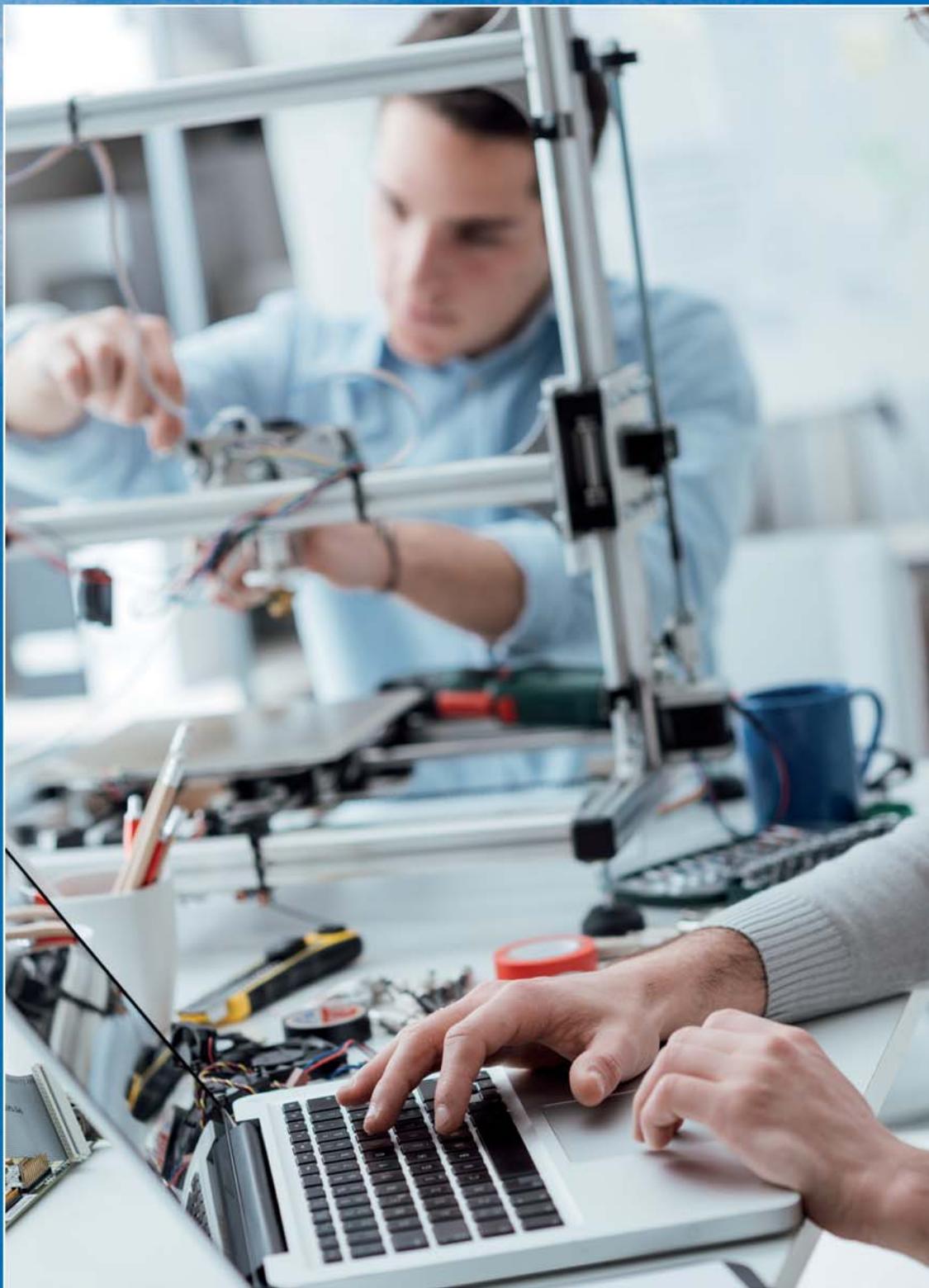


Rivista ufficiale dell'AEIT Seguito de "L'Elettrotecnica" fondata dall'AEI nel 1914



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

marzo/aprile 2021

IN PRIMO PIANO: Istruzione tecnica e professionale



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

S O M M A R I O

AEIT • numero 3/4

marzo/aprile 2021

Editoriale

4

Istruzione tecnica e professionale

Giovanni Cancellieri

Istruzione tecnica e professionale

La riforma italiana

delle lauree professionalizzanti

Carlo Pilia

6

Conoscenze, competenze e abilità nella formazione

Francesco Cangialosi, Domenico Barone

10

Gli Istituti Tecnici Superiori tra scuola e mondo del lavoro

Antonietta Zancan

14

La via per l'eccellenza professionale nelle Telecomunicazioni

Edward Smith, Mauro Ugolini

20

Il futuro delle competenze: l'education

Katuscha Gabriele

30

Insegnare le reti a Scienze della Comunicazione

Daniele Roffinella, Silvio Alovisio, Angelo Luvison

34

RUBRICHE

Attività delle Aziende Associate

44

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:

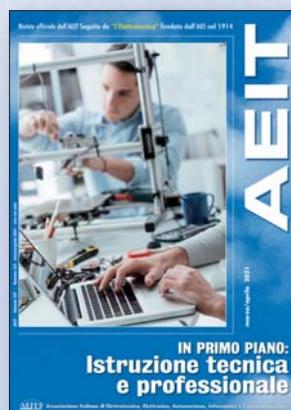
<http://www.aeit.it>

Stampa - Fotoservice - Distribuzione:

Arti Grafiche Murelli Via Campania 42

20090 - Fizzonasco di Pieve Emanuele - Milano

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



Insegnare le reti a Scienze della Comunicazione

Daniele Roffinella, Silvio Alovio Scienze della Comunicazione - Università di Torino, Angelo Luvison AEIT

Da qualche anno l'Università di Torino offre l'insegnamento "Telecomunicazione e teoria delle reti" per il corso di laurea triennale in Scienze della Comunicazione. Il contesto non strettamente tecnico-scientifico ha richiesto di rispondere alla domanda: *"Come presentare la vastità degli argomenti di reti e di telecomunicazioni a studenti con un background matematico limitato?"*

"Cyberspace, amorphous, supposedly virtual world created by links between computers, Internet-enabled devices, servers, routers, and other components of the Internet's infrastructure. As opposed to the Internet itself, however, cyberspace is the place produced by these links. It exists, in the perspective of some, apart from any particular nation-state"; questa è la definizione che l'*Enciclopedia Britannica* online propone per il *cyberspazio*¹, uno spazio sempre più affollato, che, per certi aspetti, sta inghiottendo lo spazio fisico abitato dall'umanità per millenni.

I dati riportati in figura 1 ci raccontano di una umanità continuamente "connessa", che spende attivamente in rete porzioni crescenti del proprio tempo libero, del proprio tempo lavorativo, e di quello utilizzato per l'espletamento di pratiche di vario tipo (bancarie, fiscali, postali, legali, ecc.).

I visitatori, sempre meno occasionali, del *cyberspazio* devono utilizzare, per entrarvi, speciali di-

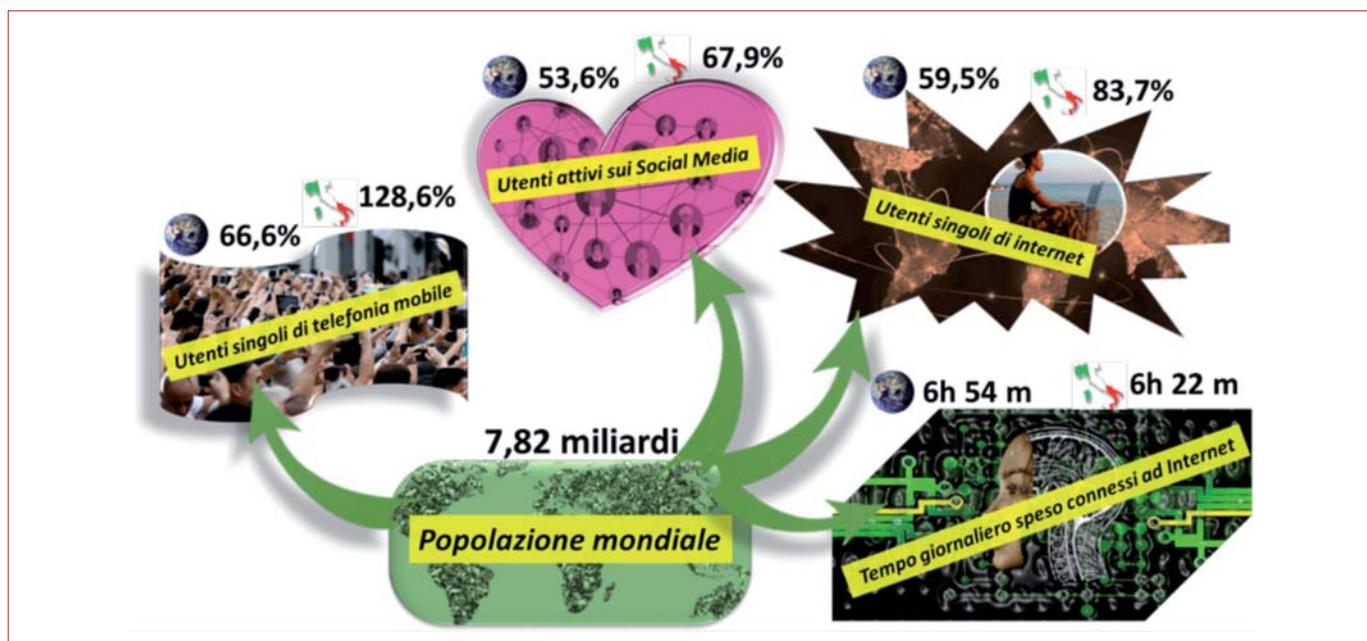


Figura 1

Crescita del cyberspazio (Elaborazione su dati tratti da <https://wearesocial.com/it/blog>)

spositivi, che l'innovazione tecnologica e l'abbattimento dei costi rende disponibili a chiunque. Telefoni, televisori, auto, elettrodomestici, case, città, diventano sempre più *smart* e ci consentono di interagire con il vastissimo mondo virtuale. D'altra parte, non si può trascurare l'enorme e crescente numero di dispositivi, anche essi "occhi e orecchi" del *cyberspazio*, che non richiedono un intervento diretto di noi umani e di cui tendiamo a ignorare l'esistenza: gli oggetti connessi (Figura 2), che costituiscono

l'Internet delle Cose (*Internet of Things - IoT*). Questi dispositivi sono sempre più facili da utilizzare, grazie agli sforzi costanti dei produttori per massimizzarne la usabilità e raggiungere, in questo modo, indici elevatissimi di penetrazione presso la popolazione di qualunque età e formazione. Tuttavia, la semplicità di utilizzo nasconde una enorme e crescente complessità, sia dei singoli apparati (si pensi alla crescita delle prestazioni dei microprocessori, che seguono la legge di Moore), sia delle infrastrutture che permettono ad essi di esplicitare le proprie funzioni: le infrastrutture di rete. (Nella Tabella 1 sono riportati dati relativi alla crescita della connettività in EU).

1 <https://www.britannica.com/topic/cyberspace>

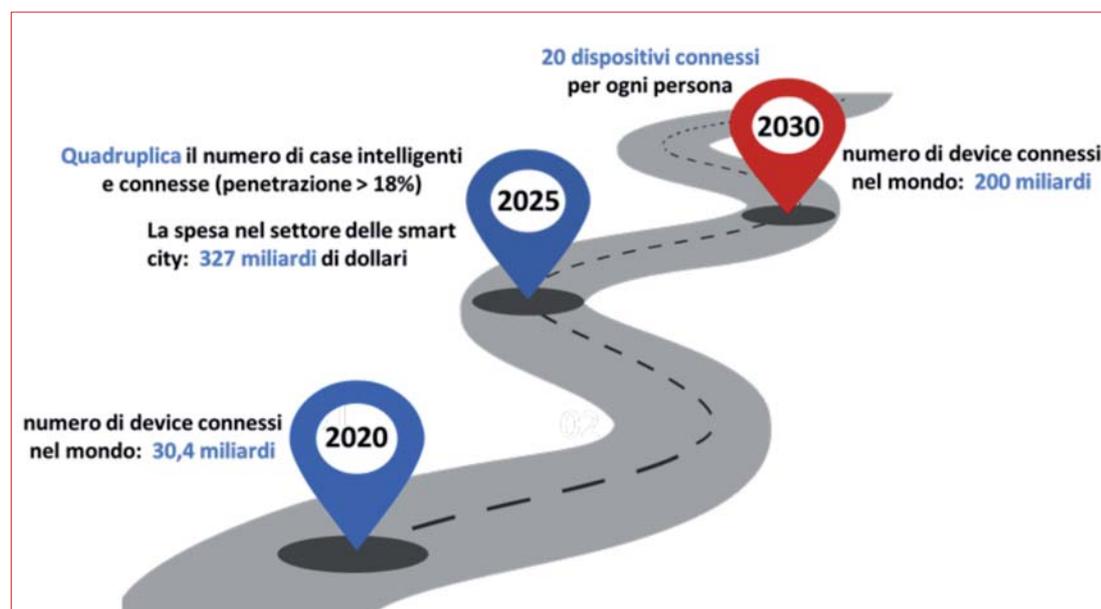


Figura 2
Crescita dei dispositivi connessi (Elaborazione su dati tratti da Future of Connected Living, Frost & Sullivan, 2 febbraio 2021)

Tabella 1 - Crescita degli indicatori di connettività in Europa
(Elaborazione su dati tratti da rapporti *DESI: Digital Economy and Society Index*)

	DESI 2018	DESI 2020
Overall Fixed Broadband take-up		
%households	75%	78%
At least 100 Mbps Fixed Broadband take-up		
%households	15%	26%
Fast Broadband coverage		
%households	79%	86%
Fixed Very High Capacity Network coverage		
%households	26%	44%
4G coverage		
%households (average of operators)	91%	96%
Mobile broadband take-up		
Subscriptions per 100 people	90	100
5G readiness		
Assigned spectrum as % of total harmonized 5G spectrum	NA	21%

L'ICT (*Information and Communications Technology*), con tassi di innovazione stupefacenti² e con una diffusione capillare sin dentro le nostre case e sulla nostra persona (si vedano i trend riguardanti la cosiddetta *wearable technology*³), espande ogni giorno la nuvola della *infosfera* (copyright di Alvin Toffler, poi di Luciano Floridi), in cui persone, oggetti, *server*, *device* “esistono” solo nella misura in cui scambiano informazioni fra loro e interagiscono mediante applicazioni informatiche e reti.

Tuttavia, questo inarrestabile sviluppo non è accompagnato da una parallela crescita della nostra reale comprensione delle tecnologie. Ai nostri giorni, sin dalla prima adolescenza, le persone imparano a utilizzare *smartphone*, *tablet*, *smart TV*, ma pochissimi, anche da adulti, sanno come funzionino questi oggetti, avendo una idea piuttosto vaga del complesso sistema che li mantiene attivi: il sistema delle reti.

Quando una soluzione tecnologica diventa familiare, si tende a darla per scontata e a “*non farci troppo caso*”. Quando apriamo un rubinetto, oppure pigiamo un interruttore, ci aspettiamo di lavarci le mani o che si accenda una lampadina, senza pensare da dove provengano l'acqua o l'elettricità, e a quale ragnatela di percorsi (reti idriche o elettriche) abbiano attraversato per giungere sino a noi. Allo stesso modo, ogni pacco che riceviamo da un corriere ha viaggiato in una rete logistica estremamente estesa e complessa, di cui trascuriamo l'esistenza. Venendo all'ICT, ognuno dei miliardi di bit che compongono i flussi di informazione, che continuamente trasmettiamo e riceviamo (sotto forma di testi, foto, musica, filmati), può attraversare lo spazio (e il tempo) solo grazie al fatto che eserciti di ingegneri e tecnici hanno progettato e realizzato i dispositivi che utilizziamo e il sistema di reti che li collega; ma di tutto questo, quanto siamo consapevoli, almeno in parte? E dopotutto, serve davvero esserne consapevoli? Fino a che punto è davvero necessario che le persone conoscano i segreti di quelle che sono diventate “protesi” tecnologiche, che rimangono sempre con noi e che utilizziamo tutta la giornata? Anche se si volesse, è diventato di fatto impossibile (non solo per persone comuni ma anche per specialisti) “entrare dentro” più di tanto a un PC, a una televisione, a un telefonino, a un dispositivo di rete, in conseguenza in particolare di

tre concause: a) la miniaturizzazione delle componenti elettroniche; b) la stratificazione del software; c) la esplosione della complessità delle funzioni. D'altra parte, quanto è accettabile che possa crescere il divario fra la complessità dell'infosfera in cui siamo immersi e la conoscenza che di essa abbiamo?

L'articolo non si ripropone di fornire risposte a queste importanti ma insidiose domande. Più semplicemente, esamina alcune delle questioni da affrontare quando ci si propone di migliorare il livello di conoscenza dell'ICT nei giovani che stanno seguendo un percorso di formazione per una laurea in Scienze della Comunicazione, in particolare, corsi di studio rivolti a chi avrà a che fare con l'ICT e il *cyberspazio*, pur senza diventare necessariamente uno specialista in tecnologie hardware o software.

In Italia il MUR colloca i corsi in Scienze della Comunicazione nell'Area Disciplinare Umanistico-Sociale⁴. L'offerta degli atenei nazionali (anche privati) è piuttosto ricca e variegata. In generale, i diversi corsi hanno in comune l'obiettivo di fornire le competenze di base necessarie per esercitare tutte le professioni in cui la comunicazione svolge un ruolo primario: dal giornalismo ai sistemi editoriali, dalla comunicazione pubblica e d'impresa alla pubblicità e al marketing, dalla organizzazione di eventi a nuove professioni come *copywriter*, *Web content editor*, *influencer*. Altri elementi comuni sono l'acquisizione da un lato di conoscenze relative all'utilizzo di media sia tradizionali (giornali, radio, TV, cinema) sia innovativi (web, reti sociali o *social network*), dall'altro la comprensione dell'interazione fra i processi di comunicazione e i fenomeni psicologici, politici, giuridici ed economici della società contemporanea. Proprio la crescita rapida dell'importanza dei media innovativi e la comparsa di opportunità di lavoro che richiedono di capire i problemi connessi all'ICT, hanno reso ineludibile trovare adeguate risposte a come fornire una preparazione di base sulle reti a studenti e studentesse che hanno scelto una laurea in area socio-umanistica e hanno un background matematico e tecnico limitato. Si tratta, in effetti, di un problema comune a molte discipline non specificatamente in ambito STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), ma diventato centrale per le Scienze della

² https://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/WTDC/WTDC21/Documents/RPM/EUR/Digital-Trends_Europe-E.pdf

³ <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/03/05/the-biggest-wearable-technology-trends-in-2021/?sh=4887abcc3092>

⁴ Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca: *Raggruppamenti dei corsi di studio per Area disciplinare*, <http://attiministeriali.miur.it/media/275438/tabella1.pdf>

Comunicazione, dal momento che la diffusa adozione di dispositivi ad alta tecnologia ha trasformato radicalmente le modalità con cui le persone oggi comunicano. Infatti molti atenei, nei piani di studio dei Corsi in Scienze della Comunicazione, hanno inserito oltre a insegnamenti di informatica di base, nuovi insegnamenti relativi alle reti e alle telecomunicazioni; l'Università di Torino è stata fra le prime in Italia a farlo, grazie a un'iniziativa del prof. Peppino Ortoleva.

Nell'articolo, dopo una disamina di aspetti generali come la metodologia di formazione a "T" (cioè, tanto trasversale quanto approfondita), sono dati esempi di come sia stato affrontato il problema della formazione di studenti in possesso, come detto, di un bagaglio tecnico-matematico limitato nel caso specifico dell'insegnamento "Telecomunicazione e teoria delle reti"⁵ offerto dal Corso di Scienze della Comunicazione dell'Università di Torino. È nostro convincimento che una istruzione STEM e una formazione a T abbiano sulla *new education* un effetto sinergico in termini di preparazione dei professionisti di cui la società attuale ha sempre più bisogno.

Metodologia generale

Partendo dal presupposto che sia quantomeno utile esplicitare i principi metodologici adottati, proponiamo un quadro generale di riferimento. A questo scopo, riprendiamo, aggiornandole e contestualizzandole, considerazioni già presentate in precedenti lavori [1-4]. Esse si riferiscono alla necessità di una formazione (intesa, a seconda dei casi, come educazione, istruzione, preparazione, ecc.) a tutto campo, tanto specialistica e approfondita nei settori di competenza quanto trasversale, per operare in un mondo sempre più complesso e interconnesso. La difficoltà sta proprio nel conseguire un punto di equilibrio tra orizzontalità e verticalità. È da notare che nello scenario nordamericano, e più recentemente anche in quello italiano, le contaminazioni tra le cosiddette *liberal arts o humanities* (scienze umanistiche), proprie degli studi di matrice filosofico-letteraria, e gli insegnamenti basati su discipline scientifiche di ambito STEM sono aumentate: si pensi, per esempio, ai corsi di logica matematica ed epistemologia oppure di fisica moderna incentrati sui principi della relatività e della meccanica quanti-

stica, con le loro varie interpretazioni riguardanti oggettività e realismo⁶. Sono insegnamenti che si collocano all'intersezione tra le discipline STEM e le discipline umanistiche. Purtroppo il settore STEM, benché (o forse proprio per questo) produttore di conoscenze concrete, utili e reali, è ancora considerato un sapere "minore" da una parte influente dell'élite culturale italiana.

Pensiero critico e metodo scientifico

Il *leitmotiv* unificante di questa impostazione è il pensiero critico (*critical thinking*), locuzione assai cara ai filosofi. Questo tipo di ragionamento può essere considerato il presupposto del metodo scientifico utilizzato da ricercatori e scienziati, in quanto prevede un approccio verificabile, rigoroso e analitico. Entrambi - pensiero critico e metodo scientifico - nascono dalla curiosità e dalla capacità di far(si) le domande giuste, in altre parole, dal dubbio costruttivo.

Un secondo pilastro di base è il ragionamento logico, o la mentalità di rigore analitico e argomentativo, tipico dell'approccio scientifico. Per esemplificare concretamente, ricordiamo la logica booleana (sviluppata da George Boole) e la logica dei circuiti applicata all'elettrotecnica, all'elettronica digitale e ai sistemi di elaborazione (si veda la fondamentale tesi di *master of science* di Claude Shannon [6]). Dalla logica discende immediatamente il ragionamento probabilistico, che è la quantificazione del precedente in condizioni di incertezza o aleatorietà (*randomness*).

Il ragionamento logico-probabilistico porta dunque alla capacità di decisioni razionali sulla base di competenze trasversali, interdisciplinari, interconnesse, integrate da competenze ed esperienze specialistiche, approfondite in uno o più campi STEM.

In questo quadro rientra altresì il pensiero creativo⁷ stimolato dalla curiosità, dalla passione, persino dal coinvolgimento emotivo, nella disciplina di competenza o nel proprio settore professionale. A comprendere ciò, aiutano ancora le lezioni di personaggi quali lo stesso Shannon [7] e Richard Hamming [8, capitolo 25], un altro pioniere dell'ICT. Razionalità, logica, duro lavoro, passione e creatività sono anche le chiavi della serendipità, il momento, cioè, in cui una scoperta, o un'invenzione, nasce dall'incontro fra sagacia personale e situazione propizia.

⁵ Di qui in avanti, per brevità, denotato con l'"Insegnamento".

⁶ Costituiscono un caso interessante anche dal punto di vista metodologico, le lezioni del prof. Carlo Cosmelli "Fisica per filosofi" (Sapienza, Università di Roma) e il relativo libro di testo [5]. I destinatari sono studenti di filosofia che cercano una trattazione sistematica e rigorosa, ancorché non avanzata, di argomenti quali teoria della relatività e meccanica quantistica (inclusi i loro paradossi e le diverse interpretazioni).

⁷ La soluzione del "Dilemma delle tre porte" proposta nel box successivo è un esempio di pensiero creativo, o laterale.

Perché una preparazione a T

Poiché viviamo in un mondo che cambia vorticosamente, per operare efficacemente nella nuova realtà globale è indispensabile che una preparazione aperta e flessibile sia tanto profonda in verticale (in senso specialistico) quanto estesa in orizzontale (in senso relazionale), cioè “a forma di T”. Negli Stati Uniti, le facoltà nel settore STEM più all'avanguardia propongono questo modello di istruzione e formazione (*new education*), non più vincolato a professionalità, *know-how* ed esperienze esclusivamente settoriali. Istruzione, conoscenza e competenza costituiscono il punto di partenza, non d'arrivo, di un processo che deve portare ad apprendere ininterrottamente per tutta la vita e nel quale esperienza e professionalità aumentano progressivamente il loro peso. Sembra ormai finita l'era delle carriere continue e strutturate basate su un'unica *expertise* specifica; specializzarsi è necessario, ma non più sufficiente: all'inizio degli anni Settanta, lo scrittore di fantascienza Robert A. Heinlein faceva dire a Lazarus Long, personaggio principale del suo *Time Enough for Love*, che “*specialization is for insects*”.

Per riassumere, l'educazione a T deve mirare a fornire una visione allargata (o d'insieme), compiuta e articolata, ma non superficiale o generalista. Un esperto qualificato, oltre a essere specialista in un settore di riconosciuta competenza, dovrebbe anche essere portatore di una visione di insieme (olistica), che significa comprendere la rilevanza di altri settori complementari per sfruttare al meglio le sinergie derivanti dall'interdisciplinarietà. In altre parole, un valido professionista è tale se possiede conoscenze, competenze e *skill* tanto trasversali (orizzontali e manageriali) quanto verticali (in profondità).

Per sviluppare una *working knowledge*, bisogna però ritornare sia a “*imparare ad apprendere*” sia ad “*apprendere facendo*”, come sosteneva ancora Hamming [8], magari superando le sempre più stucchevoli e obsolete distinzioni e priorità tra scienza di base (o pura) *versus* scienza applicata, innovazione tecnologica, ecc. [9]. La metodologia didattica di Hamming può essere condensata in due semplici formule: “*Whatever subject you are teaching is really a class of learning to learn*”, nonché: “*The teachers should prepare the student for the student's future, not for the teacher's past*”. Secoli prima, Confucio ammoniva che “*Quando*

ascolto dimentico, quando vedo ricordo, quando faccio imparo”. Analogamente, a Edward de Bono dobbiamo l'illuminazione simil-cartesiana: “*ago ergo erigo*”, cioè “*agisco quindi costruisco*”. Ricordiamo che de Bono è il padre del cosiddetto pensiero laterale, uno strumento della creatività cui abbiamo sopra accennato.

Un primo esempio di interdisciplinarietà riguarda il concetto di rete e di *networking* [10-11], che trova applicazioni in molteplici campi: dalle reti fisiche alle reti sociali, dalla biologia ai modelli epidemiologici, dalle telecomunicazioni alle *grid* in campo energetico.

Un secondo caso che vogliamo portare all'attenzione, anche solo richiamandolo, è quello, apparentemente astratto, del calcolo degli autovalori di una matrice. Ebbene, questo algoritmo matematico, ben noto nell'algebra elementare, è stato oggetto di brevetto da Larry Page - cofondatore di Google insieme a Sergej Brin - nella sua applicazione per trovare le informazioni nel web (*Web information retrieval*), diventando una fonte di business e di guadagni miliardari [12]. L'importanza viepiù crescente dell'*information retrieval* nel web pone sfide tecniche ma anche opportunità non indifferenti rispetto alle forme tradizionali di recupero della informazione, a causa della sua enorme mole e dalla sua natura mutevole nel tempo.

Un terzo caso di interdisciplinarietà, cui si è già accennato in un precedente lavoro [4], è l'uso del filtraggio ottimale - tecnica sviluppata per i sistemi di trasmissione nelle telecomunicazioni - in dispositivi e apparati per la rivelazione di segnali debolissimi generati dalle onde gravitazionali.

Due altri esempi di conoscenze interdisciplinari, complementari e sinergiche con l'ICT, sono: a) in psicologia della comunicazione, i modelli teorici e applicativi basati sullo schema emittente-canale-destinatario; b) nei mercati finanziari, il *background noise* (disturbo o rumore di fondo) [13], che provoca distorsioni e anomalie nell'*Efficient-Market Hypothesis* (EMH)⁸, ipotesi di per sé ineludibile secondo la scuola dominante (*mainstream*) dell'economia finanziaria.

Una lezione generale che si può trarre dall'interdisciplinarietà è che problemi simili in discipline diverse possono essere risolti con tecniche analoghe, se non uguali. In certi casi, ciò è anche fonte di guadagni non indifferenti, come dimostrano il caso di Page e lo sfruttamento di anomalie in Borsa.

⁸ La formulazione più semplice dell'EMH asserisce che il valore di un'attività finanziaria (*asset*) riflette tutte le informazioni disponibili; non sarebbe quindi possibile “*sconfiggere il mercato*” [14]. Ciò in teoria, ma in pratica i risultati possono essere alquanto diversi [15], in virtù appunto delle anomalie generate dal rumore che si sovrappone all'informazione [13]. L'EMH va bene come regola generale, ma ci possono essere eccezioni causate da fattori di disturbo, ed è proprio lì che si annida il vantaggio economico degli operatori finanziari più informati e avveduti (o lo svantaggio di molti altri).

Telecomunicazione e teoria delle reti

Riconoscendo anche per i destinatari di Scienze della Comunicazione dell'Università di Torino l'esigenza di una maggiore istruzione scolare derivata da discipline scientifiche in ambito STEM, l'insegnamento "Telecomunicazione e teoria delle reti", destinato agli studenti del secondo anno, è stato progettato con i seguenti obiettivi:

- far comprendere le caratteristiche delle "strutture a rete", che si ritrovano in moltissimi aspetti del mondo in cui viviamo, dalle reti telefoniche a Internet e alle reti sociali;
- fornire le conoscenze di base dei sistemi di telecomunicazione, propedeutiche a un consapevole ed efficace utilizzo dei nuovi strumenti e delle nuove modalità per la "comunicazione mediata dalle reti";
- sviluppare negli studenti capacità di orientamento e valutazione sulle tecnologie, sull'ecosistema economico-industriale, sulla dimensione mondiale delle telecomunicazioni, con attenzione al profilo storico, regolamentare, scientifico.

Coerentemente con questi obiettivi, la Tabella 2 riassume i quattro macro-argomenti nei quali si articolano le lezioni.

• Riconoscere le reti intorno a noi

Se ci pensiamo un attimo, ci rendiamo conto di vivere circondati da reti di tutti i tipi: stradali, ferroviarie, elettriche, idriche, postali, commerciali, finanziarie, di telecomunicazione, sociali, semantiche, di bio-ecosistemi. Saper guardare i fenome-

ni nell'ottica di rete permette di raggiungere livelli di comprensione non accessibili con analisi specialistiche o solo settoriali. Fare investimenti corretti richiede la conoscenza delle dinamiche delle reti finanziarie (regionali, nazionali, mondiali); per combattere le pandemie si devono capire i meccanismi con cui le infezioni si propagano nelle reti umane (e/o animali); così le società di consegne di beni di maggiore successo a livello mondiale hanno studiato a fondo i meccanismi delle reti logistiche. Analogamente, un professionista in Scienze della Comunicazione sarà in grado di veicolare messaggi di successo (pubblicitari, politici, di costume) con tanto maggiore efficacia quanto più saprà padroneggiare i meccanismi delle reti sociali e della comunicazione di massa.

• Telecomunicazioni: "Che cosa c'è dentro"

Tutti i tipi di rete indicati presentano caratteristiche e proprietà comuni. L'Insegnamento illustra tali caratteristiche e approfondisce come funzionino le reti di telecomunicazione, senza le quali il mondo oggi non sarebbe come lo conosciamo. Queste reti sono il punto di arrivo (ancora in movimento) di un formidabile progresso tecnologico mondiale che dura da molti decenni. La conoscenza approfondita anche solo di una specifica tecnologia di rete - per esempio, delle antenne radiomobili di quarta generazione per il sistema LTE (*Long-Term Evolution*) - è appannaggio di specialisti, che operano nello specifico sotto-settore. Ma la comprensione di alcuni principi base, comuni a Internet come alla telegrafia, è alla portata di ogni studente universitario; possederla permette di

Tabella 2 - Organizzazione e contenuti dell'insegnamento "Telecomunicazione e Teoria delle Reti", Università di Torino, Laurea in Scienze della Comunicazione

Parte 1 Riconoscere le reti	Parte 2 Che cosa c'è dentro	Parte 3 Che cosa c'è intorno	Parte 4 La Rete delle reti
Reti... ovunque!	L'informazione, i bit, i codici, analogico e digitale	L'ecosistema, attori, Telco/OTT, catene del valore, i business	Internet: come e perché è nata
Caratteristiche chiave di una rete	Come funzionano: circuito/pacchetto, architetture, voce/dati	Le dimensioni della complessità, standard, regolamentazione	Internet: come funziona
Capire le reti	Tecnologie delle reti fisse e mobili, rame, fibra, radio, WiFi, 5G	Rischi e pericoli, affidabilità, sicurezza, attacchi e difese	Internet: come sta cambiando, <i>Internet of Things, I-Cloud</i>
Vivere in rete	Servizi e prestazioni, banda larga/ultralarga, l'universo delle App	Aspetti sociali, <i>digital divide</i> , infosfera, <i>digital dividends</i>	Il cyberspazio: una vita connessa, un mondo virtuale

maturare una diversa consapevolezza nell'utilizzo che viene fatto quotidianamente delle tecnologie innovative per finalità personali o professionali. L'Insegnamento si prefigge di illustrare i principi base per fare intendere, ad esempio, le differenze fra "mondo digitale" e "mondo analogico", e come si possa passare da uno all'altro. La nostra è la ben nota Società dell'Informazione: chi consegue una laurea in Scienze della Comunicazione deve sapere che l'informazione può essere misurata e codificata, che può essere danneggiata dal rumore, ma che può essere trasmessa secondo modalità che le permettono di giungere a destinazione rapidamente e in modo integro e sicuro.

• **Telecomunicazioni: "Che cosa c'è intorno"**

Le reti non sono solo un insieme di apparati elettronici; esse esistono e si sviluppano grazie ad un ecosistema mondiale estremamente complesso e articolato, che include soggetti e aziende diversificate (operatori di rete, fornitori di servizi, società *Over-The-Top* - OTT, come Google/Facebook/Amazon/Netflix, costruttori di apparati, costruttori di terminali, sviluppatori di applicazioni, utilizzatori finali), ciascuna delle quali ha un chiaro ruolo nella catena del valore delle telecomunicazioni. Le storie recenti di successo più evidenti dei giganti del web sono nel *retail* e nel commercio mondiale

(Amazon), nella ricerca delle informazioni su scala globale (Google), nella conoscenza online (Wikipedia), nell'intrattenimento (Netflix) e nei social media (Facebook), successo dovuto, almeno in parte, ai ricavi pubblicitari e allo *storage* dei dati online (*I-Cloud*). In aggiunta, si deve considerare il ruolo giocato da facilitatori della applicazioni di massa (come Microsoft, Apple, ecc.) [16-17]⁹.

Le lezioni dell'Insegnamento mostrano agli studenti dove e come guardare per avvicinarsi alla comprensione di questo ecosistema, in cui opereranno nel corso della loro vita professionale. Gli studenti sono anche richiesti di sapere analizzare le dinamiche dello scenario competitivo internazionale, dinamiche che hanno permesso al gruppo di OTT citati di diventare rapidamente leader mondiali nelle applicazioni da noi utilizzate quotidianamente nel *cyberspazio* (in modo, spesso solo apparentemente, gratuito).

• **Internet: la Rete delle reti**

L'Insegnamento non può naturalmente non includere un approfondimento su quello che oggi è il sistema nervoso del *cyberspazio*; viene perciò illu-

⁹ L'autore dell'articolo [17] è Andrew J. Viterbi, ingegnere, professore e imprenditore statunitense, italiano di nascita, noto per i suoi contributi di ricerca e sviluppo nelle comunicazioni digitali e nei sistemi mobili.

RISOLVERE UN PROBLEMA DI TEORIA DELLA PROBABILITÀ

Il rompicapo. In un gioco televisivo americano del programma *Let's Make a Deal* della metà del secolo scorso, il conduttore Monty Hall dava al concorrente la possibilità di scegliere fra tre porte da aprire (Figura 3). Dietro a una delle tre vi era un'auto (di lusso), una capra dietro a ciascuna delle altre due. Il concorrente doveva indicare una porta e avrebbe avuto in premio quel che trovava dietro. Ma prima che la porta scelta dal concorrente fosse aperta, Monty, conoscendo l'esatta disposizione di capre-auto, spalancava un'altra porta delle due restanti, rivelando una capra. Dopodiché chiedeva al concorrente se volesse cambiare la scelta iniziale oppure no. Benché il gioco di Monty Hall (o dilemma delle tre porte) sia diventato quasi un luogo comune quando si parla della fallacia dell'intuizione umana, rimane tuttora un grande classico rompicapo (*brain teaser*) e la sua corretta soluzione - di per sé controintuitiva - continua a sollevare discussioni. In [3], cui si rinvia per i dettagli, la soluzione è illustrata ricorrendo a stru-

menti diversi quali: il teorema (o regola) di Bayes, l'enumerazione di tutti i casi possibili, l'albero di decisione, la simulazione con prove ripetute del gioco, la generalizzazione al caso di n porte.

La soluzione logica. Tuttavia, il dilemma può anche essere affrontato in modo tale che la sua soluzione risulti compatta, più immediata e (quasi) intuitiva (Figura 4). Ricordiamo che il presentatore, dopo la scelta iniziale del concorrente (primo passo), gli mostra che dietro a una delle due porte restanti c'è una capra (secondo passo); il ragionamento qui proposto si basa su una semplice osservazione di pura logica: se il concorrente sbaglia la por-

Il gioco delle tre porte

- Ci sono tre porte chiuse
- Dietro ogni porta c'è un premio
- Una sola porta nasconde un'auto
- Dietro le altre due porte c'è una capra

• Un giocatore sceglie a caso una porta, per vincere il premio nascosto dietro; ha il **33% delle probabilità di vincere l'auto**

• Prima di proseguire il Conduttore del gioco *apre una delle due porte non scelte*, rivelando che dietro c'è una capra, e offre al giocatore la possibilità di modificare la sua scelta iniziale

• Se il giocatore cambia la sua scelta iniziale, la probabilità di vincere l'auto:

1. Aumenta?
2. Diminuisce?
3. Resta invariata?

Figura 3
Il gioco delle tre porte o dilemma di Monty Hall

strato come Internet sia nata e cresciuta, da rete per università a rete militare e, successivamente, sia diventata la Rete mondiale per antonomasia. Si chiariscono aspetti fondamentali ma spesso trascurati, come le differenze e le relazioni fra Internet e il web. Internet, nata nel periodo della Guerra fredda come rete in grado di funzionare, potenzialmente, anche in caso di attacchi distruttivi, è oggi una infrastruttura mondiale che ha il compito di recapitare a destinazione, in modo rapido ed efficiente, le enormi quantità di bit che, raggruppati in “pacchetti”, contengono tutte le informazioni codificate e scambiate da persone e macchine in ogni istante e in tutto il mondo. Il web - nato da una intuizione del fisico-informatico Tim Berners-Lee - fu inizialmente concepito come un sistema semplice per la condivisione di documenti scientifici memorizzati in formato elettronico, indipendentemente dalla particolare piattaforma informatica utilizzata. Lo scopo era di facilitare la cooperazione tra i ricercatori del CERN di Ginevra. Oggi il web può essere considerato l'ambiente, al di sopra di Internet, in cui “vivono e proliferano” le applicazioni. Internet trasporta pacchetti dati; il web (ma anche l'Cloud) ospita le innumerevoli applicazioni che generano e utilizzano i dati ed elaborano l'informazione codificata sotto forma di stringhe di bit. Internet rappresenta dunque una infrastruttura chia-

ve estremamente critica per il funzionamento del mondo come lo conosciamo oggi; ma di chi è Internet? Chi decide come vengono gestiti gli indirizzi che identificano in modo univoco ciascuno degli innumerevoli terminali connessi alla rete? Chi controlla il web? Sono tutte questioni, non strettamente tecniche, che peraltro devono essere portate all'attenzione di chiunque voglia operare in modo consapevole nell'attuale Società dell'Informazione.

Al termine dell'Insegnamento, gli studenti sono chiamati non a illustrare formule, schemi di apparati, architetture software o hardware, bensì a dimostrare di conoscere le proprietà chiave delle reti e le potenzialità dell'“agire in rete”, nonché di aver acquisito capacità di orientamento e approfondimento autonomo nelle principali tematiche inerenti alle comunicazioni in rete.

Tiriamo le fila del discorso. Nell'ambito del corso di laurea in Scienze della Comunicazione dell'Università di Torino, l'insegnamento “Telecomunicazione e teoria delle reti” si ripropone di fornire, sui temi di rete, la componente orizzontale della T, non essendo indispensabile per questi studenti, acquisire competenze specialistiche in discipline ICT, ma essendo utile per loro integrare le competenze verticali nelle discipline classiche della comunicazione con una comprensione delle caratte-

SENZA RICORRERE ALLA MATEMATICA: IL “DILEMMA DELLE TRE PORTE”

ta iniziale, ma poi al terzo passo cambia la propria scelta, vince certamente l'auto. E quante volte fa la scelta iniziale sbagliata? Quando sceglie una porta con capra, cioè 2 volte su 3. In conclusione, se al terzo passo del gioco egli cambia, individua la porta giusta con probabilità $2/3$ (pari al 67%). La controprova, come si vede dalla stessa figura 4, è che l'unico caso in cui perde con questa strategia (di cambiare sempre) è quando al primo colpo abbia scelto la porta con l'auto, evento che ha probabilità $1/3$. Negli altri due casi invece si accaparra l'auto.

Senza calcoli, grazie alla pura logica, abbiamo ottenuto la soluzione del rom-

picapo; ciò non toglie che ci troviamo pur sempre nel campo della probabilità (di vincere l'auto), non della certezza assoluta (probabilità di vincita uguale a uno). Il concetto di probabilità è pervasivo, serve infatti per spiegare la fisica dell'infinitamente piccolo come pure la vita di tutti i giorni, per esempio, il successo o il fallimento di una campagna di marketing, ma è spesso ingannevole.

Commento. È un dato di fatto che la maggior parte di noi arriva molto lentamente a convincersi della correttezza della soluzione “cambio” se mai ci arriva. Famoso è il caso del grande matematico Paul Erdős che a lungo vi si oppose prima di accettarla, come raccontato in [18]. Al contrario, alcuni anni fa è stato dimostrato sperimentalmente [19] che, in una situazione simile, i piccioni sviluppano molto più rapidamente degli umani la strategia ottimale. Considerate le piccole dimensioni del cervello di questi uccelli, non è questo risultato davvero sorprendente?

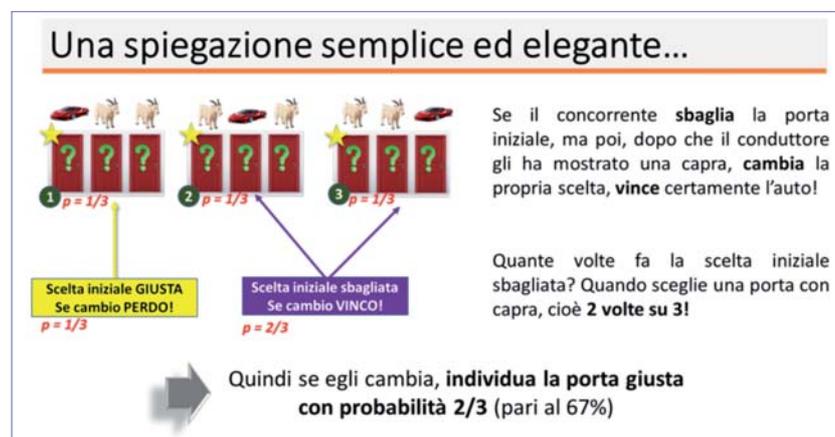


Figura 4

Soluzione del gioco delle tre porte senza formule matematiche

ristiche base e delle dinamiche del *cyberspazio* in cui si troveranno ad operare. La Tabella 2 riassume chiaramente come i contenuti delle lezioni corrispondano a questa impostazione.

Formazione tecnica sulle reti senza matematica

In considerazione del limitato background tecnico-matematico degli studenti, l'Insegnamento, a differenza di quanto avviene normalmente nelle facoltà STEM, fa modesto utilizzo di formule o di modelli ingegneristici, anche se le telecomunicazioni sono intrise di matematica avanzata e di ingegneria innovativa. Ogni argomento è quindi trattato focalizzando concetti e contenuti per "fissare" le conoscenze e fornendo, ove necessario, strumenti appositamente realizzati. Per esempio, è ben noto che molti temi di scienza delle reti [10-11] siano analizzabili con strumenti matematici quali la teoria dei grafi, la teoria delle probabilità e i processi stocastici, l'analisi statistica e i *Big Data*, la complessità algoritmica, le reti neurali. In alternativa a spiegazioni basate su un apparato teorico avanzato, agli studenti dell'Insegnamento sono messi a disposizione ambienti di analisi e simulazione che permettono di studiare i parametri (come grado, diametro, *betweenness centrality*, *clustering*, ecc.) di reti reali (quali una rete di mezzi pubblici urbani o una rete sociale) senza dovere conoscere la matematica sottostante. Temi intrinsecamente complessi - il concetto di entropia, la codifica dell'informazione, i teoremi di Shannon e di Nyquist, ecc. - sono trattati mediante esemplificazioni che, pur mantenendo il rigore dei principi e dei contenuti, evitano l'utilizzo di sottostanti enunciazioni teoriche e analitiche.

Questo approccio è risultato praticabile ed efficace nel contesto indicato. A puro titolo di esempio, si rimanda al box precedente relativo a un argomento, non strettamente inerente all'ICT, nel quale entrano in gioco le probabilità. Il box riporta una spiegazione intuitiva, non matematica, del classico "Dilemma delle tre porte" [3], per la cui soluzione esistono, in letteratura, dimostrazioni rigorose che utilizzano, invece, teoremi e formule di probabilità, ad esempio la regola di Bayes.

L'Insegnamento tiene conto di altri aspetti importanti. I giovani d'oggi (e non solo i giovani) troppo spesso identificano la sigla MP3 (*Moving Picture Expert Group-1/2 Audio Layer 3*) con la musica che possono memorizzare nelle loro chiavette, ma non hanno idea del perché una canzone MP3 occupi molto meno spazio di memoria della stessa canzone scaricata da YouTube. Invece, i laureati in Scienze della Comunicazione, grazie alla formazione ricevuta, sanno che MP3 è un sofisticato sistema di codifica-compressione dell'informazione utilizzato in tutto il mondo (al cui concepimento ha contribuito in modo de-

terminante anche un ricercatore italiano, l'ing. Leonardo Chiariglione). Sanno perché sul foglietto delle caratteristiche della cuffietta che utilizzano per ascoltare musica ci sia l'indicazione "risposta in frequenza 20-20.000 Hz". Sanno anche perché, quando stanno telefonando mentre si spostano in auto, talvolta, "cada la linea"; sanno che cosa significhi il fatto che in Europa "è stato abolito il *roaming*", e perché noti *influencer* siano diventati tali riuscendo a ottenere un elevato livello di *betweenness centrality* nei grafi applicati alle reti sociali.

Non è dunque indispensabile una matematica approfondita per maturare una conoscenza a T dei meccanismi che rendono il nostro un mondo connesso. Né è necessario conoscere i dettagli delle caratteristiche tecnologiche del sistema 5G, della trasmissione in fibra ottica e dell'*I-Cloud* per comprendere gli impatti sociali ed economici della diffusione (o, viceversa, di un ritardo nella diffusione) delle innovazioni digitali in un Paese. Né tali dettagli sono indispensabili per rendersi conto che le modalità adottate nell'utilizzo di queste tecnologie possano determinare un aggravamento del *digital divide* (l'esclusione digitale), o al contrario, rendere possibile i "dividendi digitali" con ampi benefici per la collettività nel suo complesso¹⁰.

Conclusioni

Riassumiamo quanto discusso nell'articolo. Molte nostre imprese faticano a trovare giovani con preparazione adeguata; d'altra parte, ancor più neolaureati, nonostante anni di impegno personale e di studio, hanno difficoltà a trovare lavori conformi alle proprie aspettative: una triste realtà che dura da troppo tempo. Ne consegue la necessità, che può trasformarsi in opportunità, di ripensare modelli e contenuti di educazione, istruzione, formazione, più idonei a gestire i nuovi e complessi paradigmi emergenti, per esempio quello del *cyberspazio*. Coniugare conoscenza e cultura scientifica con quella umanistica non è però sempre agevole, in cui Paese in cui tecnoscienza, ricerca, innovazione, brevetti sono spesso penalizzati.

Il corso di laurea in Scienze della Comunicazione dell'Università di Torino con l'insegnamento "Telecomunicazione e Teoria delle Reti" fornisce un esempio concreto di come studiosi di discipline scientifiche STEM e di scienze umane possano ripensare insieme modelli di istruzione ed educazione in chiave integrativa (a T) anziché alternativa, attivando sinergie interdisciplinari in modo proficuo. I laureati così formati possiedono gli strumenti di base per com-

¹⁰ I "dividendi digitali" sono l'insieme dei benefici derivanti dall'utilizzo delle tecnologie digitali, vale a dire la crescita economica, la creazione di posti di lavoro e la fornitura di servizi nei vari settori applicativi.

prendere l'articolazione e la complessità di un mondo in continua e rapida trasformazione, sotto il profilo economico, sociale, etico, tecnico e scientifico, mondo nel quale dovranno operare. L'acquisizione di competenze multidisciplinari permette loro, già con la laurea triennale, di affrontare temi complessi producendo analisi originali (si veda, ad es., l'articolo sul *programmatic advertising* [20], séguito della tesi di una neolaureata nel corso citato).

Un numero crescente di lavori recenti dell'*AEIT* ha come argomento l'assunzione di responsabilità etica e sociale, oltre che economica e tecnica, che decisori (a ogni livello) ed esperti qualificati dovrebbero esercitare a favore della società civile. Anche i laureati in Scienze della Comunicazione, ove chiamati a fare scelte responsabili, non possono non prestare attenzione a questi aspetti. Poiché le molte questioni che affiorano in sistemi complessi, a partire dall'ICT, sono intrinsecamente di natura interdisciplinare, occorre però che essi siano in grado di instaurare un dialogo costruttivo e senza preconcetti con filosofi, psicologi, neuroscienziati, informatici e ingegneri, ecc., cioè con categorie portatrici di competenze ed *exper-*

tise complementari. Ovviamente, l'unità di intenti deve valere anche nell'altro verso; dunque, né tesi aprioristiche né pregiudizi da ogni parte.

Come nota a margine, osserviamo che una preparazione del tipo indicato, cioè a T e con ingredienti ben calibrati, è un requisito essenziale (o lo dovrebbe essere) anche per dirigenti e manager d'impresa [21-23]. Questo presupposto facilita, o rende possibile, il lavoro di squadra in settori intrinsecamente multidisciplinari e consente ai loro responsabili di sviluppare una visione allargata, se non proprio completa o, addirittura, globale.

In conclusione, compito prioritario della scuola italiana dovrebbe essere quello di fornire strumenti e modelli di studio che permettano di essere vincenti in un mondo caratterizzato da una sempre più aspra competizione globale. Perché le idee si trasformino in fatti concreti occorre partire, come che sia, da cultura, educazione e istruzione. L'auspicio finale è che l'obiettivo di una preparazione a T fin dalla scuola dell'obbligo possa concretizzarsi in un *concept* trasformativo, ossia in una visione non meramente utopistica, bensì largamente applicata e concretamente diffusa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Carassa, A. Luvison: Formazione a distanza, telelavoro, Internet, *MIT Technology Review* (edizione italiana), anno XI, n. 1, gennaio-febbraio 1998, pp. 8-9.
- [2] C. Bertelegni, A. Luvison: Ongoing training for young CSELT's researchers, in *Proc. 7th World Conference on Continuing Engineering Education*, Torino, 10-13 maggio 1998, pp. 340-344.
- [3] 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
- [4] A. Luvison: L'ecosistema dell'innovazione digitale: analisi critica, *AEIT*, vol. 104, n. 3-4, marzo-aprile 2017, pp. 6-27, http://www.aeit.it/aeit/edicola/aeit/aeit2017/aeit2017_02_cisa/aeit2017_02_riv.pdf
- [5] C. Cosmelli: *Fisica per filosofi*, Roma, Carocci, 2021.
- [6] C. Shannon: A symbolic analysis of relay and switching circuits, *Transactions American Institute of Electrical Engineers*, vol. 57, n. 12, dicembre 1938, pp. 713 - 723; e in N.J.A. Sloane, A.D. Wyner (a cura di): *Claude Elwood Shannon: Collected Papers*, IEEE Press, 1993, pp. 471-495.
- [7] C. Shannon: Creative Thinking, typescript, 20 marzo 1952, in N.J.A. Sloane, A.D. Wyner (a cura di): *Claude Elwood Shannon: Miscellaneous Writings* (File 59), AT&T Bell Laboratories, 2013.
- [8] R.W. Hamming: *The Art of Doing Science and Engineering: Learning to Learn*, Gordon and Breach Science Publishers, 1997.
- [9] D.E. Stokes: *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press, 1997.
- [10] A.-L. Barabási: *Network Science*, Cambridge University Press, 2016.
- [11] M. Newman: *Networks* (Second Edition), Oxford University Press, 2018.
- [12] D. Sumpter: *The Ten Equations: And How You Can Use Them to Improve Your Life*, Allen Lane, 2020.
- [13] F. Black: Noise, *Journal of Finance*, vol. 41, n. 3, luglio 1986, pp. 528-543, <https://bit.ly/3hF1ZJF>
- [14] B.G. Malkiel: *A Random Walk Down Wall Street: The Time-Tested Strategy for Successful Investing*, Norton, 2019 (12th Edition).
- [15] E.O. Thorp: *A Man for All Markets: From Las Vegas to Wall Street, How I Beat the Dealer and the Market*, Random House, 2018.
- [16] D.B. Yoffie, M.A. Cusumano: *Lezioni di strategia. Cinque regole senza tempo da Bill Gates, Andy Grove e Steve Jobs*, Milano, Hoepli, 2016.
- [17] A.J. Viterbi: L'era dello sfruttamento. Paradisi e inferni del nuovo mondo digitale, *La Stampa*, n. 291, 24 ottobre 2019, p. 25.
- [18] P. Hoffman: *L'uomo che amava solo i numeri. La storia di Paul Erdős, un genio alla ricerca della verità matematica*, Milano, Mondadori, 2000.
- [19] W.T. Herbranson, T. Schroeder: Are birds smarter than mathematicians? Pigeons (*Columba livia*) perform optimally on a version of the Monty Hall Dilemma, *Journal of Comparative Psychology*, vol. 124, n. 1, febbraio 2010, pp. 1-13, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3086893/>
- [20] E. Lanfranco, D. Roffinella: Programmatic Advertising e intelligenza artificiale, *AEIT*, vol. 107, n. 1-2, gennaio-febbraio 2020, pp. 30-38, https://www.aeit.it/aeit/edicola/aeit/aeit2020/aeit2020_01_cisa/aeit2020_01_riv.pdf
- [21] A. Luvison: Quali competenze manageriali?, in *Atti del Convegno "La CIDA e il ruolo di dirigenti e manager per lo sviluppo del territorio"*, Torino, 30 settembre 2004; e *Dirigente d'Azienda*, anno XXVI, n. 226, ottobre 2004, pp. 16-17, <http://www.fmto.it/ldirigente/articoli/226/PARTE1.pdf>
- [22] M. Cannata, A. Luvison: Le sfide della competitività: quale destino per i saperi tecnologici?, *AEIT*, vol. 98, n. 7-8, luglio-agosto 2011, pp. 48-52.
- [23] M. Cannata, S. Pettineo (a cura di): *Manager e imprese di fronte al cambiamento. Strategie e strumenti* (ebook), Milano, Fondazione IDI - Istituto Dirigenti Italiani, 2013 (prima edizione), <https://www.fondazioneidi.it/ebook>