si trova nelle considerazioni del linguista Giuseppe Antonelli [61], della quale riportiamo l'inizio: "È una vecchia storia, d'altronde. Ogni cambiamento nelle tecnologie della comunicazione mette in crisi un paradigma. Già nell'antica Grecia c'era chi come Platone, se la prendeva con la scrittura perché stava sostituendo la cultura orale basata sulla dialettica. E nel Rinascimento furono in tanti a demonizzare l'invenzione della stampa, considerata una pericolosa innovazione rispetto alla scrittura a mano. L'atteggiamento apocalittico è quasi automatico in chi ha paura del nuovo, perché costringe a uno sforzo di comprensione e adattamento [...]". (Ad Antonelli va riconosciuto il *digito ergo sum*, aggiornamento del ben noto aforisma cartesiano). Oggi il sociologo Derrick de Kerckhove mette in guardia contro "l'amnesia digitale" da uso eccessivo di Google e *smartphone*, poiché la memoria emigra nel *cloud* (e nel *fog*). Ma sa anche che, non potendosi tornare indietro, è meglio cercare di guardare avanti con gli occhi giusti.

Preferiamo tornare al passato?

Se mi è consentita una divagazione letteraria, vorrei citare di J. Rodolfo Wilcock la *Sinagoga degli iconoclasti* [62], una incredibile galleria di personaggi quanto mai bizzarri, fra cui l'utopista Aaron Rosenblum, personaggio di fantasia, che nel 1940 concepì l'ambizioso progetto di ricondurre l'umanità indietro all'epoca elisabettiana. Lascio al lettore immaginare gli spassosi benché demenziali elenchi delle conquiste moderne e contemporanee, che sarebbero state - secondo costui - da abolire (ad es., "il motore, i giornali, gli Stati Uniti, Newton e la gravitazione, la chirurgia, i musei, il weekend, l'istruzione obbligatoria..."), ovvero di tutto ciò che si sarebbe dovuto ripristinare (ad es., "la schiavitù, i roghi per le streghe, gli attacchi dei bucanieri ai galeoni spagnoli, il fango e le pozzanghere [nelle città], l'alchimia come passatempo, l'astrologia come scienza, l'istituto del vassallaggio, l'ordalia nei tribunali..., insomma il passato"). Rosenblum fa venire in mente certi guru mediatici d'oggi fautori di un ritorno al passato, magari di "nuovi Rinascimenti", con visioni totalizzanti che alla fine si rivelano più distopiche che utopiche. A questo, il sociologo Zygmunt Bauman usa il neologismo "retrotopia" per indicare l'attaccamento di chi che in un'epoca di incertezze preferisce guardare al passato piuttosto che a un futuro migliore.

Per la cibernetica - oggi intelligenza artificiale e industria 4.0 - già Norbert Wiener si poneva problemi di carattere etico in due articoli fondamentali: "The machine age" [63] e "Some moral and technical consequences of automation" [64], recente-

mente riscoperti e rivalutati. In essi Wiener non solo preconizzava un'era dei robot ma si interrogava anche sulle possibili conseguenze per l'umanità. È indubbio che nel transitorio l'AI altererà i precari equilibri occupazionali dell'oggi, ma, nel medio e lungo periodo¹⁵, come accade con ogni nuova e dirompente tecnologia, l'equilibrio sarà ripristinato in modo diverso, non prevedibile *a priori*, bensì determinato dai suoi fruitori e governato dai decisori. I fautori di un antropocentrismo esasperato, espressione di varie categorie di pensatori quali filosofi della mente, psicologi, sociobiologi, critici *tout court*, osservano che una persona ha bisogni qualitativi di relazione ed empatia e manifesta sentimenti individuali, che possono essere soddisfatti solo da altri esseri umani. I robot, sebbene dotati di capacità cognitive, non potranno dunque sostituirci in tutte le forme e occupazioni. Stimolante è l'argomentazione tecnica di Federico Faggin [65]: *“Essendo il computer un sistema riduttivo, la sua «coscienza» non può aumentare con il numero dei suoi componenti elementari (i transistor), e pertanto non può superare quella di un transistor”*. Il limite tecnico porrebbe dunque un impedimento alla “singolarità” tecnologica e antropologica. Al contrario, per Kurzweil vicino e ineludibile è il momento in cui l'AI è destinata a superare quella umana, perché i suoi algoritmi stanno diventando più capaci e rapidi nel trasformare i dati grezzi in conoscenza [51-52]. Naturalmente, non a tutti questa eventualità farà piacere. Ormai parecchi anni fa, nel 1991, Giuseppe Pontiggia ironizzava sulla *“ottusità [...] degli avveniristi, felici di ripetere che le macchine sono già più intelligenti di loro. E c'è da credere sulla parola”*. Sembra che i computer non sappiano (ancora) imitare il pensiero perché non commettono errori e non mostrano comportamenti ambigui. Oppure che le macchine, anche quelle “pensanti” come i computer, “non si preoccupano”. Neanche gli squali, peraltro organismi pluricellulari non certamente in fondo nella scala evolutiva, si preoccupano dopo aver sbranato un malcapitato [66]. Inoltre, *“la coscienza è un evento chimico-fisico evolutivo”* e *“diventa cosciente solo ciò che trasforma la corteccia cerebrale”* (così il neuroscienziato Arnaldo Benini). Più in generale, gli algoritmi non sarebbero in grado di replicare - almeno fino a oggi - emozioni e meccanismi cerebrali non consci, connessi alla parte più antica del cervello, che non sembra neanche in grado di “capire sé stesso”. E osserva Antonio Damasio, un'autorità in questo settore, *“non siamo macchine pensanti che si emozionano, ma macchine emotive che pensano”*. È però ormai un fatto acquisito che la tecnologia sta dando forme nuove a emozioni e stati d'animo indotti dalla comunicazione interatti-

va. Da parte loro, i robot umanoidi sono già diventati così evoluti da riuscire a suscitare sentimenti ed emozioni artificiali negli utilizzatori umani [67], esercitando, per esempio, un ruolo consolatorio. *“Alcuni filosofi, mistici e altri confabulatores nocturni pontificano sull'impossibilità di arrivare a comprendere la vera natura della coscienza o soggettività. Eppure ci sono assai poche ragioni per accettare un simile argomento disfattista, e invece tanti buoni motivi per aspettare il giorno, non molto lontano, in cui la scienza raggiungerà una comprensione naturalizzata, quantitativa e predittiva della coscienza e del suo posto nell'universo”*, per ora con una certa logica Christof Koch, presidente e direttore scientifico dell'Allen Institute for Brain Science, su *Le Scienze* di novembre 2016. Si potrebbe anche osservare che la maggior parte di questi *confabulatores nocturni* ha una competenza effettiva dell'AI alquanto limitata.

Come parentesi frivola, si potrebbe ricordare che all'alquanto disinibita eroina di *bande dessinée* Barbarella nei primi anni '60 [68], protagonista di bizzarre avventure spaziali, capitava di sperimentare un piacevole incontro intimo con l'androide Diktor (diventato, forse per errore, Aiktor in italiano). Barbarella e Diktor avevano poi un elegante scambio di battute:

Barbarella: *“Diktor, avete dello stile!”*

Diktor: *“Oh! La signora è troppo gentile... Conosco i miei limiti. I miei slanci hanno sempre un qualcosa di meccanico!”*

Sul tema umano-artificiale, è d'obbligo citare - non solo per motivi storici - Valentino Braitenberg, neuropsichiatra, cibernetico e informatico italiano, che quasi quarant'anni fa pubblicava lavori pionieristici su veicoli pensanti [69] e tessuti intelligenti [70].

Quanto all'oggi, è vero che il tempo in cui un computer sarà anche capace di bluffare non è più molto lontano. Dopo gli scacchi (con Deep Blue), il Go (con AlphaGo), un algoritmo di intelligenza artificiale (DeepStack) è infatti riuscito a battere l'uomo anche nel Texas Hold'em, la variante più complessa del poker, che prevede migliaia di possibili decisioni [71]. I giochi a informazione imperfetta sono un modello molto più realistico di come si affrontano i problemi rispetto a quelli a informazione perfetta: tutti noi abbiamo una prospettiva leggermente diversa su ciò che sta succedendo, proprio come un giocatore di poker che conosce solo le proprie carte. Grazie a un sistema di reti neurali progettate per apprendere dall'esperienza, DeepStack ha progressivamente imparato a determinare la strategia corretta per ogni particolare situazione

¹⁵ Anche se, come rilevava una fulminante osservazione di Keynes, *“nel lungo periodo saremo tutti morti”*.

di gioco, senza doverne analizzare tutte le possibili evoluzioni. Il programma ha mostrato di saper ragionare e usare una sorta di intuizione per riconsiderare la propria strategia.

DeepStack è ancora lontano dal poter emulare il processi decisionali umani più complessi, anche se il poker - nel quale l'aspetto psicologico è componente fondamentale - è certamente a un livello di complessità maggiore dei giochi a informazione completa. Tuttavia, la strada per arrivare ad afferrare il disordine di un entropico mondo reale - con inclinazioni e pregiudizi personali - è ancora molto lunga. Le ambizioni dell'AI non si limitano a quanto detto. Il sistema di IA di DeepStack ha possibilità di applicazione che vanno ben al di là del tavolo da poker; potrebbe infatti essere impiegato in contesti di incertezza, dalla scelta della terapia medica più adatta in casi dubbi alla pianificazione delle strategie militari, fino alle situazioni, diplomatiche o commerciali, in cui si deve intavolare un negoziato. Per restare nel campo medico, definire come colpire un tumore con le radiazioni è un processo lungo e laborioso, ma DeepMind, la società di Google sull'apprendimento automatico, conta che un algoritmo possa aiutare i medici a procedere più speditamente, riducendo a poche ore il tempo necessario per pianificare la radioterapia del paziente.

Le possibilità dell'AI portano la medicina a ripensare i suoi obiettivi: solo riparare il corpo umano o anche migliorarlo e potenziarlo? E se la vecchiaia non fosse più ineludibile? Saremo presto uomini-cyborg? Questa ardita tentazione transumanistica cambierebbe l'orizzonte etico, dando vita a riflessioni e dilemmi ben più impegnativi e complessi di quelli già in corso. Ma qui ci stiamo avventurando in un terreno non nostro e, soprattutto, molto scivoloso: l'ontologia.

Un punto di vista sociologico

Finemente e dottamente argomentato è il pensiero di Pieraugusto Pozzi nel capitolo "La macchina è antiquata" del denso saggio di Giorgio Pacifici, *Le maschere del male. Una sociologia* [72]. Pozzi distilla una approfondita conoscenza tecnologica attraverso la propria originale rilettura dei fenomeni socioculturali e socioeconomici, con un ragionamento i cui capisaldi si articolano nei punti seguenti.

a. Nella prefazione al volume, Furio Colombo avanza la tesi che male e potere siano da sempre in rapporto: "*il male è il potere in continua, progressiva, arbitraria azione*". E oggi - sostiene Pozzi - il potere è eminentemente tecnico-scientifico, anche laddove appaia integralista o fondamentalista. In particolare, il potere economico, che cerca egemonia, è in sintonia con il potere della tecnoscienza. Anzi è la convergenza di tecnoscienza ed economia di merca-

to che sembra caratterizzare questa seconda o iper-modernità per edificare quella "tecnosfera economica globale" e quella rete avvolgente che sono l'evoluzione della megamacchina, del complesso militare-industriale e della gabbia d'acciaio della prima modernità industriale.

- b. Il titolo del contributo di Pozzi parafrasa *L'uomo è antiquato*, il lavoro di riflessione su tecnica, uomo e società fatto da Günther Anders nel dopoguerra. Ma perché ora la macchina è paradossalmente diventata antiquata? Perché è in crisi la cultura del macchinismo riduzionista, quella che dall'inizio della modernità ci dice che la macchina è il mezzo naturale per fare cose e anche per rappresentare un qualsiasi sistema od organismo, compreso il vivente, fino all'uomo.
- c. Se la corsa allo sviluppo e la promessa infinita della prima modernità ne avevano fatto trascurare le contraddizioni e i guasti, oggi la dimensione etico-valoriale della tecnoscienza (sempre negata in nome della conoscenza e della specializzazione e giustificata dall'ambivalenza della tecnoscienza stessa) è collettiva e non può più essere lasciata a codici deontologici individuali o di gruppo, ma richiede di essere governata, cioè di essere ricondotta nella politica, naturalmente della politica democratica, partecipata ed informata, che Edgar Morin chiama democrazia cognitiva.
- d. Ciò richiede l'adozione di una serie di principi e valori: responsabilità e precauzione (nell'accezione di Hans Jonas), senso del limite, interdipendenza, fraternità contro riduzionismo (al mercato o a paradigmi tecnico-scientifici obsoleti), specialismo (tecnocratico), dogmatismo (culturale).

In quanto generali e, quindi, propedeutiche al contesto da noi considerato, le ragioni di Pozzi - controverse o condivisibili, in parte o *in toto* che siano - possono fornire parecchi spunti di riflessione, anche dialettici, a tutti coloro che si occupano di questioni epistemologiche, etiche e politiche di tecnoscienza.

La lettura decostruzionista "forte" à la Anders, Derrida, Foucault di ogni forma di sapere - in quanto istituzione al pari della politica o del capitale - porterebbe a identificare i saperi acquisiti e consolidati con i poteri egemonici e le relative élite. La lettura decostruzionista non mi pare del tutto convincente, perché poco motivata e ancor meno animata da spirito critico-costruttivo. Mi sembra invece che una weberiana etica della responsabilità applicata alla tecnoscienza e alle sue conseguenze sia più che sufficiente a fronte degli incomparabili vantaggi di cui abbiamo tutti beneficiato, per esempio, diventando, nell'infosfera, *prosumer* che fanno informazione da semplici spettatori/fruitori quali eravamo (cfr. *supra*).

Coniugare il progresso con l'occupazione

Circa l'impatto dell'IA sull'occupazione, Domingos prevede baldanzoso ([31, p. 43]): "Se mai scoppierà una cyberguerra, i generali saranno esseri umani, ma la fanteria sarà formata da algoritmi. Gli esseri umani sono troppo lenti e poco numerosi, e verrebbero spazzati via da un esercito di bot. Abbiamo bisogno di un nostro esercito di bot, e il machine learning sarà la loro accademia, la nuova West Point". Anche Robert Lucky si chiede: "Gli ingegneri stanno progettando la loro sostituzione con robot?" [73], ma piena di buon senso e pragmatismo è la sua risposta: "Da ingegnere, penso che i compiti di più basso livello saranno demandati ai computer, conseguentemente noi risaliremo nella scala del lavoro a un livello più alto. E conserveremo il nostro posto". Questo è lo scenario più probabile (e auspicabile), tenendo conto che il ritmo di sostituzione delle professionalità in cui siano richieste elevate capacità cognitive e di astrazione sarà assai più sostenuto che nel passato - peraltro, già oggi i maniscalchi e i battilastra, nonché i carrozzieri "tirabolli", sono diventati rarissimi. E forse, nel lungo termine, i nostri (pro)nipoti non dovranno più lavorare perché lo faranno le macchine per loro.

Alquanto diversa la posizione del futurologo Martin Ford, secondo il quale l'innovazione salirà nella scala delle competenze e toglierà lavoro non solo agli operai ma anche ai professionisti con elevato livello di istruzione, quali radiologi, avvocati, analisti finanziari, progettisti software [74].

Nel breve termine, non sono da escludere scenari caratterizzati da scarsa crescita, scarsa produzione, scarsa automazione (ad es., ahimè, in Italia); oppure riallocazione dei dipendenti con l'arrivo dei robot, in posizioni meno qualificate (ad es., negli USA). Un caso emblematico è dato dall'algoritmo Heliograf, che nella redazione del *Washington Post* affianca i reporter scrivendo articoli di minore importanza, ricercando informazioni, verificando dati statistici, in definitiva per svolgere lavori ripetitivi più noiosi per il giornalista. I risultati di Heliograf nella composizione di notizie politiche, economiche e sportive sono giudicati efficaci e hanno avuto un'accoglienza positiva da parte dei lettori. Heliograf è ancora distante dal giornalismo narrativo, non-fiction e documentato, di un Truman Capote (*A sangue freddo*) o di un Carrère (*Il caso Roman*, in [49]), che scaturisce dalla necessità di elaborare e trasmettere informazioni fattuali inserite in un'architettura di *memoir*. Anche se, già nel 1953 (un anno ormai lontano), Roald Dahl, maestro di storie grottesche e spiazzanti, pubblicava il racconto visionario *Lo scrittore automatico* (*The Great Automatic Grammatizator*) [75], nel quale un versatile progettista elettronico - oggi sarebbe de-

finito un *nerd* - ragiona su come le regole della grammatica seguano principi pressoché logico-matematici: si pensi all'analisi grammaticale e logica insegnata nelle nostre scuole secondarie. Sfruttando questa idea, riesce a costruire un calcolatore gigantesco in grado di "elaborare un racconto di cinquemila parole, dattiloscritto e pronto per la spedizione in trenta secondi". "Come faranno gli scrittori a competere con lei?" (ossia con la macchina), chiede retoricamente l'inventore. Per sopravvivere, un numero crescente di autori in tutto il mondo si vede costretto a sottoscrivere un contratto di cessione della propria firma ai testi prodotti dal calcolatore. Nel preoccupante e sinistro finale, anche l'autore del racconto è roso dal dubbio se accettare il contratto-capestro per non fare morire di fame i suoi figli, oppure resistere al cerchio che si sta stringendo sempre di più.

Il futuro per incrementare la produttività e assicurare il successo nel business non è né esclusivamente umano né esclusivamente artificiale: si trova in tutti e due. La parola-chiave è "arricchimento" o "potenziamento" (*augmentation*) che sfrutta a favore di entrambi la sinergia fra macchine e umani per un lavoro migliore, più intelligente e più veloce [76]. Sono però urgenti grandi interventi di *re-skilling* e riqualificazione delle risorse umane.

La distinzione dello psicologo Daniel Kahneman tra pensieri lenti e veloci [77] suggerisce una riflessione sul ruolo dell'AI e della robotica. I pensieri veloci, detti intuitivi o del sistema 1, sono quelli istintivi e portano ad azioni automatiche. Essi coinvolgono la parte più ancestrale del cervello umano: il rettiliano secondo la classificazione di Paul McLean. I pensieri lenti, che possono essere definiti analitici o del sistema 2, richiedono invece consapevolezza e attenzione a ciò che si sta pensando. Essi competono alla neocorteccia, la più recente parte dello sviluppo cerebrale. Venendo all'AI e alla robotica, certamente importante è la facoltà tipica delle macchine di prendere decisioni assai più rapidamente di noi sfruttando procedimenti euristici, mentre noi possiamo permetterci processi decisionali più lenti implementando [mi sembra che questo anglo-latinismo sia stato finalmente sdoganato] meccanismi razionali e analitici. In questo modo si potranno coniugare sinergicamente i due ruoli, l'umano e l'artificiale.

L'interazione fra robot cognitivi ed esseri umani ridisegnerà il futuro, dove, piuttosto che ritenere gli algoritmi e le macchine intrusi in competizione con noi, potremmo considerarli nostri assistenti a supporto dei processi decisionali e del *problem solving* creativo, anche quando la percentuale delle informazioni disponibili è limitata, per esempio, minore dell'80-90%. Anche per questo scopo, è stata recentemente lanciata l'organizzazione non-

profit “Partnership on AI to Benefit People and Society”; fra i suoi partner figurano Google, DeepMind, Facebook, Amazon, Microsoft e IBM (<https://www.partnershiponai.org>). Gli obiettivi principali sono di instaurare un dialogo aperto a tutti gli interessati e di creare linee guida per sviluppare macchine e sistemi di AI funzionanti secondo principi tanto etici quanto di credibilità e affidabilità.

Nel gennaio scorso, la Commissione giuridica del Parlamento Europeo ha presentato la già citata bozza di relazione [53], dove si sottolinea “*che l’umanità si trova ora sulla soglia di un’era nella quale robot, bot, androidi e altre manifestazioni dell’intelligenza artificiale (AI) sembrano sul punto di avviare una nuova rivoluzione industriale, suscettibile di toccare tutti gli strati sociali*”. Si rende perciò “*imprescindibile che una legislazione ne consideri le implicazioni e le conseguenze legali ed etiche, senza ostacolare l’innovazione*”. Considerato che “*dal mostro di Frankenstein ideato da Mary Shelley al mito classico di Pigmalione, passando per la storia del Golem di Praga e il robot di Karel Čapek, che ha coniato la parola*”¹⁶, gli esseri umani hanno fantasticato sulla possibilità di costruire macchine intelligenti, spesso androidi con caratteristiche umane, si sollecita “*una serie di norme che disciplinino in particolare la responsabilità, la trasparenza e l’assunzione di responsabilità [...]*”. Nella relazione, si passa da preoccupazioni molto concrete - chi pagherà quando un robot o un veicolo autonomo avrà un incidente? - a più speculative su quando diventerà necessario designare robot autonomi intelligenti come “persone elettroniche” con identità proprie. In sintesi, si auspica una *robotlaw* europea per “*consentire all’uomo un giusto controllo sul proprio futuro, evitando che la realtà aumentata della tecnica corrisponda a un’umanità diminuita*”. Infatti, “*Diritto e tecnologia incidono l’uno sull’altro. Il primo determina le condizioni per lo sviluppo tecnologico; la seconda muta il tessuto sociale, creando nuove aspettative ed esigenze cui il primo deve offrire risposte*” [78].

In definitiva, l’introduzione dell’IA in molti settori dell’economia, dai servizi alla persona, alla sanità, all’industria, all’agricoltura, ci lascia intravedere un mondo liberato dalla fatica del lavoro ripetitivo, dove ci potrà essere più spazio per coltivare conoscenza, cultura, interessi individuali. E dove l’aumento della produttività e la crescita non saranno necessariamente e direttamente legati allo sfruttamento dell’uomo. Parafrasando Isaac Asimov, potremmo dire: “*Non temo l’IA [nell’originale, i computer]. Temo di rimanere senza*”.

¹⁶ Sarebbe più corretto pronunciare la parola *robot*, nome ceco per automa (da “lavoro forzato”), *ròbot* e non, alla francese, *robó*.

L’impossibile neutralità

*Qui uti scit, ei bona; illi, qui non utitur recte, mala -
Per chi sa utilizzarli sono dei beni, per chi
li utilizza male sono dei mali*
(Terenzio)

Vediamo di sintetizzare quanto detto fin qui. La forte espansione delle reti e dell’intelligenza artificiale solleva importanti questioni etiche per le quali servirebbero più argomentate riflessioni e meditate prese di coscienza. Peraltro, il nostro destino non è inesorabile né è determinato a priori, ma è messo continuamente in pericolo, perché ciò che accade sembra imprevedibile e i cambiamenti appaiono molto più rapidi della nostra capacità di governarli.

Ma il mantra mediatico che la tecnologia sia alienante si è ormai cristallizzato in uno stereotipo irrealistico oltre che falso, poiché deriva da un pregiudizio immotivato. Infatti, potremmo dire parafrasando [20], Internet e, più in generale, le tecnologie ICT e AI, funzionano come protesi o estensioni del Sé, anzi, accrescimenti del Sé. Il Sé digitale non annulla il Sé reale, ma appunto lo amplia. In quest’ottica i vantaggi che offre Internet sono decisamente superiore ai rischi, che - come in ogni altro ambiente - possono annidarvisi: sta a noi indirizzare i cambiamenti verso un futuro desiderato o, almeno, auspicabile.

Di certo pattume (riprodotto e veicolato tanto dalla rete quanto dalla carta stampata e dalle TV) non vale neanche la pena di parlare, perché appartiene a quelle cose che - come dice un proverbio viennese ricordato spesso da Claudio Magris - non meritano nemmeno di essere ignorate, in quanto già ignorarle è troppo, rischia di conferire loro un’importanza sproporzionata. Mi riferisco a falsificazioni della storia, incitazioni all’odio, esaltazioni della violenza, diffamazioni, provocazioni, insulti, ecc. Più in generale, l’era della post-verità è basata su “*parole e slogan virali che fanno il giro della rete propagandando spesso opinioni su fatti mai esistiti*”, sintetizza con la consueta efficacia Antonelli in *Volgare eloquenza*. E in un altro passo, “*Prima di raccontare, bisogna fare i conti con i fatti. Smetterla di usare parole senza le cose. E senza nessun senso di responsabilità*”.

Dal momento che la tecnologia, ogni giorno, disegna e apre nuovi orizzonti, siano essi di rischio o di opportunità, condividiamo il principio, di sapore quasi Zen, formulato dallo storico Melvin Kranzberg: “*La tecnologia non è né buona né cattiva; non è neanche neutrale*”. Anche un coltellino svizzero da prezioso utensile tuttofare può trasformarsi in arma pericolosa. Ogni riflessione concettuale di carattere etico ed economico non può fare a meno di questo presupposto, perché l’innovazione

tecnologica non è di certo la nostra peggior nemica; è anzi la nostra maggiore speranza, purché opportunamente governata e controllata. Ribadiamo - come peraltro anticipato dal profetico Terenzio - che la tecnologia è ambivalente, in quanto è utile se la si usa bene, diventa nociva quando se ne abusa o ci usa: *“bisogna riscoprire l’arte del limite”*, sostiene Remo Bodei.

È dunque probabile che anche le tre celeberrime leggi della robotica enunciate da Asimov nel 1950 debbano essere aggiornate, perché un’eccessiva fiducia nelle capacità sociali e morali di un robot potrebbe rivelarsi perlomeno azzardata. Però lo stesso Asimov argutamente chiosava: *“La disumanità del computer sta nel fatto che, una volta programmato e messo in funzione, si comporta in maniera perfettamente onesta”*.

Conclusioni

Faber est suae quisque fortunae - Ciascuno è artefice della propria sorte
(Pseudo Sallustio)
Le cose impossibili bisogna iniziarle immediatamente
(Paavo Haavikko)

Ricapitoliamo due scenari tendenziali (imprese e risorse umane), già chiari in vari Paesi, ma che si potranno concretizzare anche da noi se e quando riusciremo a ripartire, colmando lacune, deficit e divari che ci penalizzano e affliggono da anni.

Dal punto di vista dell’impresa, ricerche sull’uso efficace ed efficiente dell’ambiente di lavoro digitale hanno mostrato che troppo spesso le aziende privilegiano la tecnologia trascurando l’esperienza e la professionalità dei dipendenti più qualificati, ossia il capitale umano con il suo *know-how*. Ciò fa nascere resistenze al cambiamento e, in ultima istanza, impedisce di godere dei benefici delle tecnologie impiegate - non solo digitali - per una maggiore capacità produttiva. Le imprese di ogni tipo, sia di vecchia data sia startup emergenti, per avere (o continuare ad avere) successo nel loro ecosistema dovranno perciò: a) riorganizzarsi con il minimo di struttura e per il massimo di relazione, secondo i nuovi modelli di business legati alle piattaforme digitali; b) umanizzare l’ambiente di lavoro in un contesto di *smart working*; c) assicurarsi e mantenere le risorse professionali più qualificate e

di talento, per acquisire le quali la competizione sarà sempre più dura; d) individuare i profili e le competenze di leader e manager¹⁷ in grado di gestire l’incertezza e creare una visione realistica.

Contemporaneamente, il comparto organizzativo che riporta al dirigente-capo del settore informatico (*Chief Information Officer - CIO*) deve essere in grado di interfacciarsi con altre funzioni interne, quali marketing, logistica e *supply chain management* per gestire e finalizzare i flussi di *big data*, estraendone valore per il business aziendale con le nuove tecniche di *analytics* e analisi predittiva. Fra le numerose applicazioni di *data science* al marketing, il manuale [79] approfondisce i principi delle reti sociali qui brevemente discussi nel paragrafo iniziale. Si ricordi anche che *“gli scienziati dei dati sono diventati, o stanno diventando, ciò che erano gli esperti dell’IT all’inizio di questo secolo”* (cfr. nota 8).

Per i giovani talenti le offerte di impiego più impegnative e stimolanti - e meglio remunerate, perlomeno in USA - riguardano competenze e capacità che vanno dalla scienza dei dati alla cybersicurezza, dai sistemi autonomi alla bioinformatica del DNA (compresa l’economia che le ruota intorno: la nuova frontiera della *geneconomy*). A loro volta, le giovani menti portano innovazione, tecnologia, fantasia e passione, punti di forza e qualità realizzabili solo con la tenacia, lo studio e la pratica. Efficienza e creatività, inoltre, possono andare di pari passo con curiosità e passione, le chiavi per ridefinire un futuro che arriva sempre più rapido. Con l’obiettivo di costruirselo - il futuro - va perseguita la serendipità, una felice combinazione di (un pizzico di) fortuna e merito, perché *“il caso aiuta solo le menti già preparate”* (Louis Pasteur). In questo quadro, diventa cruciale il modello formativo “a T” per un’educazione che prevede competenze tecniche e *soft skills* costantemente sviluppate e mantenute aggiornate per tutta la vita: *education is a lifelong pursuit* è lo slogan strategico delle scuole di management più competitive e aggiornate.

La curiosità, legata alla consapevolezza di non sapere (o ignorare) è una delle vie principali verso la creatività; questa è la tesi dell’“ignoranza creativa” sostenuta dell’economista Piero Formica per andare oltre le conoscenze già acquisite. Il concetto richiama tanto il pensiero laterale del guru de Bono quanto il paradosso Zen citato dal

¹⁷ *“Management is doing things right; leadership is doing the right thing”*, è la sintesi magistrale di Peter Drucker, e *“Digital leaders are made, not born”* (copyright di Erik Qualman).

¹⁸ Data la cassa di risonanza mediatica, molti parlano, e le imprese cominciano ad interessarsene, del recente Piano Industria 4.0 varato dal

ministro Calenda (<http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>). L’argomento, peraltro, si presta a fraintendimenti ed errate interpretazioni. Il rischio principale è convincersi che la nuova rivoluzione industriale significhi solamente digitalizzare, robotizzare e automatizzare le imprese, trascurando tutti gli altri fattori umani, sociali, psicologici, etici, organizzativi, manageriali, ecc., prima illustrati (cfr. anche [81]).

sociologo Luca Ricolfi: “se vuoi entrare in un pentagono, e non ci riesci da nessuno dei cinque lati, cerca il sesto”. Insomma, con cittadini in grado di pensare criticamente e imprenditori in grado di innovare, il circolo virtuoso crescita-occupazione si può conseguire anche nello scenario AI.

“Alla fine ciò che conta è la spinta vitale, la voglia di fare, le pulsioni all'intrapresa, gli «spiriti animali» di Keynes, il via libera alla «distruzione creativa» di Schumpeter”, ricorda Fabrizio Galimberti nel *Sole 24 Ore* del 25 settembre 2016. Solo da una fase distruttiva potrà sorgere un ecosistema radicalmente nuovo, senza però dimenticare che l'innovazione può anche emergere dalla somma di tanti piccoli cambiamenti utili. L'insieme delle qualità e dei tratti distintivi oggi richiesti a leader, aziende e individui può essere dunque condensato in uno slogan basato su parole-chiave semplici, efficaci e facilmente memorizzabili nella ca-

scata: *sapere, saper essere, saper fare, fare, saper far fare, saper comunicare.*

Dalla lettura di questo articolo, spero che il lettore esca almeno con una domanda semplice, eppure ricca di implicazioni e ricadute sul tessuto economico, sociale, etico: “Siamo ancora in grado di scommettere sul futuro?”. La sfida è quindi di guardare alla prospettiva del domani, perché parte del mondo è già digitale. L'innovazione produttiva è il fulcro della leva per far crescere ogni sistema-Paese. Il nostro, l'Italia, sembra oggi funzionare con il freno a mano tirato; se questo fosse allentato, pure di poco, si libererebbero risorse utili per ottenere i risultati di cui eravamo capaci (il riferimento [80] ne riporta un esempio), e forse ne saremmo tuttora¹⁸. “Il futuro digitale è ancora tutto da costruire, dobbiamo smettere di perdere tempo ed energie”, raccomanda Stefano Quintarelli, nelle sue “istruzioni” per *Costruire il domani* [82].

BIBLIOGRAFIA

Gli strumenti e le risorse per approfondire i temi dell'articolo sono praticamente illimitati e vanno dai siti Web ai webinar e ai corsi online, dalle pubblicazioni tecnico-scientifiche alle comunità di discussione (forum e standard). In ogni caso, il seguente elenco di riferimenti è sufficientemente ampio da poter soddisfare le esigenze del lettore meticoloso che desidera approfondire il percorso conoscitivo prima delineato. Personalmente, ho utilizzato sia queste fonti sia molte altre, qui non indicate in modo esplicito per non appesantire inutilmente il testo.

Dopo il completamento della bozza del manoscritto, è uscito il rapporto speciale di IEEE Spectrum del giugno 2017, intitolato “Can we copy the brain?”, i cui articoli affrontano le questioni principali sollevate da questa domanda. L'allegato alla rivista, The Institute, è dedicato a “Engineering an accessible world” e dà risalto alle soluzioni tecnologiche per garantire accessibilità o assistenza fisica a persone di ogni età affette da disabilità motorie, visive o uditive, quali esempi dell'ingegneria al servizio del corpo umano. Segnalo altresì la pubblicazione del libro di Antonelli, *Volgare eloquenza* (Laterza, 2017), che ho trovato concettualmente e lessicalmente, in più parti, consonante con molte delle mie idee sull'atteggiamento apocalittico e misonista verso social network, tecnologia, rivoluzione digitale.

- [1] A. Raffone: L'innovazione in Italia nelle aziende ICT di servizi, *AEIT*, vol. 102, n. 11/12, novembre-dicembre 2014, pp. 38-43.
- [2] D.E. Stokes: *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press, 1997.
- [3] A. Luvison: Reflections on the information society and related technologies, in W.R. Wells: *Proc. 7th International Conference on Advances in Communications and Control (COMCON 7)*, Atene, 28 giugno-2 luglio 1999, pp. 29-40.
- [4] A. Luvison: Strategie di business innovation: il valore della rete, in M. Cannata, S. Pettineo: *Manager e imprese di fronte al cambiamento. Strategie e strumenti*, Fondazione IDI, ebook, 2013, pp. 265-283, <http://www.fondazioneidi.it/group/ebook/home>
- [5] A. Luvison: Apologia della ragione scientifica, *Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT*, anno XII, n. 45, marzo 2013, pp. 1-28, http://mondodigitale.aicanet.net/2013-1/articoli/05_LUVISON.pdf

- [6] D. B. Yoffie, M. A. Cusumano: *Lezioni di strategia. Cinque regole senza tempo da Bill Gates, Andy Grove e Steve Jobs*, Milano, Hoepli, 2016.
- [7] L. Backstrom et al.: Four degrees of separation, *Proceedings of the 4th Annual ACM Web Science Conference*, Evanston, Illinois, 22-24 giugno 2012, pp. 33-42, <https://arxiv.org/pdf/1111.4570.pdf>
- [8] M. Karsai et al.: Local cascades induced global contagion: How heterogeneous thresholds, exogenous effects, and unconcerned behaviour govern online adoption spreading, *Scientific Reports*, vol. 6, pubblicato online il 7 giugno 2016, <http://www.nature.com/articles/srep27178>
- [9] W. Quattrociochi, A. Vicini: *Misinformation. Guida alla società dell'informazione e della credulità*, Milano, FrancoAngeli, 2016.
- [10] J. Haidt: *Menti tribali. Perché le brave persone si dividono su politica e religione*, Torino, Codice Edizioni, 2013.
- [11] A. Luvison: Apologia della ragione scientifica - II: strumenti per decidere, *Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT*, anno XIII, n. 55, dicembre 2014, pp. 1-32, http://mondodigitale.aicanet.net/2014-7/articoli/03_Apologia_della_ragione_scientifica_II.pdf
- [12] M. Biffi: Viviamo nell'epoca della post-verità? *Servizio di consulenza linguistica dell'Accademia della Crusca*, pubblicato online il 25 novembre 2016, <http://www.accademiadellacrusca.it/it/lingua-italiana/consulenza-linguistica/domande-risposte/viviamo-nellepoca-post-verit>
- [13] M. Ciardi: *Il mistero degli antichi astronauti*, Roma, Carocci, 2017.
- [14] C. Cooper: *The Truth About Tesla: The Myth of the Lone Genius in the History of Innovation*, J. D. Race Point Publishing, 2015.
- [15] A. Allerhand: A contrarian history of early electric power distribution, *Proceedings of the IEEE*, vol. 105, n. 4, aprile 2017, pp. 768-778, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7885139>
- [16] D. Jones: Non è vero ma ci credo, *Internazionale*, anno 24, n. 1195, 10-16 marzo 2017, p. 44-46.
- [17] W. Davies: La fine dei fatti, *Internazionale*, anno 24, n. 1195,

- 10-16 marzo 2017, pp. 38-43.
- [18] P. Watzlawick: *La realtà della realtà. Confusione, disinformazione, comunicazione*, Roma, Astrolabio, 1976.
- [19] P. Watzlawick: *La realtà inventata. Contributi al costruttivismo*, Milano, Feltrinelli, 1981.
- [20] P. Wallace: *The Psychology of the Internet*, Cambridge University Press, 1999, 2016. Trad. it. della nuova edizione: *La psicologia di Internet*, Milano, Cortina, 2017.
- [21] M. Castells: *The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business, and Society*, Oxford University Press, 2001.
- [22] E. Qualman: *Socialnomics: How Social Media Transforms the Way We Live and Do Business*, Wiley, 2012.
- [23] M. Gladwell: *Il punto critico. I grandi effetti dei piccoli cambiamenti*, Milano, Rizzoli, 2000.
- [24] J. Surowiecki: *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few*, Anchor Books, 2005.
- [25] M. Nielsen: *Le nuove vie della scoperta scientifica. Come l'intelligenza collettiva sta cambiando la scienza*, Torino, Einaudi, 2012.
- [26] A. Luvison: La crittografia, uno snodo cruciale per la cybersicurezza, *Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT*, anno XV, n. 63, aprile 2016, pp. 1-20, http://mondodigitale.aicanet.net/2016-2/articoli/01_La_crittografia_uno_snodo_critico_per_la_cybersicurezza.pdf
- [27] G. Sarcina: Agnotologia. Tre regole contro l'ignoranza, *la Lettura* #268, 15 gennaio 2017, pp. 46-47.
- [28] A.-L. Barabási: *Lampì. La trama nascosta che guida la nostra vita*, Torino, Einaudi, 2011.
- [29] M. Andreessen: Why software is eating the world, *The Wall Street Journal*, 20 agosto 2011, <http://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460>
- [30] C. Buyukkoc, A. Manzalini, L. Peterson: From 4G to the 5G era, *Notiziario Tecnico TIM*, anno 25, n. 1, 2016, <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2016/n-1-2016/capitolo-2.html>
- [31] P. Domingos: *L'algoritmo definitivo. La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo*, Torino, Bollati Boringhieri, 2016.
- [32] S. B. McGrayne: *The Theory That Would Not Die: How Bayes' Rule Cracked the Enigma Code, Hunted Down Russian Submarines, and Emerged Triumphant from Two Centuries of Controversy*, Yale University Press, 2012.
- [33] *Artificial Intelligence and Life in 2030: One Hundred Year Study on Artificial Intelligence - Report of the 2015 Study Panel*, settembre 2016, https://ai100.stanford.edu/sites/default/files/ai100report10032016fnl_singles.pdf
- [34] S. Hassler: Do we have to build robots that need rights?, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, p. 6, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7864739>
- [35] P. Fairley: Self-driving cars have a bicycle problem: Bikes are hard to spot and hard to predict, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, pp. 12-13, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7864743>
- [36] C. Laschi: Octo-bot - A robot octopus points the way to soft robotics, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, pp. 38-43, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7864755>
- [37] G. Roesler, P. Jaffe, G. Henshaw: Orbital mechanics, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, pp. 44-50, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7864756/>
- [38] D. Liang: Deep learning reinvents the hearing aid, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, pp. 32-37, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7864754>
- [39] B. Bryson: La manipolazione della verità, in *Notizie da un grande paese*, Milano, Guanda, 2017, pp. 334-338.
- [40] R. Ubell: MOOCs come back to Earth - Pedagogic reality is replacing early hype, *IEEE Spectrum*, vol. 54, n. 3, marzo 2017, p. 22, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7864749>
- [41] M. Reeves, S. Levin, D. Ueda: The biology of corporate survival: Natural ecosystems hold surprising lessons for business, *Harvard Business Review*, vol. 94, n. 1/2, gennaio-febbraio 2016, pp. 46-55, <https://hbr.org/2016/01/the-biology-of-corporate-survival>
- [42] A. Luvison, G. Pirani: Metodologie sistemiche nelle telecomunicazioni, *Le Scienze*, vol. XVII, n. 98, ottobre 1976, pp. 9-15.
- [43] L. A. Wainstein, V. D. Zubakov: *Extraction of Signals from Noise*, Prentice Hall, 1962.
- [44] H. L. Van Trees: *Detection, Estimation, and Modulation Theory*, Pt. I-IV, Wiley, 1968, 1971, 2002.
- [45] S. Arbesman: *Overcomplicated: Technology at the Limits of Comprehension*, Current, 2016.
- [46] R. W. Hamming: *The Art of Doing Science and Engineering: Learning to Learn*, Gordon and Breach, 1997.
- [47] D. S. Landes: *La ricchezza e la povertà delle nazioni. Perché alcune sono così ricche e altre così povere*, Milano, Garzanti, 2002.
- [48] B. de Finetti: *Teoria delle probabilità. Sintesi introduttiva con appendice critica* (in 2 volumi), Torino, Einaudi, 1970. Trad. ingl.: *Theory of Probability: A Critical Introductory Treatment*, Wiley; vol. 1, 1974; vol. 2, 1975.

AEIT

Promuove il vostro business



- [49] E. Carrère: Alla ricerca dell'uomo dei dadi, in *Propizio è avere ove recarsi*, Milano, Adelphi, 2017, pp. 399-426.
- [50] C. Rugarì: *Medici a metà. Quel che manca nella relazione di cura*, Milano, Cortina, 2017.
- [51] R. Kurzweil: *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, Penguin Press, 2000.
- [52] R. Kurzweil: *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, Penguin Press, 2006.
- [53] M. Delvaux (Relatrice): *Relazione recante raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica (2015/2103(INL))*, Documento A8-0005/2017, 27 gennaio 2017, <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A8-2017-0005+0+DOC+XML+V0//IT>
- [54] E. Morozov: *Silicon Valley: i signori del silicio*, Torino, Codice Edizioni, 2016.
- [55] N. Carr: *Internet ci rende stupidi? Come la Rete sta cambiando il nostro cervello*, Milano, Cortina, 2011.
- [56] N. Carr: *La gabbia di vetro. Prigionieri dell'automazione*, Milano, Cortina, 2015.
- [57] A. Alter: *Irresistibile: The Rise of Addictive Technology and the Business of Keeping Us Hooked*, Penguin Press, 2017.
- [58] B. Bryson: Persi a Cyberlandia, in *Notizie da un grande paese*, Milano, Guanda, 2017, pp. 315-319.
- [59] Dossier Intelligenza artificiale - Auto senza guidatore, *Le Scienze*, n. 576, agosto 2016, pp. 38-55.
- [60] S. O'Connor: Il mio capo è un algoritmo, *Internazionale*, anno 23, n. 1174, 7-13 ottobre 2016, pp. 44-49.
- [61] G. Antonelli: *Un italiano vero. La lingua in cui viviamo*, Milano, Rizzoli, 2016, pp. 141-144.
- [62] J. R. Wilcock: Aaron Rosenblum, in *La sinagoga degli iconoclasti*, Milano, Adelphi, 1972, pp. 28-29.
- [63] N. Wiener: The machine age, Massachusetts Institute of Technology, dattiloscritto inedito, 1949, https://monoskop.org/images/3/31/Wiener_Norbert_The_Machine_Age_v3_1949.pdf
- [64] N. Wiener: Some moral and technical consequences of automation, *Science*, vol. 131, n. 3410, 6 maggio 1960, pp. 1355-1358, <http://www.nyu.edu/projects/nissenbaum/papers/Wiener.pdf>
- [65] F. Faggin: Sarà possibile fare un computer consapevole? *Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT*, anno XIV, n. 61, dicembre 2015, pp. 1-13. <http://disf.org/files/computer-consapevole-faggin.pdf>
- [66] R. Montague: *Perché l'hai fatto? Come prendiamo le nostre decisioni*, Milano, Cortina, 2008.
- [67] P. Gallina: *L'anima delle macchine. Tecnodestino, dipendenza tecnologica e uomo virtuale*, Bari, Dedalo, 2015.
- [68] J.-C. Forest: *Barbarella* (edizione integrale), Napoli, Comicon Edizioni, 2016.
- [69] V. Braitenberg: *I veicoli pensanti. Saggio di psicologia sintetica*, Milano, Garzanti, 1984.
- [70] V. Braitenberg: *I tessuti intelligenti*, Torino, Boringhieri, 1980.
- [71] M. Moravčík et al.: DeepStack: Expert-level artificial intelligence in heads-up no-limit poker, *Science*, 2 marzo 2017, <http://science.sciencemag.org/content/early/2017/03/01/science.aam6960>
- [72] P. Pozzi: La macchina è antiquata, in G. Pacifici: *Le maschere del male. Una sociologia*, Milano, FrancoAngeli, 2015, pp. 215-257.
- [73] R. Lucky: Are engineers designing their robotic replacements? *IEEE Spectrum*, vol. 53, n. 5, maggio 2016, p. 27, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7459115>
- [74] M. Ford: *Il futuro senza lavoro. Accelerazione tecnologica e macchine intelligenti. Come prepararsi alla rivoluzione tecnologica in arrivo*, Milano, il Saggiatore, 2017.
- [75] R. Dahl: Lo scrittore automatico, in *Tutti i racconti*, Milano, Longanesi, 2016, pp. 639-657.
- [76] T.H. Davenport, J. Kirby: Beyond automation: Strategies for remaining gainfully employed in an era of very smart machines, *Harvard Business Review*, vol. 93, n. 6, giugno 2015, pp. 58-65, <https://hbr.org/2015/06/beyond-automation>
- [77] D. Kahneman: *Thinking, Fast and Slow*, Penguin Press, 2012. Trad. it.: *Pensieri lenti e veloci*, Milano, Mondadori, 2012.
- [78] A. Bertolini: Robolaw. Regole e diritti certi per tutti nell'epoca di robot e umanoidi, *la Lettura* #266, 31 dicembre 2016, p. 7.
- [79] W.L. Winston: *Marketing Analytics: Data-Driven Techniques with Microsoft Excel*, Wiley, 2014.
- [80] F. Ferrero, L. Grossi, D. Roffinella, G. Girardi, A. Luvison: Nuovi paradigmi ICT e progetti cooperativi europei degli anni '80, *AEIT*, vol. 103, n. 10, ottobre 2016, pp. 42-51. http://www.aeit.it/aeit/edicola/aeit/aeit2016/aeit2016_07_cisa/aeit2016_07_riv.pdf
- [81] A. Magone, T. Mazali: *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Milano, Guerini e Associati, 2016.
- [82] S. Quintarelli: *Costruire il domani (Istruzioni per un futuro immateriale)*, seconda edizione, Loreto (AN), Antonio Tombolini Editore, 2016.

1 + 1 = 3

Ogni 2 pagine pubblicitarie a pagamento la 3ª è gratuita!

Per maggiori informazioni:

AEIT - Ufficio Centrale - Via Mauro Macchi 32, 20124 Milano Tel. 02 87389967 - Fax 02 66989023 aeit@aeit.it - www.aeit.it

L'utilizzo di droni per il monitoraggio automatico d'incidenti

Daniele Brevi, Guido Gavilanes, Riccardo Scopigno, Anooq Sheik *Istituto Superiore Mario Boella (ISMB)*
Andrea Molino *CSP*
Enea Bagalini *Politecnico di Torino*

In questo articolo viene presentata un'esperienza pratica di monitoraggio della *Smart City*, tramite un drone integrato nella rete veicolare cittadina. Il drone utilizza messaggi di *warning* geo-referenziati per scattare delle fotografie sul luogo di un incidente, mettendole a disposizione dei soccorritori

L'utilizzo degli *Unmanned Aerial Vehicle* - UAV ha avuto un grosso sviluppo negli ultimi anni, non solo per l'ambito militare ma anche per quello civile. Il motivo principale di questa crescita è dovuto agli avanzamenti tecnologici nel campo della sensoristica, dei sistemi di controllo del volo e delle batterie. Grazie a questi miglioramenti, questi sistemi vengono oggi utilizzati per operazioni di mappatura, per applicazioni legate all'agricoltura, per il controllo del territorio e delle infrastrutture critiche, ecc.

Inoltre, si sono affacciati sul mercato da pochi anni, UAV di piccola taglia meglio definiti come Micro-UAV (MAV). I vantaggi nell'utilizzo di questi velivoli sono l'agilità nelle manovre anche in spazi estremamente ridotti e la possibilità di decollo e atterraggio senza l'utilizzo di complesse infrastrutture. La durata di utilizzo è ancora limitata ma in continua crescita. Queste caratteristiche li rendono

particolarmente utili per servizi di sorveglianza o di consegna merci nell'ambito *Smart City*.

Parlando invece di *Smart Mobility*, uno dei temi caldi è legato alle comunicazioni tra veicoli. L'obiettivo principale di questa tecnologia è di migliorare la sicurezza dei guidatori. Questo filone di ricerca e sviluppo si sta avvicinando sempre di più al mercato tanto che alcuni veicoli montano già questo tipo di comunicazioni. Recentemente ANAS ha pubblicato un bando sulle *smart roads*, in cui, tra l'altro, viene richiesto di sperimentare un'infrastruttura di comunicazione fissa per le comunicazioni dirette con i veicoli.

Queste reti prendono il nome di *Vehicular Ad hoc Networks* - VANETS e il loro funzionamento è descritto, negli Stati Uniti, dalla famiglia di standard IEEE *Wireless Access in Vehicular Environments* - WAVE [1]. In Europa troviamo invece, sotto l'egida di ETSI *Intelligent Transport Systems* - ITS, il set di standard conosciuto come ETSI G5 [2]. Le due direttive sono molto simili e descrivono un ecosistema di standard creati per migliorare la sicurezza e l'efficienza dei veicoli sulle strade. L'idea sottesa è un continuo invio di informazioni (in real-time) sul veicolo e sulla sua dinamica in modo che, il guidatore (o il veicolo autonomo) possa avere una conoscenza precisa di tutti i veicoli nelle vicinanze, nonché di informazioni relative allo stato delle strade, ecc. Queste informazioni dovranno poi essere utilizzate in maniera intelligente dal veicolo, in modo da creare applicazioni utili al guidatore quali sistemi anticollisione, *warning*, *re-routing* in base alle condizioni di traffico, ecc. Nel caso di veicolo autonomo saranno utilizzate per agire automaticamente, fondendo queste informazioni con quelle degli altri sensori presenti a bordo.

In Europa ETSI definisce per questi scopi due tipologie di messaggi chiamati *Cooperative Awareness Messages* - CAMs [6] e *Decentralized Environmental Notifications Messages* - DENMs [7].

Più in dettaglio, i messaggi CAM vengono inviati periodicamente in broadcast (ovvero dal mittente a tutti i destinatari nel suo raggio di copertura) da ogni veicolo e contengono una fotografia, dello stato del veicolo stesso, nel momento dell'invio del messaggio. Ad esempio, il messaggio contiene un codice identificativo e informazioni relative alla sua dinamica (posizione, velocità, accelerazione, direzione, angolo di sterzata e condizioni dei freni). I messaggi DENM, sono invece inviati in maniera asincrona per notificare un evento imprevisto come un incidente o una frenata improvvisa. Il messaggio ETSI ITS DENM specifica una serie di possibili anomalie che sono mappate su due codici (causa e sotto-causa) e contiene la posizione precisa dell'evento.

I veicoli vengono definiti da queste norme come generiche "stazioni ITS". In questa visione un UAV non differisce molto da un normale veicolo, se non per la libertà di movimento su uno spazio tridimensionale. Inoltre, l'utilizzo dei MAV per applicazioni di sorveglianza del traffico è ideale grazie all'agilità di movimento e alla flessibilità di utilizzo. Un MAV ha la possibilità di posizionarsi velocemente su un obiettivo (ed eventualmente di seguirlo in maniera semplice) spesso più velocemente di qualsiasi veicolo di soccorso.

Per questo motivo l'integrazione di un drone in una rete veicolare, è un'operazione concettualmente interessante che apre nuovi scenari applicativi nell'ambito *Smart City*.

Un'ulteriore tecnologia considerata in questa sperimentazione è legata al mondo dei *Big and Open Data*. Oggi la possibilità di raccogliere dati ha raggiunto livelli impensabili fino a qualche anno fa. L'esplosione dell'*Internet of Things* - IoT sta incrementando esponenzialmente il numero di oggetti connessi, aumentando ulteriormente il numero di dati raccolti. Già oggi il mondo dell'IoT e quello dei veicoli connessi stanno convergendo in una visione in cui il veicolo è uno dei *Things* maggiormente interessanti per la raccolta dati. Da qui il termine *Internet of Vehicles* - IoV, tema che è stato recentemente oggetto di un finanziamento da parte dell'Unione Europea per la realizzazione di un *Large Scale Pilot* dedicato a questo argomento (si veda la call IoT1-Pilot 5 [8]).

I dati raccolti possono essere messi a disposizione in modalità *open*. Le iniziative di quest'ultimo tipo sono spesso guidate dalla pubblica amministrazione. Da questo punto di vista la Regione Piemonte ha fatto da apripista e ancora oggi risulta una delle regioni con più dati *open* messi a disposizione dei cittadini [9].

Questi tre componenti: MAV, VANET e *open data*, sono stati utilizzati nel progetto *Live Inducement of Multimodality by Promoting the Internet of Data - LIMPID*, finanziato dalla Regione Piemonte, per realizzare un *Proof of Concept* di una soluzione automatica di monitoraggio e sorveglianza del traffico basato su micro-droni. Nel resto dell'articolo verrà dettagliato il caso d'uso applicativo e spiegati i dettagli implementativi dello scenario di riferimento.

Scenario di riferimento

Un drone si muove in ambito cittadino svolgendo una generica azione di sorveglianza o si trova fermo in una posizione determinata (ad es., una stazione di Polizia). A un certo punto avviene un incidente nelle vicinanze e i veicoli coinvolti iniziano, come da standard, a inviare messaggi DENM. Il drone, grazie a un apposito ricevitore radio, riceve l'informazione, la decodifica e si reca sul luogo dell'incidente (grazie alla posizione GPS presente nel messaggio ricevuto). Una volta arrivato sull'obiettivo, il drone scatta alcune foto e le invia, attraverso la rete cellulare, a un centro di raccolta di dati (*open*). Il dato può così essere utilizzato da un operatore specializzato per decidere, ad esempio, di inviare dei soccorsi.

In un secondo momento i dati raccolti possono essere aggregati e presentati in maniera georeferenziata a un decisore pubblico. In questo modo si coadiuvano eventuali politiche di pianificazione urbana, ad esempio intervenendo su un incrocio in cui gli incidenti si verificano sempre secondo modalità simili.

Related work

Le VANET, meglio conosciute come comunicazioni V2x (ovvero tra veicolo e veicolo - V2V, o tra veicolo e infrastruttura - V2I) sono una realtà ormai consolidata. Anche a livello europeo sono già stati finanziati i *Large Scale Pilot* in cui sono state testate in maniera estensiva le possibilità di questa tecnologia. Negli Stati Uniti già da diverso tempo si discute della possibilità di rendere queste comunicazioni obbligatorie su tutti i nuovi mezzi. Il 2018 potrebbe essere l'anno della svolta, soprattutto se si considera il grande interesse dimostrato dal governo Trump per l'ammodernamento delle infrastrutture di trasporto. Il grosso problema del V2x infatti, è legato al tasso di penetrazione. Maggiore è il numero di veicoli (o unità a bordo strada) equipaggiati, maggiore sarà l'effettivo utilizzo e quindi la conseguente diminuzione di incidenti e, più in generale, l'efficacia di funzionamento di applicazioni basate su questo canale di comunicazione.

L'utilizzo di droni per applicazioni molto diverse tra loro, è stato uno degli argomenti di ricerca più discussi degli ultimi cinque anni. Il drone rappresenta un vettore innovativo, capace di trasportare sensori, videocamere e (ultimamente) anche attuatori. I due campi di applicazione che hanno mostrato maggior successo sono il monitoraggio ambientale (in particolare nel settore agricolo) e le tematiche di *safety/security*. Dal punto di vista della ricerca si lavora sulla sicurezza nel volo e sullo sviluppo di *payload* adatti a specifiche applicazioni. Sul primo argomento molti articoli si riferiscono alla *failure analysis* in particolari condizioni di lavoro [10]. Per quanto riguarda il *payload* si studiano nuovi tipi di sensori per le più diverse applicazioni, nonché algoritmi più sofisticati per l'analisi dei dati raccolti sia in *real-time* che in *post-processing* [11].

L'utilizzo di droni per il monitoraggio del traffico è un settore di ricerca molto promettente. Esiste inoltre una già consolidata letteratura su questo campo che arriva dal settore avionico. Infine, il grande sviluppo degli algoritmi di *image processing* è un altro mattone che permette un utilizzo intelligente dei droni. Si pensi, ad esempio, di poter conteggiare automaticamente il numero di veicoli in una certa area [3] per stimare il traffico o per il controllo della posizione dei parcheggi liberi.

La soluzione proposta: dettagli tecnici

In questo paragrafo verranno delineate le scelte architettoniche per la realizzazione del sistema descritto. Gli attori principali sono un veicolo e un drone (in particolare un MAV), entrambi equipaggiati con un sistema di comunicazione V2x basato sullo standard ETSI G5. Il drone ha la possibilità di comunicare con il sistema centralizzato per il salvataggio dei dati tramite una connessione cellulare. Le schede di comunicazione sono fornite da ISMB che ha anche sviluppato il software per la codifica, l'invio e la decodifica dei messaggi standard (CAM e DENM) scambiati. La soluzione ISMB è completamente sviluppata *in-house* e *compliant* con lo standard ETSI G5 ma, allo stesso tempo, permette una completa adattabilità a nuove sperimentazioni.

Il drone, comprensivo del software per decollo, spostamento automatico e atterraggio è fornito da CSP, in collaborazione con Politecnico di Torino.

Il MAV in oggetto può caricare solo carichi leggeri, si è quindi scelto di equipaggiarlo nel seguente modo:

- un sistema *embedded* per la gestione della dinamica del volo;
- un sistema *embedded* per la gestione delle co-

municazioni (V2x e cellulare);

- una fotocamera per le riprese fotografiche.

Come meccanica si è scelto un semplice quadricottero classe 560 mm che ospita 4 motori elettrici da 350 W. Il controllo di potenza è svolto da un *Electric Speed Controller* - ESC da 30 A, alimentato da una singola batteria al litio 4C.

Il sistema drone

Il sistema di controllo a basso livello del drone, di seguito definito come *Payload Management Board* - PMB, è basato sulla piattaforma commerciale Pixhawk prodotta dalla 3D Robotics. Il cuore del sistema è un processore Cortex M4F a 168 MHz corredato dal set classico di sensori utilizzati negli UAV per determinarne i parametri di posizione, velocità e accelerazione: accelerometro, giroscopio, magnetometro, barometro e ricevitore GPS. Il sistema di controllo del volo è basato sul firmware APMcopter che gestisce il controllo di basso livello del MAV. Questo include anche gli algoritmi di *sensor fusion*, che a partire dai dati grezzi di posizione GPS riescono a ottenerne un valore aumentato in accuratezza grazie all'integrazione dei dati degli altri sensori inerziali. Il sistema Pixhawk è stato scelto per la sua grande flessibilità, stabilità e possibilità di personalizzazione grazie anche al fatto di poter estendere il firmware che gestisce il controllo e i canali di input/output del sistema. Tale sistema, rilasciato in Open Source, infatti permette di inserire dei moduli software che possono essere eseguiti come task in parallelo agli altri già schedati nel sistema e permettere così rapide modifiche ed espansioni delle funzionalità accedendo alle strutture dati del controllore. Pixhawk utilizza nativamente il protocollo Mavlink, che rappresenta uno standard di fatto nelle comunicazioni e nell'interfacciamento di sistemi MAV, e permette il dialogo con altri elementi esterni come ad esempio i sistemi di Ground Station per la pianificazione e il controllo della missione del mezzo volante.

Mentre la parte di controllo è dunque demandata al sistema *real-time* del Pixhawk, sul drone è stata implementato anche un sistema di gestione della missione ad alto livello. Tale sistema, realizzato con una scheda standard Raspberry Pi, interagisce con il sistema di controllo ed esegue i compiti legati alla missione nel suo insieme, come ad esempio imporre particolari traiettorie e *pattern* nella missione e pilotare la ripresa di immagini nelle zone di interesse sorvolate. Tali immagini possono così essere inoltre "meta-datate" grazie ai valori di posizione ricavati a bordo del drone. Contrariamente allo stato attuale dei normali sistemi di volo dei MAV, nei qua-

li la gestione del volo è imposta direttamente dalla stazione di terra mediante l'invio in tempo reale o differito dei *waypoint*, il sistema LIMPID prevede quindi un *layer* intermedio di gestione che implementa una sorta di intelligenza distribuita e può rendere il drone autonomo nel fatto di calcolare nuove traiettorie in base allo stato della missione.

La scheda Raspberry Pi è connessa via Ethernet con protocollo UDP alla scheda *Communication Payload Board* - CPB, che si occupa di estendere le capacità di comunicazione wireless del drone. Il compito principale della CPB è quello di interconnettere il drone all'infrastruttura VANET, ricevere e interpretare i messaggi DENM che arrivano dalla rete e di conseguenza segnalare alla PMB il verificarsi di situazioni che richiedono un intervento sul payload o sul piano di volo del MAV. Anche la CPB è una *single board computer*, equipaggiata con un processore iMx6 a 1GHz e che monta un modulo WiFi Atheros (half-miniPCI) e un modem 3G/4G su canale USB. Il sistema utilizza una versione modificata del driver Atheros ath9k, che permette di implementare il networking V2X 802.11p. La scheda CPB è connessa alla PMB tramite un canale seriale.

Il risultato complessivo è il MAV descritto nella figura 1. Alcuni modelli di drone, quali elicotteri sono sta-

ti utilizzati nella sperimentazione, dimostrando la flessibilità della soluzione proposta e la capacità di adattarsi a sistemi di volo differenti.

Mission planning, configurazione ed esecuzione dei test

Il primo lavoro effettuato è stato quello di definire uno scenario operativo verosimile. Essendo un progetto di ricerca, e quindi sfruttando lo slancio che spinge a disegnare sistemi con un orizzonte temporale di applicazione più ampio, ci si è potuti muovere anche su ipotetici contesti che al momento non sarebbero consentiti dalle normative di volo vigenti [4].

Nel caso specifico ci si è focalizzati su un sistema di applicazione in ambito urbano, dove possono essere presenti anche edifici molto alti. Facendo riferimento alla figura 2 si può vedere che è prevista una zona di sosta/decollo/atterraggio denominata con la lettera "H". Come si può vedere, quattro possibili modalità di azioni sono state previste.

Negli scenari denominati a. b. e c. il drone rimane nel punto di

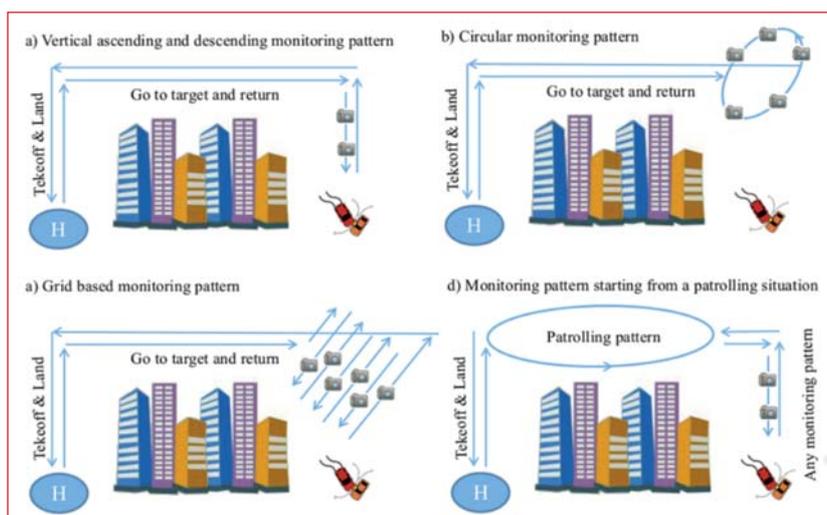


Figura 2
Diversi tipi di percorsi di monitoraggio

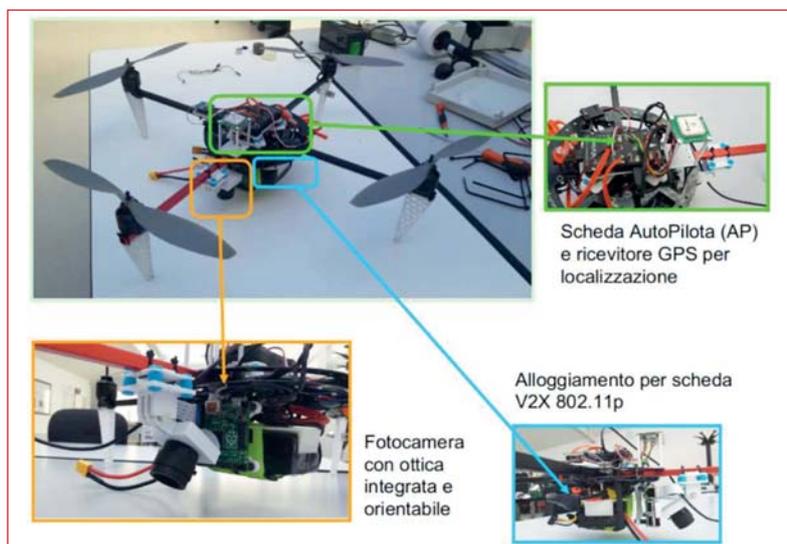


Figura 1
Principali componenti del MAV utilizzato nella sperimentazione

stazionamento “H” con i motori spenti ma con la logica di controllo e le schede CPB e PBM attive, e quindi logicamente connesse alla rete VANET, in attesa di ricevere pacchetti DENM con richieste valide per la zona di interesse monitorata. La situazione descritta in d) invece consiste nel far partire le missioni non da un punto fisso ma da una situazione in cui il drone esegue un percorso di vigilanza. Naturalmente questa situazione al momento risulta poco applicabile in pratica a causa della limitata autonomia operativa dei droni attuali, che però potrebbe nel prossimo futuro essere superata anche solo con l'utilizzo di un sistema ad ala fissa e non ad ala rotante.

Quando il drone dalla sua posizione “di riposo”, riceve la richiesta di una missione in una posizione valida e raggiungibile di una zona di interesse (ad es., il luogo di un incidente di auto), allora la missione di monitoraggio può partire. Il drone può acquisire le immagini della zona da monitorare effettuando diversi *pattern*. Tutti questi *pattern* possono essere parametrizzati e calcolati in tempo reale a bordo della PMB. Tra di essi, i tre casi di maggiore interesse che sono stati analizzati e implementati sono i seguenti:

a. *pattern* di discesa e ascesa verticale, con ripresa di immagini sul-

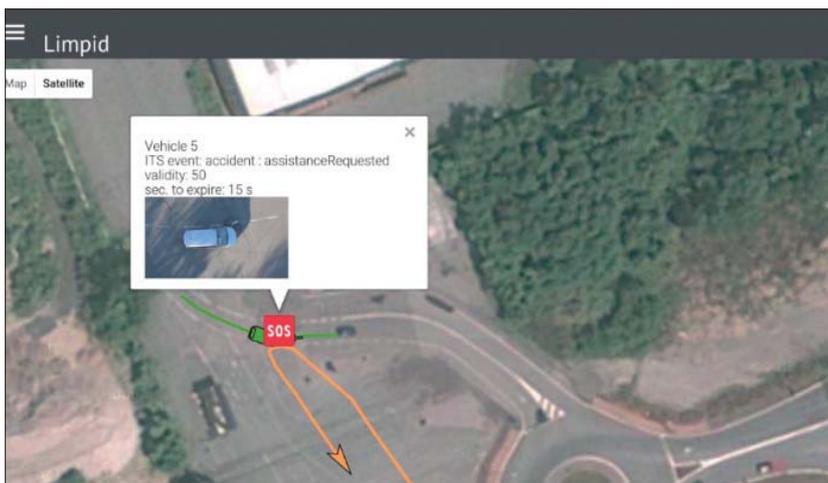
la stessa coordinata [lat, long] ma ad altezze differenti;
 b. *pattern* circolare tenendo come centro il punto di interesse;
 c. *pattern* tradizionale a griglia, tipico dei rilievi fotogrammetrici.

Nel progetto LIMPID la fase di raccolta requisiti ha comunque portato a concludere che il *pattern* di tipo a) rappresenta la soluzione più funzionale e con meno possibilità di interferire con oggetti e infrastrutture circostanti, andando anche a minimizzare il consumo di energia. Per questo motivo le valutazioni sperimentali sono state effettuate con questo setup.

La sperimentazione

La fase di sperimentazione non ha evidenziato particolari problematiche. Il drone è riuscito a integrarsi nella rete veicolare, a effettuare la missione stabilita e a inviare le fotografie al centro di controllo grazie al canale cellulare.

In particolare, ci si è concentrati sul range operativo, partendo da una stima (conservativa) di durata della batteria di 20 minuti. Imponendo al MAV una velocità di crociera di 15 m/s si può considerare un tempo netto di 12 minuti per il percorso “Go to target



▲ **Figura 4**

Sistema di visualizzazione dei dati geo-referenziati



◀ **Figura 3**

Immagine dell'incidente simulato come ripresa dal drone

and return". Nel caso in oggetto il volo è stato effettuato a un'altezza di 30 metri. In caso di ostacoli più alti (ad es., edifici) il numero può essere facilmente ricalcolato. Il setup permette anche di effettuare le azioni di decollo e analisi della zona dell'incidente. In particolare sono state prese diverse fotografie, ad altezza variabile, con un passo di 10 metri.

Dati questi numeri, si può stimare un'area di copertura del drone con un raggio di circa 5 km (equivalenti a 90 km²). Si noti che le comunicazioni veicolari hanno un range di trasmissione limitato (da poche centinaia di metri a circa 1 km). La presenza della comunicazione cellulare, permette di ricevere gli stessi messaggi su un canale con copertura ampia. In questo modo il canale veicolare può essere utilizzato per il rilevamento in *real-time* di problemi, ad esempio, durante il volo del drone. Se l'incidente avviene invece lontano dalla posizione del MAV (ma entro il suo raggio di azione) si può utilizzare il canale cellulare per l'invio del messaggio DENM.

In figura 3, si può vedere l'immagine dell'incidente catturata durante le fasi di sperimentazione. L'immagine acquisita permette una buona valutazione della dinamica dell'incidente stesso.

In figura 4, l'immagine è caricata, in maniera georeferenziata, sul visualizzatore sviluppato da ISMB per il progetto. La ricezione dei messaggi CAM permette anche di visualizzare il percorso dei veicoli coinvolti nell'incidente (un'auto e una bicicletta - in verde), nonché quello del drone (in arancione). Insieme all'immagine sono visualizzati anche alcuni campi del messaggio DENM. Anche in questo caso la soluzione è completamente adattabile alle esigenze specifiche.

L'utilizzo di componenti *off-the-shelf*, ha permesso una sperimentazione effettuata in tempi molto brevi e un peso finale del MAV comprensivo di tutto l'hardware necessario di 1.750 g.

Un video che presenta questo caso d'uso, più altri realizzati all'interno del progetto LIMPID, si può trovare al seguente link [5]. Il progetto è stato finanziato dalla Regione Piemonte (ROP ERDF 2007-2013) con il supporto finanziario del Governo Italiano

Conclusioni

La sperimentazione ha dimostrato, non solo la possibilità di integrare un drone all'interno della rete veicolare, ma anche la possibilità di realizzare un servizio che potrebbe migliorare la qualità dei soccorsi grazie alla disponibilità di informazioni dettagliate sull'incidente (foto e dati di tele-

metria). Il sistema LIMPID può essere facilmente esteso per supportare alti servizi.

Le principali barriere per la realizzazione di un servizio di questo tipo sono la durata delle batterie del drone e la regolamentazione sull'utilizzo di questi velivoli in ambito urbano. Se lo sviluppo dei droni continuerà come fino ad oggi, è facile ipotizzare il superamento di queste problematiche.

Questo lavoro è una dimostrazione della fattibilità che dovrà comunque fare i conti con i suddetti problemi. Si noti che nel già citato bando Anas (arrivato circa un anno dopo la fine del progetto LIMPID), oltre alle reti veicolari, si richiede anche di sperimentare l'utilizzo di droni per scenari di primo soccorso in caso di incidente. Lo scenario dimostrato riunisce quindi due servizi che, seppur separati, convivono oggi all'interno di un grosso bando pubblico, dimostrando quindi la possibilità che una situazione di questo genere potrebbe essere plausibile in un futuro non così lontano.

BIBLIOGRAFIA

- [1] 1609 WG - Dedicated Short Range Communication Working Group: https://standards.ieee.org/develop/wg/1609_WG.html
- [2] Automotive Intelligent Transport Systems: www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/automotive-intelligent-transport
- [3] G. Maria, E. Baccaglioni, D. Brevi, M. Gavelli, R. Scopigno: A drone-based image processing system for car detection in a smart transport infrastructure, *18th Mediterranean Electrotechnical Conference - MELECON 2016*, Limassol, Cipro, aprile 2016.
- [4] ENAC: Regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto", www.enac.gov.it/la_normativa/normativa_enac/regolamenti/regolamenti_ad_hoc/info-122671512.html
- [5] LIMPID project, smart mobility and Smart Data Net: <https://vimeo.com/156536073>
- [6] ETSI TS 102 637-2 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service: www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263702/01.02.01_60/ts_10263702v010201p.pdf
- [7] ETSI TS 102 637-3 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service: www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263703/01.01.01_60/ts_10263703v010101p.pdf
- [8] H2020 EU call on Large Scale Pilots: <https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/iot-01-2016.html>
- [9] Portale open-data della Regione Piemonte: www.dati.piemonte.it
- [10] L. Torrero, P. Mollo, A. Molino, A. Perotti: RF immunity testing of an Unmanned Aerial Vehicle platform under strong EM field conditions, *7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, aprile 2013.
- [11] L. Torrero, L. Seoli, A. Molino, D. Giordan, A. Manconi, P. Allasia, M. Baldo: *The Use of Micro-UAV to Monitor Active Landslide Scenarios*, Springer, Engineering Geology for Society and Territory, vol. 5, agosto 2014, pp. 701-704.

Smart Grid: analisi delle soluzioni LTE-MTC e NB-IOT

Samuela Persia, Luca Rea *Fondazione Ugo Bordoni*

Il recente sviluppo delle Comunicazioni M2M ha portato alla definizione di nuove soluzioni tecnologiche abilitanti, tra cui l'utilizzo della tecnologia LTE. In questo lavoro, sono stati studiati casi d'uso per servizi Smart Grid, al fine di individuare le caratteristiche delle future reti cellulari M2M

Le reti cellulari sono state tradizionalmente concepite per servizi voce e dati, oltre che per rispondere a un'ampia copertura geografica per le necessità delle comunicazioni degli utenti finali (*Human-to-Human communications* - H2H). L'aumento delle velocità di trasmissione dati per fornire servizi più sofisticati come video streaming ha portato negli ultimi anni a sviluppare dispositivi sempre più complessi, senza vincoli di consumo energetico.

D'altro canto, negli ultimi anni si è sviluppato un altro paradigma di comunicazione, noto come comunicazione *Machine-to-Machine* - M2M caratterizzato da esigenze opposte: basse velocità di trasmissione dati con conseguente occupazione di banda limitata, e consumo energetico molto ridotto, tale da dovere garantire una durata di almeno 10 anni della batteria [1].

Queste esigenze opposte rispetto al caso dell'utilizzo tradizionale delle reti cellulari, hanno contribuito alla nascita di soluzioni di sviluppo di infrastrutture mobili dedicato per l'*Internet of Things* - IoT. Tecnologie come ad esempio LoRa - *Low Range* [2] sembrano soluzioni adeguate per im-

plementare infrastrutture mobili dedicate per applicazioni IoT. Gli operatori di telecomunicazione preferiscono tuttavia utilizzare una rete cellulare esistente invece di svilupparne una nuova, e quindi promuovere l'ottimizzazione dell'utilizzo delle infrastrutture esistenti. In tale ottica, soluzioni per l'IoT che si basano su tecnologie consolidate come il GSM o di nuova generazione come l'LTE appaiono scelte tecnologiche promettenti, soprattutto considerando il fatto che le reti cellulari operano nello spettro licenziato e quindi sono in grado di mitigare in modo più efficace gli effetti di interferenza, specialmente in ambienti di propagazione particolarmente ostili dove tipicamente si trovano a operare i dispositivi M2M.

Per questo motivo, sia le comunità scientifiche che le alleanze industriali si sono interessate recentemente alla definizione di soluzioni per dispositivi a ridotta complessità, operanti sulla rete cellulare, in grado di rispondere ai requisiti di applicazioni M2M/IoT. In particolare, alcune semplificazioni della tecnologia LTE sono state proposte dall'ente standardizzatore 3GPP, per supportare le esigenze M2M/IoT proponendo dispositivi a basso costo, a più estesa copertura, e con ridotto consumo energetico [3]. Nello specifico nelle versioni recenti, i dispositivi più semplici sono stati proposti come "Category 1" (Release 11) e "Category 0" (Release 12), fino alla definizione di dispositivi con minore complessità per applicazioni M2M (Release 13), come ad esempio la soluzione *Machine-Type-Communication* per LTE (MTC-LTE), e *Narrow Band-IoT* per LTE (NB-IoT LTE). In particolare, la soluzione NB-IoT, utilizzando un'ampiezza di banda ridotta di soli 200 kHz rispetto all'estensione di banda di 1 MHz dell'MTC-LTE, permette di raggiungere un minore consumo di energia, e quindi preservare la durata della batteria ancora più a lungo.

L'analisi riportata in questo lavoro vuole dare una preliminare indicazione delle prestazioni dei nuovi dispositivi M2M proposti nelle Release 13, MTC-LTE e NB-IoT, per applicazioni Smart Grid.

L'articolo è organizzato come segue: partendo da una panoramica delle soluzioni proposte per le reti cellulari per applicazioni M2M, si affronta l'analisi delle prestazioni in termini di massima capacità raggiungibile dalle nuove tecnologie proposte dal 3GPP per diversi casi d'uso. Dalla valutazione dei risultati si delineano poi le principali conclusioni.

Reti cellulari per comunicazioni M2M

Le comunicazioni wireless trovano impiego in una

Va innanzitutto considerato che le comunicazioni M2M/IoT sono caratterizzate da diverse esigenze di copertura e di prestazioni (come requisiti differenti di velocità di trasmissione dati o di latenza) che dipendono strettamente dall'applicazione (Figura 1). Per rispondere a queste esigenze, è possibile distinguere due diversi tipi di soluzioni in grado di garantire la connettività in ampie zone geografiche (*Wide Area Network*).

- *Tecnologie Cellulari*: tecnologie basate sullo standard 3GPP come GSM, WCDMA, LTE e la rete di futura generazione 5G. Queste tecnologie operano su spettro licenziato e originaria-

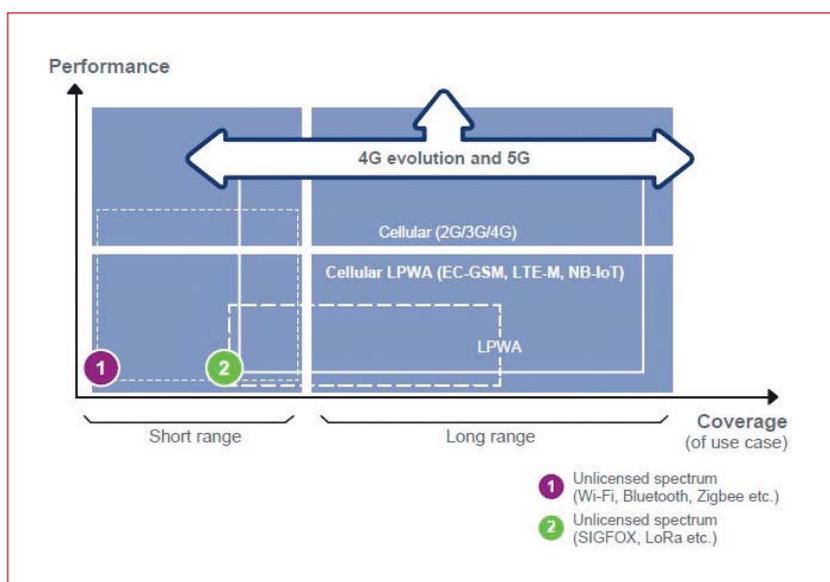


Figura 1

Tecnologie per applicazioni M2M-IoT

vasta gamma di applicazioni, tra cui applicazioni per Smart Grid, quali: raccolta dati dai contatori intelligenti, *smart meter*, la gestione dei carichi, il telecontrollo delle sottostazioni della rete di distribuzione, il monitoraggio e la protezione della linea di alimentazione, eccetera. In questo contesto, il paradigma M2M rappresenta il fattore abilitante per promuovere servizi sempre più innovativi, grazie alla disponibilità dei dati "quasi" in tempo reale. Tra i possibili servizi innovativi che si possono promuovere, hanno assunto recentemente maggior rilievo quelli basati sull'acquisizione periodica dei dati dei consumi degli utenti, utilizzando il sistema *Advanced Monitoring Infrastructure* - AMI, ossia il sistema di monitoraggio avanzato che tramite l'acquisizione dei dati dal "contatore intelligente" o comunemente indicato come *smart meter*, permette così non solo di monitorare ma anche di prevedere lo stato della rete elettrica. In realtà, affinché ci sia una reale implementazione di questi servizi risulta necessario risolvere alcuni problemi ancora aperti nelle comunicazioni M2M, soprattutto in previsione della crescita esponenziale di dispositivi connessi nel prossimo futuro [4].

mente pensate per traffico vocale e dati di alta qualità. Le recenti soluzioni proposte per il tipico traffico M2M basate sia sulla tecnologia GSM, sia su la tecnologia LTE permetteranno di semplificare le funzionalità in linea con il paradigma IoT e al tempo stesso di garantire la qualità di comunicazione che contraddistingue le reti cellulari.

- *Reti Proprietarie*: nuove tecnologie radio basate su soluzioni proprietarie, come ad esempio la soluzione LoRa o SigFox, sviluppate e progettate esclusivamente per applicazioni *Machine-Type-Communication* - MTC, per applicazioni che richiedono l'implementazione di dispositivi poco costosi ed esigenze minime di funzionalità o di affidabilità. Pertanto sono soluzioni adatte per un massivo impiego di dispositivi poco complessi e a ridotta *Quality of Service* di comunicazione (*Low QoS*).

La scelta di quale delle due possibili tecnologie risulti più adatta, come già ricordato, è correlato alla particolare applicazione/servizio da implementare.

In generale, è da osservare che le tecnologie cel-

lulari offrono una copertura capillare con un elevato livello di scalabilità, in quanto le reti cellulari sono state concepite per gestire enormi volumi di traffico mobile a banda larga, per cui il traffico M2M proveniente dalle diverse applicazioni è relativamente piccolo e di facile assorbimento. Inoltre, esse operano nello spettro licenziato e questo garantisce una gestione dell'interferenza controllata e prevedibile, permettendo così un uso efficiente dello spettro per supportare grandi volumi di dispositivi. Infine, le reti cellulari possono gestire diverse tipologie di applicazioni con diversi requisiti di QoS.

A tal proposito, si ricordi che, due differenti tipi di applicazioni MTC sono possibili: applicazione *Massive MTC* (cioè applicazioni con dispositivi a basso costo e capacità di connessione per grandi volumi di dispositivi) e *Critical MTC* (dispositivi più complessi con richiesta di comunicazione a elevata affidabilità). In particolare, le applicazioni *Critical MTC*, richiedono requisiti di qualità del servizio (QoS) da soddisfare con adeguati *Service Level Agreement - SLA* a lungo termine. Tali requisiti non possono essere raggiunti utilizzando tecnologie *Low Power Wide Area - LPWA* in quanto queste ultime sono specificamente pro-

gettate solo per applicazioni M2M *massive (delay-tolerant application)*.

Nella valutazione riportata in questo lavoro vengono considerati i tipici casi d'uso per applicazioni M2M per Smart Grid, quali i servizi di *Smart Metering* [6], che possono considerarsi come applicazioni *Massive*, caratterizzate da bassa velocità di trasmissione (qualche kbit/s), basso costo, basso consumo di energia, e caratterizzati da una distribuzione di una grande quantità di dispositivi nel territorio dovuti al collegamento di contatori alla rete elettrica.

I principali attori coinvolti nel sistema di comunicazione sono riportati in figura 2, dove le comunicazioni M2M riguardano principalmente i seguenti segmenti.

- *End User Network (Home Area Network - HAN)* - rete di comunicazione tra i dispositivi dell'utente finale e lo *smart meter*. Questa rete potrebbe essere realizzata tramite connessione radio (RF), rete *Power Line Carrier - PLC*, o rete cellulare;
- *Last Mile Network (Wide Area Network - WAN)* - rete di comunicazione tra lo *smart meter* e il punto di accesso per acquisizione dati verso il Centro di Controllo della rete di distribuzione elettrica. Questa rete potrebbe essere realizzata

Figura 2 ►

Architettura di rete di comunicazione per M2M Smart Grid Applications

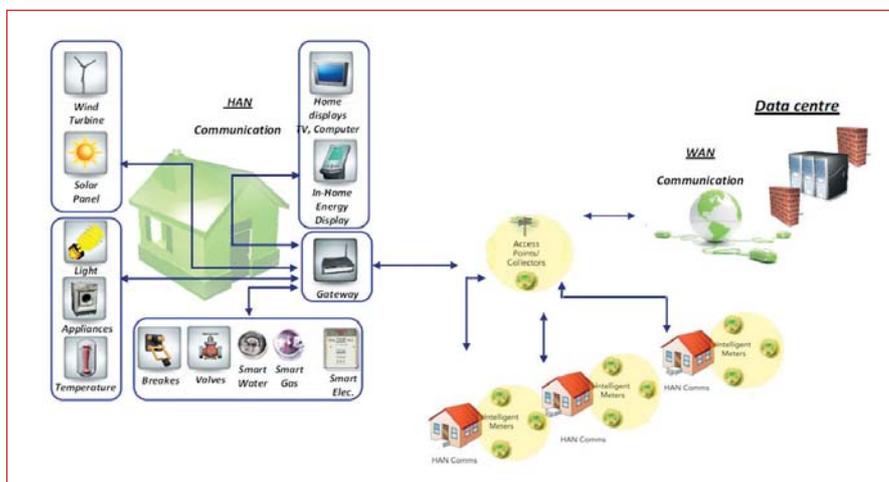


Tabella 1 - Evoluzione LTE verso la riduzione della complessità per comunicazioni M2ME

LTE	Release				
	Rel 8	Rel 11	Rel 12	Rel 13	Rel 13
	Cat 4	Cat 1	Cat 0	Cat 1.4 MHz	Cat 200 MHz
Down	150 Mbps	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	200 Mbps
Up	50 Mbps	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	144 Mbps
Antennas	2	2	1	1	1
Duplex	Full	Full	Half	Half	Half
UE W	20 MHz	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	200 MHz
P _{Tx}	28 dBm	23 dBm	23 dBm	20 dBm	23 dBm

considerando diverse soluzioni, sia tramite rete pubblica (*Public Cellular Network*) sia tramite rete privata (*Private Network*) attraverso soluzioni fisse (fibra ottica) o mobili (wireless).

Come già accennato, le soluzioni basate su reti cellulari appaiono più adatte in termini di interferenza, capillarità e capacità rispetto alle soluzioni proprietarie. Per questo, ci concentriamo sul caso delle soluzioni M2M basate su la rete pubblica LTE e come siano in grado di rispondere ai requisiti dei servizi energetici. Le principali caratteristiche delle tecnologie M2M-LTE [7-9] sono fornite nella Tabella 1.

Analisi della capacità

L'analisi della capacità è stata affrontata per due tipici casi d'uso che sono:

- *Low Data Rate Application*, applicazioni quali acquisizione dati dallo *smart meter*, per cui il modello di traffico può variare da 2.000 byte ogni 3 ore a 128 byte ogni 1 minuto. Significa considerare un tasso di dati massimo necessario $\approx 2 \div 17$ bit/s;
- *High Data Rate Application* come il monitoraggio *smart meter* per lo sviluppo di servizi ener-

getici avanzati, per i quali il modello di traffico può essere di circa 8.000 byte ogni 1 secondo. Significa considerare una velocità dati massima necessaria ≈ 64 kbit/s;

Per ottenere un'analisi delle prestazioni, sono stati presi in considerazione due scenari di distribuzione del sistema come definito in [10]: urbano ed extraurbano; questi sono gli scenari più rappresentativi per reti cellulari per valutazioni di capacità. Al contrario, in ambiente rurale è ragionevole assumere, a causa delle basse dispositivi collegati per area, che il numero totale di HU (*House Unit* - Unità di abitazione) per cella rimane alla portata della capacità della stazione base nella situazione tradizionale (cioè solo quando il traffico H2H viene preso in considerazione), e quindi esula la nostra trattazione.

L'analisi della capacità viene valutata in termini di numero massimo di dispositivi N , che può essere servito in un tempo assegnato T , e viene valutata in relazione del tasso reale di trasmissione dati per cella DR_{cell} e la dimensione del payload, P_{app} , del traffico di dati:

$$D = \frac{DR_{cell} T}{P_{app}}$$

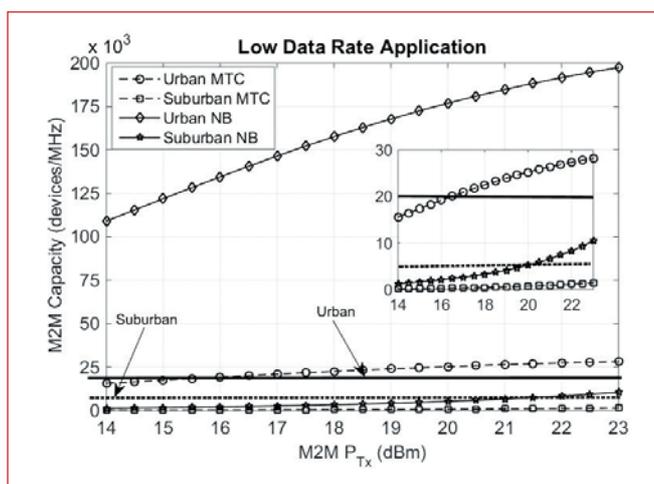


Figura 3

Valutazione di capacità per applicazioni Low Data Rate secondo dati del censimento USA 2010

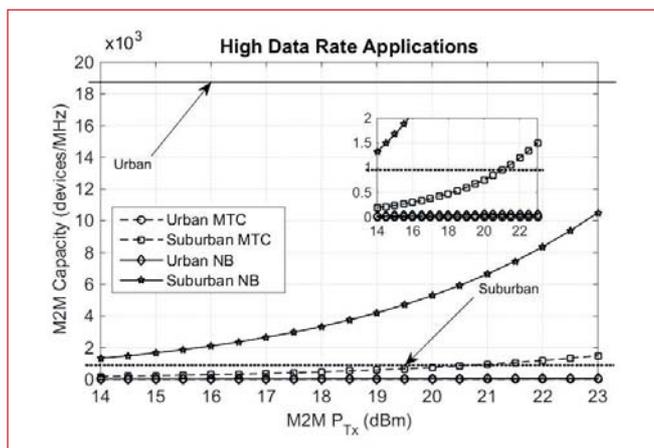


Figura 4

Valutazione di capacità per applicazioni High Data Rate secondo dati del censimento USA 2010

Pertanto, la valutazione del numero N dipende dalla effettiva DR_{cell} tenendo conto della presenza non solo del traffico "Smart Grid" causato dai dispositivi M2M, ma anche della presenza del traffico "Utente" tradizionale che potrebbe compromettere la velocità effettiva dei dati per i servizi Smart Grid. Per la nostra analisi consideriamo un tipico modello LTE 5MHz-Cell [11] con una larghezza di banda suddivisa in $N_{RB} = 25$ Resources Blocks - RBs operante a 2 GHz, per cui si ha:

$$DR_{cell} = \sum_{n=1}^{N_{RB}} \frac{B}{N_{RB}} \log_2(1 + \overline{SINR}_{u,n|T}) = B \log_2(1 + \overline{SINR})$$

Dove \overline{SINR} è il valor medio del rapporto Segnale Interferenza Rumore $SINR$ calcolato per un periodo di osservazione T . In realtà, stime accurate della distribuzione $SINR$ si ottengono attraverso procedure numeriche. I valori di riferimento del valor medio $SINR$ considerando il valor minimo a bordo cella per le nostre analisi sono riportati in [12-15].

Analisi dei risultati

Le prestazioni sono state valutate, considerando la densità di unità abitative per km, di $HU \approx 18.500$ per il caso urbano e di $HU \approx 1.000$ per il caso suburbano considerando i dati forniti dal censimento del 2010 in USA [16]. L'analisi è stata effettuata, in termini di numero massimo di dispositivi M2M connessi al variare della potenza massima M2M trasmessa, P_{Tx} .

Low Data Rate: in figura 3 si riporta l'analisi delle prestazioni dove si osserva che il numero minimo di dispositivi per il caso urbano è ampiamente raggiunto dalla tecnologia NB-IoT, mentre è possibile raggiungere la soglia utilizzando la soluzione

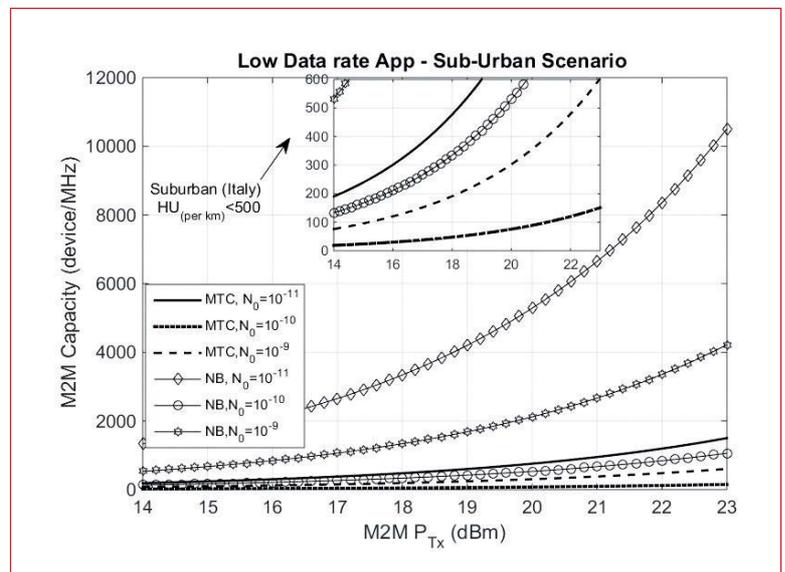
MTC solo per $P_{Tx} > 16$ dBm. Per il caso suburbano, il livello minimo di dispositivi connessi è garantito solo per la tecnologia NB per $P_{Tx} > 21$ dBm mentre la soluzione MTC sembra non essere in grado di raggiungere il livello minimo.

High Data Rate: valutazione riportata in figura 4 dove la soglia per il caso urbano non viene mai raggiunta per entrambe le tecnologie. Il livello suburbano è sempre raggiungibile per la tecnologia NB-IoT per tutte le potenze considerate, mentre per la soluzione MTC, il livello è raggiunto per $P_{Tx} > 21$ dBm, e quindi si può concludere che per gli scenari *High Data Rate* sono necessari ulteriori miglioramenti nella definizione dell'M2M perché è difficile raggiungere un'alta densità di dispositivi nel caso d'uso urbano.

Ricordiamo che la densità di dispositivi prese in considerazione si riferisce a dati statistici per i quali l'11% della popolazione è in regione urbana e il 30% della popolazione è nella periferia di regione, negli Stati Uniti. Queste statistiche possono variare in altre regioni geografiche (ad esempio in Italia, secondo l'Istituto Nazionale di Statistica - ISTAT, l'8% della popolazione è in regione urbana e il 58% della popolazione è nella periferia [17]) e quindi queste valutazioni possono, di conseguenza, essere riviste. In particolare, la densità HU in Italia è diversa soprattutto nello scenario suburbano. Per questo la valutazione della capacità M2M per il caso italiano è stato ripetuto per il caso suburbano dove è ragionevole considerare un valore di M2M da coprire per ogni km, di $HU < 500$ per cui per applicazioni *Low Data Rate* è possibile coprire tutti gli *smart meter* con entrambe le tecnologie (Figura 5). Nello specifico, le valutazioni per la stima sono state ripetute variando i valori di densità spettrale di rumore, e abbiamo trovato le

Figura 5

Valutazione di capacità per applicazioni Low Data Rate secondo dati del censimento Italia 2014



stesse conclusioni. Da queste considerazioni si può concludere che: per *Low Data Rate Application* (cioè meno di 1kbit/s) e bassa densità abitativa (cioè meno di 500 HU) anche la MTC-LTE può essere considerata come una soluzione adeguata. D'altra parte, quando il numero degli dispositivi M2M aumenta, le prestazioni della soluzione MTC-LTE non è più appropriata. La soluzione basata su NB-IoT è in grado di soddisfare le esigenze applicative M2M per tutte le situazioni considerate. Va comunque ricordato che, quando l'applicazione richiede più alte velocità di trasmissione dati, anche le prestazioni della soluzione NB-IoT subisce un degrado soprattutto in situazione di scenari di urbano denso.

Conclusioni

La tecnologia LTE è stata studiata per le applicazioni M2M per Smart Grid. Le soluzioni MTC-LTE e NB-IoT sono state confrontate, e per le applicazioni *Low Data Rate*, la tecnologia basata su NB-IoT sembra essere la soluzione migliore. Va però ricordato che per le valutazioni è necessario considerare la densità dispositivi M2M. Per la valutazioni proposte si è dapprima considerata la densità abitative in USA in scenari urbani e suburbani che hanno evidenziato conclusioni non replicabili in altre zone geografiche. Per questo le stesse valutazioni sono state ripetute in Italia, e si è trovato che anche la soluzione MTC-LTE può essere considerata nel contesto italiano, in relazione alla densità di dispositivi realmente dislocati nel caso reale. Prossimi studi riguarderanno valutazioni di confronto tra questi risultati con stime fornite tenendo conto modelli di propagazione *indoor* più dettagliati e considerando modelli di traffico avanzati con vincoli di latenza. La soluzione NB-IoT in effetti, data la larghezza di banda ridotta, potrebbe compromettere la capacità massima raggiungibile con requisiti di QoS. Un confronto consentirà di trovare un adeguato *trade-off* tra il numero di dispositivi connessi e requisiti di traffico massimo tollerabile per differenti livelli di QoS raggiungibili per differenti *Smart Energy Service*. Tali valutazioni permetteranno di fornire suggerimenti utili per la definizione della rete del prossimo futuro 5G, in grado di rispondere efficacemente alle necessità dei vari settori verticali, direttamente coinvolti nella nuova definizione della rete di comunicazione, come il settore energetico. Lo studio proposto vuole dare una prima indicazione dei requisiti necessari in termini di copertura e di carico minimo di traffico che la rete cellulare-M2M dovrà supportare per soddisfare gli innovativi servizi energetici del prossimo futuro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] K. Chen, S. Lien: Machine-to-Machine Communications: Technologies and Challenges, *Ad Hoc Networks*, vol.18, luglio 2014, pp. 3-23.
- [2] J. Petajarvi, K. Mikhaylov, A. Roivainen, T. Hanninen: On the coverage of LPWANs: range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology, *ITS Telecommunications (ITST), International Conference on*, Copenhagen, dicembre 2015.
- [3] 3GPP TR 37.869: *Study on Enhancements to Machine-Type Communication (MTC) and other Mobile Data Applications*, v.12.0.0., marzo 2013.
- [4] A. Osseiran, et al.: Scenarios for 5G Mobile and Wireless Communications: The Vision of the METIS Project, *IEEE Communication Magazine*, vol. 52, n.5, maggio 2014, pp. 26-35.
- [5] Ericsson White Paper: *Cellular Networks for Massive IoT*, gennaio 2016.
- [6] ETSI TR 102691 v.1.1.1: *Machine-to-Machine communications (M2M); Smart Metering Use Cases*, maggio 2010.
- [7] 3GPP TR 36.888: *Study on provision of low-cost Machine Type Communication (MTC) User Equipments (UEs) based on LTE*, v.12.0.0., giugno 2013.
- [8] 3GPP TR 23.887: *Study on provision of low-cost Machine Type Communication (MTC) and Other Mobile Data Applications Communications Enhancements*, v.12.0.0., dicembre 2013.
- [9] R. Ratasuk, A. Prasad, Z. Li, A. Ghosh, M.A. Uusitalo: Recent advancements in M2M communications in 4G networks and evolution towards 5G, *Conference on Intelligence in Next Generation Networks (ICIN 2015)*, Paris, Francia, Febbraio 2015.
- [10] 3GPP TR 25.814: *Physical Layer Aspects for Evolved UTRA*, v.2.0.0., giugno 2006.
- [11] 3GPP TR 37.868: *Study on RAN Improvements for Machine-type Communications; (Release 11)*, V11.0.0., settembre 2011.
- [12] A. F. Molisch: *Wireless Communication*, II ed., Wiley & Sons Ltd, 2011.
- [13] NIST Priority Action Plan 2 (PAP2): *Guidelines for assessing wireless standards for Smart Grid applications*, Technical Report, 2010.
- [14] R. Ratasuk, J. Tan, A. Ghosh: Coverage and Capacity Analysis for Machine Type Communications in LTE, *Conference on IEEE Vehicular Technology (VTC Spring 2012)*, Yokohama, maggio 2012.
- [15] S. Persia, V. Petrini, L. Rea, A. Valenti: Wireless M2M Capacity Analysis for Smart Grid Distribution Grids, *AEIT 2015*, Napoli, ottobre 2015.
- [16] NIST Priority Action Plan 2 (PAP2): *Guidelines for Assessing Wireless Standards for Smart Grid Applications*, Technical Report NISTIR 7761 rev. 1, giugno 2014.
- [17] Italian National Statistics Institute (ISTAT): *Annual Statistics Report*, dicembre 2014, disponibile su: www.istat.it/it/files/2014/11/C01.pdf

Analisi di connettività encefalica strutturale e funzionale

Giuseppe Baselli *Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano*

Niels Bergsland, Isa Costantini, Ottavia Dipasquale, Elisa Scaccianoce *Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano - MRI Lab, Fondazione don Gnocchi*

Marcella Laganà, Laura Pelizzari, Mario Clerici, Francesca Baglio *MRI Lab, Fondazione Don Gnocchi*

In questo lavoro sono comparati metodi e risultati in vista delle ricadute traslazionali e dell'applicabilità nella valutazione prospettica delle malattie neurodegenerative. Si sottolineano l'integrazione di metodi di analisi di immagini, segnali e dati

La ricerca mediante neuroimmagini ha dato un forte impulso alla neurofisiologia e alla neurologia e, attualmente, le modalità *Magnetic Resonance Imaging* - MRI anatomiche, microstrutturali e funzionali occupano una posizione primaria.

Le conoscenze si erano inizialmente focalizzate sulla specializzazione delle aree corticali, ma presto si sono aperte alla coordinazione del cervello operata dalla sua connettività. Lavori pionieristici (ad es., nella visione [1]) avevano dapprima evidenziato le capacità di integrazione di differenti aree e strutture. Di conseguenza, sforzi crescenti sono stati dedicati a questa sfida scientifica, che è ancora aperta e oggetto di intensa ricerca [2-3].

L'esplorazione dell'attività spontanea del cervello mediante *resting state functional MRI* - rsfMRI fornisce una visione unica della sua complessa coordinazione e connettività, ma solleva molti problemi di analisi relativi alla estrazione della *Functional Connectivity* - FC e la sua correlazione con la

Structural Connectivity - SC. I vari approcci possono andare dalla parcellazione corticale basata su conoscenze anatomiche funzionali a priori sino a metodi interamente guidati dai dati come sICA [4].

In studi su malattie neurodegenerative, il secondo approccio permette analisi non polarizzate anche in presenza di atrofia cerebrale e danno funzionale e anatomico esteso; tuttavia, sono necessari metodi per recuperare anche la connettività interna alle reti estratte da sICA e un riferimento anatomico ad aree specializzate, sia per l'interpretazione sia per correlare con la SC e la morfologia.

Questo lavoro offre una rassegna di alcuni metodi con particolare attenzione alle potenzialità traslazionali, focalizzando la valutazione clinica e il *follow-up* delle malattie neurodegenerative.

Metodi

Connettività funzionale - FC da parcellazione delle RSN

Metodi di separazione "cieco" delle sorgenti di segnale consentono di estrarre l'attività coordinata fra singoli voxel, ricavata dall'ampia mole di dati di una valutazione di rsfMRI: tipicamente decine di migliaia di voxel per centinaia di campioni temporali (periodo di campionamento 2-3 s). In particolare, sICA [4], privilegiando l'indipendenza spaziale fra pattern, estrae *Resting State Networks* - RSN riproducibili, coinvolte nelle principali attività integrative e sensori-motorie: ad es., la *Default Mode Network* - DMN e la rete sensori-motoria (*Sensory Motor Network* - SMN).

La normalizzazione spaziale dei singoli cervelli secondo un atlante comune (*Montreal Neurologi-*

cal Institute - MNI) consente di riferire al medesimo spazio il volume cerebrale di differenti soggetti, sia sani che patologici. L'operazione è particolarmente delicata in presenza di atrofia e/o lesioni e richiede pre-elaborazioni specifiche. Quindi, l'analisi sICA di gruppo fissa RSN di riferimento comuni a controlli e soggetti patologici.

Dopodiché, è possibile ricostruire le caratteristiche individuali delle RSN di gruppo mediante un processo di doppia-regressione (*dual-regression*): il primo passo estrae l'andamento temporale del contributo di ogni RSN di quel sogget-

La trattografia stocastica sfrutta l'informazione locale relativa ai moti di diffusione delle molecole d'acqua in relazione all'orientamento delle fibre neurali. Esplorando un gran numero di percorsi con metodo Monte Carlo, calcola la probabilità di connessione fra due regioni di interesse (*Regions Of Interest* - ROI). Il metodo si è rivelato adatto al nostro scopo per varie ragioni: a. due cluster locali possono essere considerati ROI, così da poter utilizzare per la SC la medesima topologia della FC; b. una valutazione di SC fuzzy anziché deterministica è meglio confrontabile con gli indici statistici che quantificano la FC; c. si può preve-

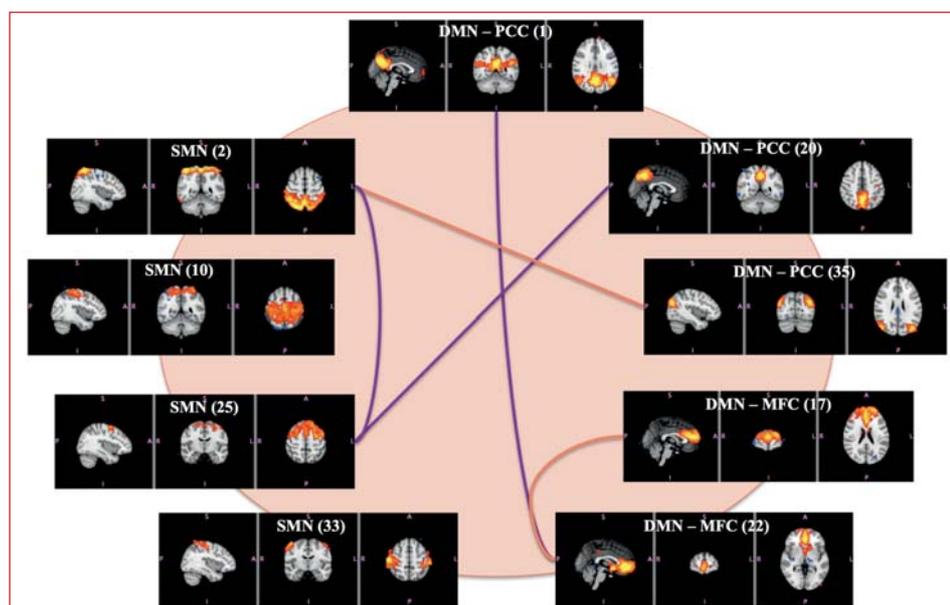


Figura 1

FC mediante sICA - spatial Independent Component Analysis *ad alta dimensionalità*. Rappresentazione grafica delle sottoreti della Default Mode Network - DMN e della network sensori-motoria (SMN). Le linee indicano una perdita significativa di connettività funzionale (FC) fra le due reti o al loro interno con contrasto Alzheimer (AD) vs controlli (HC) significativo ($p \leq 0.05$). Sono distinte le connessioni a breve distanza (rosso) e quelle a lungo raggio (viola)

to; il secondo le variazioni spaziali individuali delle RSN. In questo modo si apre la possibilità per ulteriori analisi di FC, dalla correlazione lineare sino alla estrazione di indici dinamici lineari e non-lineari.

Tuttavia, l'analisi di FC fra reti differenti perde la percezione delle dinamiche coordinate interne alle RSN stesse, là dove sICA aveva riconosciuto le interazioni più importanti. Per questo motivo, tale informazione è stata recuperata o tramite sICA ad alta dimensionalità [5], o mediante clustering localizzato [6], estraendo così dei nodi di grafi di connettività più dettagliati.

Connettività strutturale - SC

La SC si basa su scansioni di MRI diffusiva, che identifica i principali tratti di fibre che collegano le aree cerebrali. Un metodo di trattografia stocastica [7] ci ha permesso di quantificare la SC fra i medesimi nodi valutati tramite la FC, consentendo così un confronto diretto, sia su singoli soggetti che fra gruppi [6].

dere una più facile estensione a studi su cervelli patologici, nei quali la trattografia deterministica fallisce nel rilevare alcuni tratti a causa del loro danno strutturale.

FC, SC, e correlati morfologici

In parallelo a quanto sopra, i progressi nell'analisi morfologica della MRI anatomica hanno aperto una nuova visione della relazione fra strutture corticali e attività funzionale.

Si deve ricordare che lo studio delle strutture corticali si era confrontato con l'alto grado di variabilità soggettiva nella disposizione dei giri e dei solchi attraverso metodi di filtraggio (*smoothing*) e analisi statistiche a bassa risoluzione spaziale. Solo di recente si sono resi disponibili metodi di segmentazione della corteccia e delle strutture sottocorticali che consentono lo studio puntuale della morfologia soggetto-specifica, il che, a sua volta, permette di esplorare la correlazione con i danni di SC [9] e, in prospettiva, di FC.

Protocolli e risultati

Parcellazione delle RSN con ICA ad alta dimensionalità

La FC interna alle RSN è stata analizzata in 20 controlli sani (HC) e 21 pazienti affetti da malattia di Alzheimer (AD) mediante sICA ad alta dimensionalità (70 componenti). Queste componenti sono state classificate come sottoreti delle RSN classificate a bassa dimensionalità (25 componenti). In particolare, la DMN è stata separata in 5 sottoreti: 3 relative alla corteccia del cingolo posteriore (PCC) e 2 relative alla corteccia pre-frontale mesiale (MFC). La RSN sensori-motoria è stata scomposta in 4 sottoreti (Figura 1).

La correlazione dell'attività dinamica fra le sottoreti ha mostrato un danno significativo in AD ($p \leq 0.05$), non solo fra le due RSN ma pure all'interno di ciascuna di queste.

La divisione in sottoreti mostrata dalla sICA ad alta dimensionalità potrebbe essere il risultato di diversi fattori: le RSN che non vengono separate potrebbero essere a loro volta meno connesse ad altre, mentre altre più strutturate potrebbero rappresentare foci connettivi (*hub*), che svolgono una varietà di funzioni e che scambiano informazione con diverse RSN [10-11]. In tale contesto, si vede come l'AD colpisca selettivamente regioni *hub*, colleganti vari circuiti funzionalmente specializzati [12]. I nostri risultati, supportati da questi studi, suggeriscono che la sICA ad alta dimensionalità sia utile nell'individuare alterazioni indotte dall'AD mediante una parcellazione del tutto automatica delle RSN classiche in sottoreti, permettendo dunque una analisi delle correlazioni dinamiche non solo fra RSN ma anche tra le rispettive sottoreti.

Parcellazione di RSN con clustering locale: SC vs FC

In 19 HC, è stato utilizzato un clustering locale per separare la DMN (Figura 2) e le reti laterali sinistra (*Left Lateral Network* - LLN) e destra (*Right Lateral Network* - RLN) in 4 cluster ciascuna, ottenendo quindi 3 grafi con 4 nodi ciascuno [6]. Quindi, la FC e la SC sono state calcolate rispettivamente tramite correlazione lineare e trattografia stocastica, sia individualmente che sul gruppo. FC e SC hanno mostrato valori significativamente elevati sia nel gruppo che a livello individuale. Tuttavia, è stata riscontrata una correlazione positiva di gruppo (attraverso i lati dei grafi) e individuale (attraverso gli individui e i lati) solo nella LLN e la RLN, non nella DMN. È stato possibile quindi concludere che la FC non implica necessariamente una SC evidenziabile. La connes-

sione risultante dal punto di vista funzionale può infatti essere mediata da strutture indirette quali i nuclei encefalici profondi, specie in RSN di tipo associativo/integrativo come la DMN.

Gli aspetti innovativi di questo studio sono la parcellazione anatomica delle RSN e l'integrazione fra SC e FC attraverso un approccio multimodale.

Circa la parcellazione, il clustering locale permette di estrarre aree di RSN anatomicamente segre-

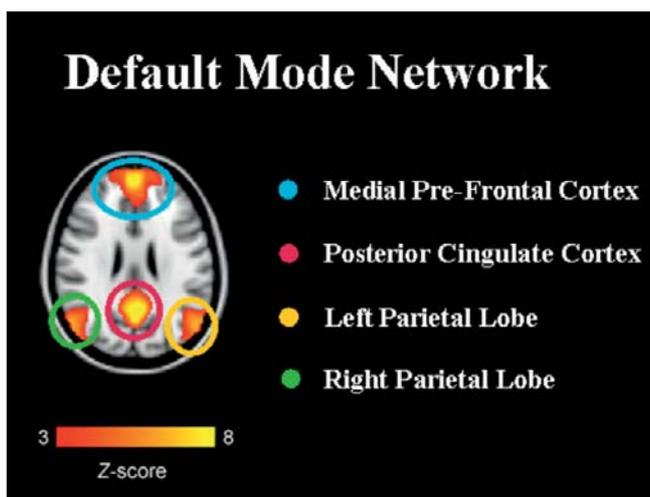


Figura 2 Default Mode Network - DMN. I cerchi evidenziano i cluster localizzati della DMN: blu, corteccia pre-frontale mesiale (Medial Pre-Frontal Cortex); rosso, corteccia del cingolo posteriore (Posterior Cingulate Cortex); giallo, lobo parietale sinistro (Left Parietal Lobe); verde, lobo parietale destro (Right Parietal Lobe)

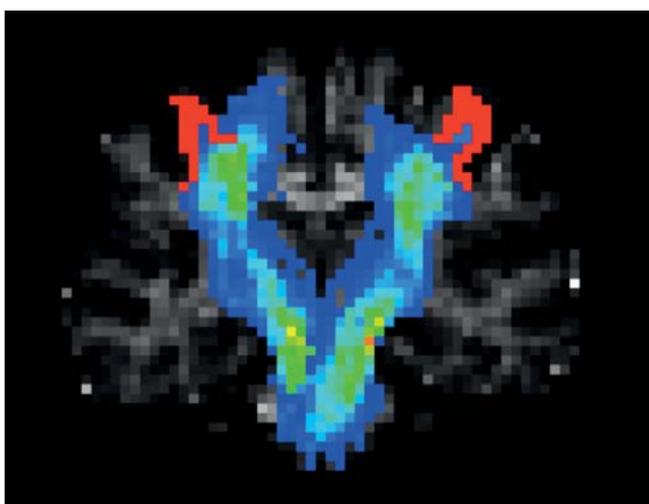


Figura 3 Atlante probabilistico del tratto cortico-spinale (CST, falsi colori verde-blu) sovrapposto alla mappa di anisotropia frazionaria (grigio) di un soggetto con sclerosi multipla recidivante-remittente (RRMS). I colori caldi indicano una maggiore probabilità di presenza del CST nel campione di controlli sani (HC). I giri pre-centrali, corrispondenti alla corteccia motoria primaria, sono evidenziati in rosso

gate. In tal modo, si può analizzare la FC fra aree differenti anche se appartenenti alla medesima RSN (Figura 2), superando così un limite dell'ICA che è attualmente considerata il più potente mezzo di separazione basato su statistica multivariata. La contemporanea localizzazione spaziale consente nuove interpretazioni legate alla specializzazione di strutture segretate.

Riguardo alla multimodalità, l'alta complessità del cervello umano richiede un'investigazione integrata e a vasto raggio. Inoltre, molte malattie neurodegenerative e disordini psichiatrici sono causati da alterazioni sia di FC che di SC, per cui considerare un unico aspetto sarebbe limitante.

In sintesi, questo nuovo approccio può essere un punto di partenza promettente per una migliore descrizione dei processi di evoluzione neurofisiologica. Inoltre, in ambito clinico potrebbe fornire un contributo alla comprensione di malattie encefaliche e della neurodegenerazione.

Caratteristiche Anatomiche Corticali e SC

In 30 HC e 51 soggetti affetti da sclerosi multipla recidivante-remittente (RRMS) è stato valutato il danno di un tratto cortico-spinale (in RRMS quello maggiormente lesionato, destro o sinistro; la media fra destro sinistro in HC) e la correlazione con la perdita di spessore della corteccia motoria primaria, a seguito di segmentazione puntuale della corteccia [9]. Poiché nei RRMS la trattografia può essere impedita da lesioni della materia bianca, un

atlante probabilistico è stato costruito da un campione di HC e registrato in modo non-lineare su ogni RRMS al fine di calcolare i parametri di diffusività nel CST interessato. Si è calcolata quindi la correlazione fra l'integrità micro-strutturale del CST e lo spessore della corteccia motoria primaria.

In RRMS, a differenza del gruppo HC, è stata trovata una correlazione moderata ma significativa fra un'aumentata diffusività nel CST (indicativa di danno micro-strutturale delle fibre) e un ridotto spessore della corteccia motoria. Di particolare interesse l'evidenza che il danno all'interno della cosiddetta "materia bianca apparentemente normale" è risultato maggiormente correlato alla perdita di corteccia rispetto a quello nelle lesioni conclamate. Si è così provata l'ipotesi di una relazione fra il danno corticale e la perdita di fibre causata dalla malattia.

Conclusioni

È stata presentata una rassegna di un ricco spettro di nuovi metodi atti a fornire una maggiore comprensione dei correlati struttura-funzione, pilastro della neurofisiologia, e una sonda unica dei meccanismi di danno cerebrale patologico.

Tuttavia, queste nuove conoscenze si fondano sull'integrazione di metodi di elaborazione di immagini, segnali e dati e richiedono validazioni mediante protocolli specifici al fine di essere tradotti in applicazioni cliniche efficaci.

BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Zeki, A. Bartels: Toward a Theory of Visual Consciousness, *Consciousness and Cognition*, vol. 8, 1999, pp. 225-259.
- [2] O. Sporns, G. Tononi, R. Kötter: The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain, *PLoS Computational Biology*, vol. 1, 2005, pp. 245-251.
- [3] R. Frackowiak, H. Markram: The future of human cerebral cartography: a novel approach, *Phil. Trans. R. Soc. B.*, vol. 370, 2015, pp. 1-13.
- [4] C. F. Beckmann, M. DeLuca, J. T. Devlin, S. M. Smith: Investigations into resting-state connectivity using independent component analysis, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, vol. 360, 2005, pp. 1001-1013.
- [5] O. Dipasquale, L. Griffanti, M. Clerici, R. Nemni, G. Baselli, F. Baglio: High-dimensional ICA analysis detects within-network functional connectivity damage of default-mode and sensory-motor networks in Alzheimer's disease, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 9, art. 43, 2015, pp. 1-7.
- [6] L. Pelizzari, E. Scaccianoce, M. M. Laganà, O. Dipasquale, I. Costantini, F. Baglio, G. Baselli: Correlation of Brain Structural and Functional Connectivity Indexes, *Proc. IEEE EMBC*, agosto 2015.
- [7] S. Khalsa, S. D. Mayhew, M. Chechlac, M. Bagary, A. P. Bagshaw: The structural and functional connectivity of the posterior cingulate cortex: Comparison between deterministic and probabilistic tractography for the investigation of structure-function relationships, *Neuroimage*, vol. 102, 2014, pp. 118-127.
- [8] B. Fischl, D.H. Salat, E. Busa et al.: Whole brain segmentation: automated labeling of neuroanatomical structures in the human brain, *Neuron*, vol. 31, 2002, pp. 341-55.
- [9] N. Bergsland, M. M. Laganà, E. Tavazzi, M. Caffini, P. Tortorella, F. Baglio, G. Baselli, M. Rovaris: Corticospinal tract integrity is related to primary motor cortex thinning in relapsing-remitting multiple sclerosis, *Mult. Scler.*, 2015.
- [10] S. Achard, R. Salvador, B. Whitcher, J. Suckling, E. Bullmore: A resilient, low-frequency, small-world human brain functional network with highly connected association cortical hubs, *The Journal of Neuroscience*, 26(1), 2006, pp. 63-72.
- [11] M. P. van den Heuvel, C. J. Stam, M. Boersma, H. Hulshoff Pol: Small-world and scale-free organization of voxel-based resting-state functional connectivity in the human brain, *Neuroimage*, 43(3), 2008, pp. 28-539.
- [12] R. L. Buckner, J. Sepulcre, T. Talukdar, F. M. Krienen, H. Liu, T. Hedden, J. R. Andrews-Hanna, R. A. Sperling, K. A. Johnson: Cortical hubs revealed by intrinsic functional connectivity: mapping, assessment of stability, and relation to Alzheimer's disease, *J. Neurosci.*, 29, 2009, pp. 1860-1873.

Internet of Things, la connettività per tutto

Michela Billotti, Enrico Maria Bagnasco TIM SpA

L'IoT genera più di una curiosità ed è uno slogan molto in voga, ma forse non sono evidenti tutte le implicazioni di questa innovazione. Questo articolo si propone di fare chiarezza, oltre che invitare a riflettere sui nuovi scenari di business e sulle trasformazioni industriali che queste soluzioni stanno abilitando

Se si pensa alle *black box* assicurative installate in Italia in più di 4 milioni di veicoli, ai sistemi di gestione flotte aziendali e commerciali che contano oltre 700.000 mezzi, ai contatori del gas che diventano connessi per trasferire automaticamente la telelettura al distributore, con circa due milioni di contatori oggi connessi, l'acronimo IoT (*Internet of Things*) diventa più chiaro. L'IoT è già fra noi, anche se non ce n'eravamo accorti. Oggi se ne parla anche al telegiornale, con lo slogan di Industria 4.0, che appare quasi tutti i giorni nelle cronache e fa parte di interventi mirati del Governo per il rilancio dell'economia industriale italiana. Ma la strada da percorrere è senz'altro più lunga di quella già percorsa.

Innanzitutto, IoT è un paradigma, è un modello di servizio. Alla base di tutto c'è la trasformazione degli oggetti (*things*) in *Smart Objects*, ovvero la combinazione di capacità di calcolo, di sensori e microprocessori e sistemi di comunicazione per rilevare un fenomeno fisico o un evento, e tra-

smettere informazioni su questo fenomeno a una piattaforma capace di ricevere il dato.

Utilizzando questo principio basilare in ogni ambito è possibile trovare un modello di funzionamento che trae beneficio dalla remotizzazione delle informazioni, consentendo dal semplice monitoraggio del corretto funzionamento al controllo remoto dell'automazione, alla rilevazione di anomalie e segnalazione di allarmi, alla prevenzione di malfunzionamenti o pericoli per la sicurezza delle persone.

È facile capire come si possa passare nei prossimi anni dai milioni di oggetti connessi ai miliardi e alle decine di miliardi previste dagli analisti di settore. È opportuno però mettere ordine in questo sconfinato universo, perché ogni ambito richiede una conoscenza specifica, delle tecnologie e sistemi di sensori adeguati, uno sviluppo applicativo che riesca a interpretare correttamente i processi operativi, i modelli di business e le esigenze di quel determinato settore. Ecco perché parliamo di settori verticali dell'IoT: quali *Automotive*, *Smart Metering*, *Smart City*, *Smart Vending*, *Smart Manufacturing*, *Smart Agriculture*, *Smart Asset Management* e *Smart Environment*. E ognuno di questi settori verticali ha una sua declinazione in applicazioni con sempre maggiore specificità.

Uno degli obiettivi che si possono raggiungere con l'IoT è quello di trasformare un processo tradizionale in processo digitale. Significa che l'esecuzione e il controllo di processo, oggi affidati a persone che si muovono sul campo, possono essere supportati dalla tecnologia e resi più efficienti. Un caso esemplificativo è quello del rifornimento di bevande in un distributore automatico, che oggi avviene tramite una visita quotidiana di un addetto che ha con sé un carrello carico di qualsiasi tipo di bevanda erogata dalla *Vending Machine*. Questi verifica - a vista - se manca qualche prodotto e quindi rifornisce la macchina. Con l'IoT, è invece possibile conoscere in antici-

po se quell'intervento sia o meno necessario, quali siano i prodotti che mancano o stanno per finire, e quindi operare in modo più mirato con risparmio di tempo e di denaro.

Un occhio alle tipologie abilitanti

Per supportare questa trasformazione abbiamo bisogno essenzialmente di 4 componenti:

- sensori da mettere negli oggetti per rilevare le informazioni e trasmetterle via radio;
- tecnologia wireless per trasmettere i dati verso le piattaforme abilitanti in grado di raccogliere i

Tabella 1 - Prospetto delle frequenze usate e requisiti di banda - Fonte: Heavy Reading		
Excerpt: Frequency Bands Used & Bandwidth Requirements		
Technology	Frequency Band(s) Used	Bandwidth Required
EC-GSM-IoT	Can be deployed in-band in any licensed GSM spectrum used by an operator: trials have taken place at 900 MHz	200 kHz
Ingenu	2.4 GHz (worldwide)	1 MHz per channel (eight channels used of 40 maximum available in 2.4 GHz band)
LoRaWAN	868 MHz (Europe, Middle East); 915 MHz (North America); 433 MHz (Asia)	125 or 250 kHz up, 125 kHz down (Europe); 125 or 500 kHz up, 500 kHz down (North America); Asian requirements still in development
LTE Cat-M (CAT-M1)	Can be deployed in-band in any licensed LTE spectrum used by an operator: 700, 900, 1700, 1800, 1900 and 2100 MHz are all likely early bands that will be used, but devices are expected to be available for use in most LTE bands used globally (from 700 MHz to 3.7 GHz)	1.4 MHz
NB-IoT	Can be deployed in-band in any licensed spectrum used by an operator. Devices are expected to be available for use in most bands from 700 MHz to 3.7 GHz. Can also be deployed in guard bands and using a standalone carrier in GSM spectrum (most likely in 900- and 1800 MHz bands).	180-200 kHz
Sigfox	868 MHz (Europe, Middle East); 915 MHz (North America); 920 MHz (South America, Australia, New Zealand)	100 Hz (UNB)
Weightless-P	All sub-GHz ISM bands (169, 433, 470, 780, 868, 915, 923 MHz)	12.5 kHz per channel

dati, organizzarli e renderli disponibili;

- applicazione che interpreti i dati e implementi processi di gestione (ad es., *billing* per le utilities, monitoraggio qualità dell'aria nelle *Smart City*) digitalizzati grazie alla connessione con gli oggetti

Nell'approccio di TIM e Olivetti, le parole chiave che governano lo sviluppo tecnologico delle soluzioni per l'IoT sono chiaramente due: *rete* e *piattaforma*. Data l'infinita varietà degli oggetti interconnessi, delle possibili applicazioni, degli scenari di impiego, il ruolo di un Telco provider nella catena del valore IoT è quello di predisporre soluzioni abilitanti per differenti mercati e differenti livelli di servizio (resilienza, latenza, *throughput*, disponibilità), dimensionalmente scalabili rispetto alla numerosità degli oggetti; inoltre queste soluzioni devono essere nativamente aperte all'integrazione con le tecnologie (sensori, applicazioni) di partner e clienti, e in grado di garantire interconnessione e interoperabilità. Con queste caratteristiche, una piattaforma IoT non può essere una soluzione *overlay*, necessariamente parziale, ma deve esse-

re integrata in un percorso di trasformazione delle tecnologie di rete nel loro complesso.

Attenzione agli standard

A livello di standard, con l'approvazione delle specifiche NB-IoT (giugno 2016), a cui anche TIM ha contribuito, il 3GPP ha aggiunto un ulteriore tassello alle potenzialità delle reti cellulari 2G, 3G e LTE per supportare molti degli attuali casi d'uso IoT, dal *metering* alla sensoristica ambientale, alla *Smart Manufacturing*. Rispetto a 2G, 3G, LTE lo standard garantisce maggiore possibilità di copertura a parità di potenza trasmessa, minore consumo delle batterie dei dispositivi grazie a una semplificazione delle procedure di segnalazione, migliore impiego dello spettro e nel contempo garantisce prestazioni interessanti per i dispositivi *not human*, dell'ordine di svariate centinaia di kbps. Ulteriori evoluzioni sono già in *roadmap* all'interno delle specifiche 5G, previste a più fasi nei prossimi anni, e costruite per supportare scenari di comunicazione a bassissima latenza (uLLC) e massiva (*massive MTC*) anche tramite una nuova interfaccia radio e nuove risorse spettrali. Questa vitalità della *Cellular Industry* non ci deve far dimenticare anche altre tecnologie, come WMBus, LoRA e Sigfox, che tuttavia non sono nativamente integrabili nella rete dell'operatore cellulare, in quanto sono proprietarie e operano in bande non licenziate, quindi più esposte a congestione e interferenza.

Analogo percorso sta caratterizzando l'industria automobilistica e la grande trasformazione in atto associata alla *connected car* e alla nuova frontiera dell'*autonomous driving*, che richiede una interazione profonda del veicolo non solo con il *cloud*, ma anche con l'ambiente (al riguardo ci sono recenti sviluppi dello standard LTE V2X in ambito 3GPP ed 802.11p da parte di IEEE).

Data la varietà delle applicazioni IoT, è comunque verosimile che nei prossimi anni ci sarà spazio per tecnologie wireless cellulari e non, e dunque a maggior ragione è importante l'interoperabilità dei dati raccolti. Su questa seconda dimensione, importanti risultati li sta avendo ONEM2M, il progetto congiunto di 8 enti di standardizzazione mondiali, tra cui ETSI, ARIB (Giappone), CCIA (Cina), TIA (Nord America) e 200 partners, tra cui TIM come Vice Chair, che si propone di definire degli standard di riferimento (*framework di interlavoro*) per la costruzione di piattaforme di servizio interoperanti. Nella sua Release 2, pubblicata nell'agosto 2016, vengono indirizzati aspetti cruciali come il modello e la semantica dei dati, la sicurezza del dato scambiato, i protocolli e le API di comunica-

zione tra differenti applicazioni, abilitando scenari di “networking applicativo” non solo tra differenti *solution providers*, ma anche tra domini applicativi differenti.

Uno scenario complesso e in grande evoluzione, che si associa a importanti opportunità di mercato anche in Italia. Secondo i dati dell'Osservatorio IoT del Politecnico di Milano si è registrata nel 2015 una crescita del mercato nazionale del 30%, arrivato a circa 2 B€, trainato da settori come lo *Smart Metering* (circa 1,5 milioni di contatori residenziali e industriali), e l'auto connessa (oltre 6 milioni di veicoli connessi).

In linea con il progressivo sviluppo degli standards, le soluzioni tecnologiche in sviluppo da parte TIM e Olivetti hanno pertanto l'obiettivo di favorire lo sviluppo di tutti questi comparti, senza puntare su soluzioni verticali per singole applicazioni e perseguendo un modello che sia economicamente sostenibile nello sviluppo dell'infrastruttura e nel contempo aperto a partners.

Un altro tassello essenziale è costituito dalla diffusione dello standard NB-IoT sulla rete cellulare LTE, tramite aggiornamenti SW delle stazioni radio già dispiegate, con un obiettivo di estensione della *capability* ad oltre il 90% della rete entro il 2017.

Con la diffusione della tecnologia e la disponibilità di chipset NB-IoT a basso costo e *pin-to-pin* compatibili con le precedenti versioni 2G e 3G si ritiene che il NB-IoT possa essere disponibile rapidamente su svariate tipologie di dispositivi. Alcuni di

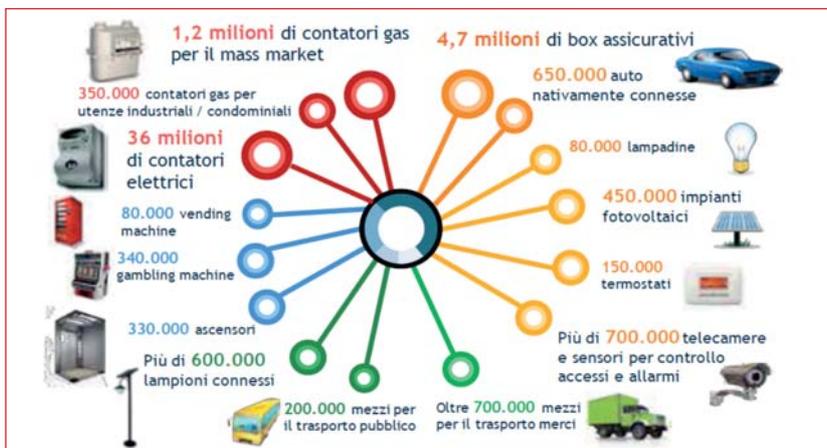


Figura 2

Il contesto italiano - Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano - dati 12/2015

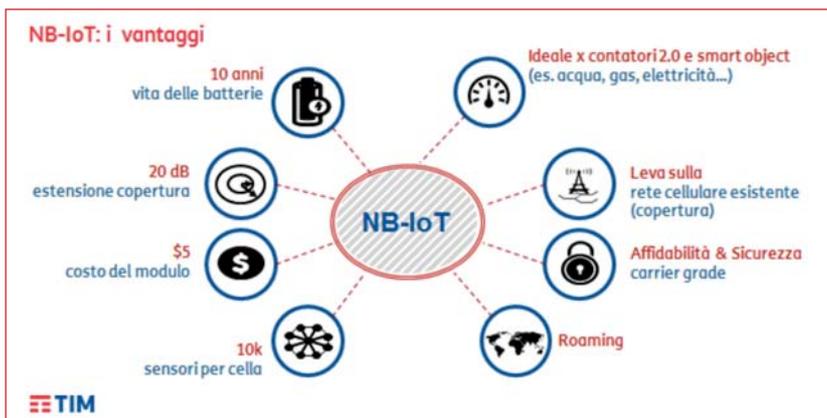


Figura 3

NB-IoT: i vantaggi

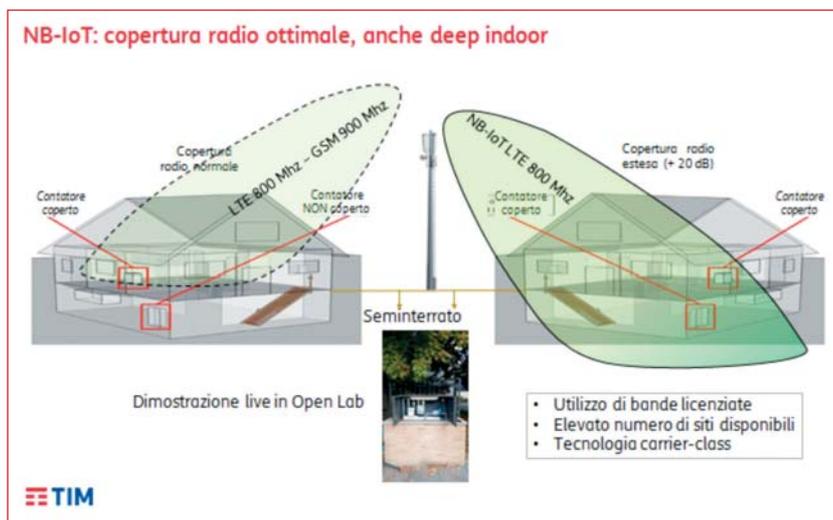


Figura 1

NB-IoT: copertura radio ottimale, anche deep indoor

Al via IoT Open Lab di TIM

Aperti al Futuro! A Torino il 4G per l'Internet of Things è realtà

TIM, prima in Italia, ha inaugurato il 16 novembre 2016, a Torino, un nuovo laboratorio integrato dedicato alla sperimentazione di soluzioni a larga banda per l'Internet of Things. IoT Open Lab di TIM è, infatti, un nuovo spazio hitech che, sfruttando la tecnologia Narrow Band IoT e la rete *ultrabroadband* 4G, permette di sviluppare nuovi servizi digitali come: *Smart Parking*, *Smart Metering*, *Smart Agriculture*, *Smart Waste*, ecc.

Proprio grazie alle caratteristiche di elevata copertura mobile, di bassissimi consumi e di capacità di gestire grandi volumi di terminali,

questi sono già in trial nel nuovo laboratorio integrato IoT Open Lab di TIM inaugurato a novembre a Torino in collaborazione con partners tecnologici e Olivetti.

In sintesi cosa cambia

In prima battuta la *Core Network* mobile dovrà seguire un percorso di adeguamento. In particolare, dovranno essere supportate procedure di autenticazione di vario tipo, basate su SIM tradizionale, ma soprattutto *embedded*, nonché in prospettiva anche altre forme di autenticazione. Inoltre, la grande differenziazione di SLA delle applicazioni IoT sarà supportata da istanze della rete abilitate dalla Virtualizzazione e dai modelli di Telco Cloud, con introduzione di una “virtual EPC” scalabile in base alla crescita della domanda. In prospettiva, questo modello evolverà grazie alla standardizzazione delle prestazioni di *Network Slicing* nell’ambito del 5G.

Il modello definito presuppone inoltre lo sviluppo di una piattaforma di gestione della Connettività IoT, che implementa il modello di *framework* definito in ONEM2M. Questa piattaforma (denominata ICON), *cloud based* e modulare, in sviluppo da parte TIM ma

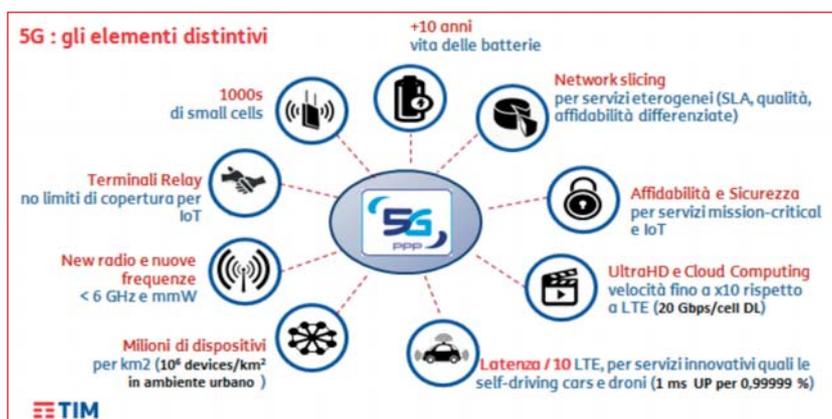


Figura 4
5G: gli elementi distintivi

tipiche della tecnologia NB IoT, si possono realizzare, in modo efficace, servizi di raccolta dati e monitoraggio per numerose applicazioni di *Smart Service*.

Delle opportunità di business abilitate dal nuovo ecosistema dell’IoT hanno discusso anche rappresentanti del mondo delle municipalizzate, dei produttori di *device*, dei costruttori di rete, delle autorità locali e del settore regolamentare, partecipanti alla tavola rotonda dal titolo “IoT: quali opportunità”; a ciò ha fatto seguito un demo tour, attraverso gli spazi del nuovo laboratorio, mirato a presentare soluzioni innovative di *Smart Services*, in particolare di *Smart Parking* e *Smart Metering*, che, forti delle connessioni Narrow Band su rete live 4G, sono risultati perfettamente funzionanti anche in condizioni “complesse” per la comunicazione radio (dentro armadi in ferro, in pozzetti di ghisa, ecc.).

Il nuovo IoT Open Lab di TIM, acceleratore per l’innovazione su IoT, offre quindi un nuovo ambiente di sviluppo, sperimentazione e test per tutte quelle aziende ed enti di ricerca che oggi vogliono sviluppare applicazioni con la nuova tecnologia NB IoT sulla rete 4G di TIM.

Per maggiori informazioni sulle possibilità di partnership: openlabiot@telecomitalia.it

già impiegata per un sottoinsieme di applicazioni di interesse commerciale, gestisce in modo unitario le funzionalità di autenticazione e policy, sicurezza dei dati e interfacciamento con le diverse forme di connettività di rete. Soprattutto, espone i dati raccolti e armonizzati attraverso API integrate nel *framework* EASYAPI di Telecom Italia.

L’estrema pervasività delle tecnologie e soluzioni IoT sta suscitando l’interesse anche del regolatore.

Ad oggi i servizi IoT e le singole comunicazioni M2M non sono soggetti a una specifica regolamentazione in materia e, quando applicabili, valgono le regole previste per il settore TLC. Tuttavia la recente proposta CE di nuova Direttiva sul Codice Europeo delle Comunicazioni Elettroniche (pubblicata il 14 settembre scorso) introduce alcune proposte di misure regolamentari destinate ai servizi IoT. La proposta di Direttiva, che potrà subire modifiche nel corso dell’iter legislativo per la sua approvazione presso il Parlamento e il Consiglio dell’UE, affronta temi particolarmente critici legati:

- alla regolamentazione dei servizi di connettività usati per l’IoT su cui TIM ritiene opportuno, anche in ottica 5G, che sia lasciata sufficiente flessibilità da permettere soluzioni differenziate in grado di abilitare diversi modelli di business;
- alla concessione dei diritti d’uso delle numerazioni (su cui è proposto dalla CE che anche soggetti diversi dagli operatori autorizzati alla fornitura di reti e servizi di comunicazione elettronica possano avere accesso ai diritti d’uso delle numerazioni). Il tema richiede attente analisi in quanto comporta ripercussioni negative, a detta TIM, sul mercato dell’IoT con il rischio di una frammentazione verticale (inoltre lo scenario frammentato porrebbe difficoltà nel controllo del corretto utilizzo delle numerazioni e in termini di sicurezza);
- al passaggio agevole da un operatore a un altro attraverso la pro-

mozione di modalità di gestione delle numerazioni *over-the-air* che consentano il *provisioning* degli identificatori da remoto senza necessità di accesso fisico al dispositivo (anche in tal caso è ritenuta, da parte TIM, necessaria un'analisi assai attenta);

- la gestione dello spettro che dovrebbe tener conto anche di esigenze di altri settori tra cui l'IoT.

Inoltre, ad aprile 2016 la CE ha pubblicato il documento di lavoro *Advancing the Internet of Things in Europe*, congiuntamente a due comunicazioni sulla digitalizzazione dell'industria europea e sugli standard prioritari per il *Digital Single Market* (dove l'IoT viene indicato tra i 5 temi prioritari e da promuovere a livello di standardizzazione). Tra le questioni che devono essere approfondite secondo la CE vi sono:

- la *privacy* e la *cyber security*, su cui valgono le indicazioni del recente regolamento sulla *General Data Protection* e della Direttiva *Network Information Security*;
- la proprietà dei dati e la loro portabilità in UE, su cui è previsto il lancio entro fine anno da parte della CE di un'iniziativa per il libero flusso dei dati in UE.

Su questi temi è opportuna, a livello sia europeo sia nazionale, una riflessione che potrà contribuire alla migliore evoluzione dell'IoT e delle scelte tecnologiche sottese.

Digital Transformation

Torniamo al tema generale, ovvero la cosiddetta *Digital Transformation*, un percorso che prima o poi tutte le aziende intraprenderanno in diverse aree operative. La trasformazione digitale non è solo un cambiamento di tecnologia, ma soprattutto un cambiamento nel modo di lavorare. La "Fabbrica 4.0" non sarà solo un concentrato di tecnologia dove non servono più gli operai. Sarà invece un luogo nel quale si produce con un grado di conoscenza elevato, in modo da poter individuare le attività che introducono ritardo nei processi, oppure gli eventi che hanno determinato un prodotto di minor qualità. Questa conoscenza si può estendere ai prodotti della fabbrica che per loro natura possono essere connessi, ad esempio macchine per la lavorazione del legno o dei metalli, apparati per la produzione alimentare o caldaie, condizionatori e frigoriferi; in logica IoT tali prodotti continueranno a fornire informazioni al produttore anche dopo la vendita, in tal modo egli sarà in grado di assicurare la manutenzione, ma anche di prevedere in anticipo eventuali guasti o rotture.

Un secondo esempio è la trasformazione digitale nel mondo del lavoro: il personale di campo, già supportato da anni dalle tecnologie mobili potrà

beneficiare dell'IoT in almeno due applicazioni. La prima è quella della sicurezza. Con opportuni sensori sul suo equipaggiamento (ad es., i dispositivi individuali di protezione) è possibile avere in tempo reale la posizione degli operai in un cantiere o area industriale, verificarne lo stato di salute misurando parametri vitali, fornire un allarme in caso di uomo a terra. Oppure con un casco dotato di visore *Virtual Reality* - VR potrà effettuare la supervisione delle attività, oppure la manutenzione con un supporto tecnico remoto che lo accompagna nelle operazioni più complesse.

Un terzo esempio è il cambiamento indotto dall'IoT nel mondo delle assicurazioni. Oggi le maggiori compagnie assicurative stanno adottando il modello *Insurance Telematics*, che fornisce i dati di eventuali incidenti e consente di stimare immediatamente l'entità di un impatto riducendo le frodi, piuttosto che, per le moto, il modello *Usage Based Insurance* - UBI, che attraverso un'elevata profilazione dei comportamenti di guida consente di personalizzare la polizza assicurativa. Si stanno inoltre prevedendo modelli simili in altri campi quali le assicurazioni per la casa (dove gli eventi di allagamento, incendio, presenza di gas possono essere rilevati), quelle sanitarie (assistite da soluzioni di tele-medicina) o quelle per il settore agricolo (rilevando un insieme di parametri ambientali e colturali che consentiranno di accertare se i raccolti hanno subito danni da maltempo).

Arriviamo all'ultimo *step* (per ora) del processo di trasformazione digitale, quello delle conoscenze predittive e dell'intelligenza artificiale. Applicando questo concetto agli oggetti, ma anche alle persone, è possibile interpretare anche i loro comportamenti e predisporre da remoto la tecnologia, affinché garantisca un'*user experience* appropriata. In Olivetti si chiama *Internet of Behaviours*, ed è un potente strumento di profilazione che può far nascere nuovi modelli di business.

Forse il prodotto di punta di questa evoluzione sono i veicoli a guida autonoma sui quali molte case automobilistiche, e non solo, stanno puntando insieme ai colossi dell'informatica. Negli USA alcune auto innovative (Tesla) sulle ampie autostrade californiane possono usare l'autopilota, ma già si parla di *newcomers* come Uber che sono diventati il riferimento per il taxi social, che stanno puntando sulla realizzazione di taxi senza autista. Dobbiamo solo aspettare, ma nel frattempo dovremo impegnarci per realizzare le soluzioni da portare sul mercato e fare di TIM, con Olivetti come polo Digitale, il riferimento di mercato in Italia per l'*Internet of Things*.



KEY DATES

- **15 DECEMBER 2017 > DEADLINE FOR RECEIPT OF ABSTRACTS** •
- 29 January 2018 > Notification of authors
- 23 March 2018 > Full papers to be uploaded

Microgrids and local energy communities can have a tremendous impact on distribution system development, and may offer a number of important advantages for the end-users and for the utilities. Customers, producers and those who do both have the potential to reduce energy costs, improve service continuity and bidding system services and flexibility. Distribution system operators may reduce or postpone investments, increase hosting capacity and improve quality of services. A proper regulatory framework has to be designed to allow them to bring these expected benefits to the various stakeholders, while maintaining an effective market operation, making sure there is no negative impact on the overall cost base and avoiding unfair cross-subsidisation.

Distribution system operators may reduce or postpone investments, increase hosting capacity and improve quality of services. A proper regulatory framework has to be designed to allow them to bring these expected benefits to the various stakeholders, while maintaining an effective market operation, making sure there is no negative impact on the overall cost base and avoiding unfair cross-subsidisation.

This is the reason why this CIRED workshop focuses on microgrids, i.e. electricity distribution systems containing loads and distributed energy resources (such as distributed generators, storage devices, or controllable loads), that can be operated in a controlled, coordinated way, whether they are:

- ➔ **Isolated microgrids**, which only function in an island mode,
- ➔ **Embedded microgrids**, which can be controlled either while connected to the main power network or while islanded,
- ➔ **Local energy communities**, which comprise consumers cooperating for the satisfaction of their energy needs using local production sources, and which are not designed to operate in an island mode.

WORKSHOP THEMES

① Business models, roles, responsibilities and regulatory aspects

Theme 1 addresses topics related to the overall regulatory, business and organisational frameworks for microgrid implementation and operation, focusing mainly on the roles of the microgrid operators and DSOs in making microgrids an integrated part of the electricity distribution system of the future.

② Architecture and system development

In the domain of microgrids and local energy communities, robust architectures are necessary in order to foster system development, as well as suitable models to compare development options. These are issues addressed in Theme 2.

③ Network integration, control concepts and operations

Theme 3 invites authors to present their contributions related to technical microgrid integration methods and solutions, as well as field trial results, tests and standards.

WORKSHOP ORGANISERS

Michèle Delville m.delville@aaim-association.org
Céline Dizier c.dizier@aaim-association.org



How to submit your paper

Prospective authors are invited to submit an abstract of 2 A4 pages (including diagrams and illustrations) by **15 December 2017** directly via the Workshop website. All submissions will be peer reviewed by an international panel and successful authors will be invited to submit a full paper of 4 A4 pages by **23 March 2018**. It is a condition of acceptance that all papers must have at least one author registered for the Workshop.



Unex



Canale di cablaggio senza alogeni
Adatto a tutte le applicazioni ferroviarie

HL3-R22 secondo EN 45545-2



DISPONIBILITÀ
IMMEDIATA

www.unex.net