

# **TECNOLOGIE EMERGENTI/CONVERGENTI**

**Sistemi integrati  
per la salute  
della popolazione  
e aspetti etici**

**a cura di  
Lucia Mariani  
Renzo Pegoraro  
Lorenzo Simonato**



**FRANCOANGELI/Sanità**

## Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.





I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

# **TECNOLOGIE EMERGENTI/CONVERGENTI**

**Sistemi integrati  
per la salute  
della popolazione  
e aspetti etici**

**a cura di  
Lucia Mariani  
Renzo Pegoraro  
Lorenzo Simonato**

**FrancoAngeli**

Volume pubblicato con il contributo della Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo.



Fondazione  
Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo

*In copertina: Paul Klee, Tre campanule bianche, 1920  
(particolare)*

Copyright © 2016 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it).*

# *Indice*

<b>Prefazione</b> , <i>Renzo Pegoraro</i>	pag. 7
<b>Introduzione</b> , <i>Lorenzo Simonato</i>	» 9
<i>Converging technologies: i documenti europei</i> , <i>Luciana Caenazzo, Lucia Mariani</i>	» 11
Modelli di privacy a protezione delle attività di integrazione dei dati sanitari della popolazione: un esempio, <i>Ronan Lyons</i>	» 31
Costruire sistemi integrati, <i>Vincenzo Baldo, Silvia Cocchio, Patrizia Furlan, Patrizia Casale</i>	» 41
Tecnologie emergenti: riflessioni su <i>enhancement</i> e giustizia, <i>Laura Palazzani</i>	» 53
L'etica a partire dalle neuroscienze, <i>Giorgio Bonaccorso</i>	» 69
<b>Appendice – Raccomandazioni</b>	» 89





## *Prefazione*

Renzo Pegoraro\*

Alla fine del 2001, negli Stati Uniti, si cominciarono a definire le “Converging Technologies” (Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science), seguendo le indicazioni del Seminario organizzato dall’US National Science Foundation and Department of Commerce.

La prospettiva nordamericana fu soprattutto quella di considerare la convergenza di queste tecnologie, raccolte nella sigla NBIC, una straordinaria possibilità per migliorare le capacità umane da qui intravedendo la ricerca per “potenziare l’essere umano”, per sviluppare lo “human enhancement”.

L’Unione Europea, prende invece un’altra strada, vedendo queste tecnologie convergenti, a cui si aggiungono le scienze sociali (diventando nel 2004, CTEKS: “Converging Technologies for the European Knowledge Society”), come una grande opportunità per l’intera società, la tutela dell’ambiente, gli sviluppi dell’educazione e della partecipazione sociale. Si tratta quindi di una “convergenza” che ha un forte impatto sociale e rappresenta una grande sfida per la Società Europea. Viene inoltre riconosciuto che lo sviluppo di queste tecnologie e la loro integrazione possa avere rilevanti implicazioni sociali, etiche e legali.

Tutto ciò ha particolare rilevanza nel campo della salute e delle politiche sanitarie, facendo emergere prospettive positive con possibili benefici, ma anche sollevando interrogativi e riconoscendo possibili rischi e/o deviazioni.

Alla luce di questo scenario, che l’Unione Europea e il Consiglio d’Europa stanno cercando di delineare, evidenziandone gli aspetti etici problematici, ha preso forma anche il progetto di studio promosso dalla Fondazione Lanza di Padova, con alcuni ricercatori della locale Università e con il contributo finanziario della Fondazione Cariparo. Si è costituito quindi un gruppo di lavoro composto da ricercatori provenienti da queste

\* Fondazione Lanza, Padova; Pontificia Accademia per la Vita, Roma.

tecnologie “convergenti”, includendo esperti di bioetica e dell’area giuridica per approfondire le questioni rappresentate da queste tecnologie emergenti<sup>1</sup>. L’attenzione del progetto si è concentrata sul tema della salute, considerando come si possa oggi “fotografare” una popolazione e rilevare il suo “stato di salute”, ma sia possibile anche risalire ai singoli individui, per offrire risposte ai loro specifici bisogni di salute. Tutto ciò comporta la necessità di ripensare il rapporto tra individuo e collettività e di reimpostare molti elementi delle politiche sanitarie.

Sono tanti gli aspetti etici di questa “convergenza” ed è importante inquadrare bene i valori in gioco, le prospettive positive (es. definire meglio le priorità e la distribuzione delle risorse di un’area geografica), ma anche le questioni come la privacy, la gestione e l’utilizzo dei dati raccolti, il rapporto tra individuo e collettività, la centralità della persona in relazione con la comunità e l’ambiente.

Un approccio interdisciplinare può aiutare ad individuare ed elaborare delle linee-guida etiche che consentano di indirizzare queste tecnologie verso il bene comune, di aumentare i risultati positivi e ridurre/evitare i rischi e le implicazioni negative. La possibilità, quindi, di avere a disposizione enormi banche dati sulle malattie, i ricoveri, l’uso dei farmaci, ecc., di una determinata popolazione e di poter integrare tutte queste informazioni con quanto emerge dalle banche di materiale genetico, attraverso l’uso di nanotecnologie e allo sviluppo delle neuroscienze per una visione di sistema e di complessità, può consentire di individuare le caratteristiche di quella popolazione, l’epidemiologia di quel contesto, di completare il quadro con indicatori socio-economici e di seguire nel tempo le “tracce” che emergono dei singoli individui.

Il volume raccoglie il frutto di un primo tratto del percorso di ricerca del Gruppo, valorizzando alcuni contributi nel contesto italiano, in particolare dell’area veneta, in vista dell’elaborazione di una proposta applicabile in un contesto locale, ma che sia utile anche nel più ampio dibattito europeo.

D’altra parte emerge sempre più l’esigenza di una maggiore informazione su questa tematica, coinvolgendo il mondo accademico, popolazione, politici e manager della sanità, per una più efficace discussione tra tutti questi soggetti. Ciò rappresenta una grande sfida e una grande opportunità, perché, attraverso lo sviluppo e la gestione di queste tecnologie convergenti, si “converga” verso il bene della persona umana, di tutta la persona e di tutte le persone.

<sup>1</sup> Il gruppo base è composto da: Lorenzo Biagi, Giorgio Bonaccorso, Luciana Caenazzo, Massimo Castoro, Eleonora Gregori Ferri, Lucia Mariani, Daria Minucci, Renzo Pegoraro, Carlo Petrini, Daniele Ruggiu, Lorenzo Simonato.

## *Introduzione*

Lorenzo Simonato\*

Nei Paesi in cui lo stato di salute della popolazione è responsabilità di un sistema organizzato, quali sono i Servizi sanitari nazionali, i membri della popolazione vengono presi in carico dal sistema e generano informazioni sanitarie che vengono registrate e archiviate elettronicamente, spesso in diversi archivi separati, ogni volta che usufruiscono di una prestazione. Le relazioni del Dr. Lyons e del Prof. Baldo hanno un tema in comune: la ricostruzione dell'unità dei profili sanitari delle persone con l'obiettivo di attingere ad un secondo livello di ricostruzione che è quello pertinente all'identità di una popolazione. Questo approccio cerca di correggere una tendenza che è sempre stata presente nella scienza medica ovvero di disintegrare in numerose componenti fra loro apparentemente disgiunte o, di volta in volta parzialmente collegate, l'unità dell'essere umano inserito nel suo contesto di popolazione alla quale contribuisce e dalla quale viene formato.

Tale tendenza si è accentuata in tempi più recenti in rapporto allo sviluppo della tecnologia di laboratorio in grado di misurare e indagare aspetti sempre più fini del funzionamento del corpo umano nel tentativo di spiegare eventi complessi che avvengono nel corpo umano da dettagli biologici precedentemente non misurabili.

Tale sviluppo tecnologico, che tanti progressi ha indotto negli ultimi 20-25 anni nel campo della medicina, comporta però, moltiplicando e parcellizzando le conoscenze, il rischio, un po' paradossale, di produrre una moltitudine di frammenti che allontanano, invece di avvicinare, la comprensione dei fenomeni che si sta cercando di interpretare.

L'obiettivo comune dei due sistemi presentati in questa pubblicazione è di ricomporre le tessere di questo complesso mosaico per ricostruire la figura umana unitaria all'interno della quale necessariamente i fenomeni avvengono. Ciò implica inevitabilmente il riconoscimento dell'esistenza di

\* Dipartimento di Medicina Molecolare, Università di Padova.

un secondo livello, ovvero della dimensione popolazione, all'interno della quale ugualmente e inevitabilmente tutti i fenomeni che riguardano la salute accadono, possono esser misurati, interpretati ed essere oggetto di interventi terapeutici o preventivi.

Tutto ciò può generare linguaggi e significati diversi che a volte risultano conflittuali e disarmonici se le singole competenze e discipline non dialogano fra loro, ma costruiscono invece babeliche torri di conoscenze dalle fragili fondamenta. I sistemi integrati presentati cercano di evitare che questo possa accadere riconoscendo a priori il primato dell'unitarietà dell'individuo e della sua appartenenza ad un unicum che è la popolazione di cui fa parte.

Questo livello di conoscenza è ora raggiungibile grazie allo sviluppo della tecnologia digitale nell'archiviazione delle informazioni sanitarie e all'esistenza di sistemi sanitari collettivi quali sono i Servizi sanitari nazionali in numerosi Paesi soprattutto Europei. Lo sviluppo di questi sistemi integrati apre nuovi scenari, ma anche nuove criticità come la responsabilità della gestione e conservazione dei profili sanitari nel tempo, la loro impermeabilità a usi distorti o criminali, la regolamentazione degli accessi a scopo di ricerca, la programmazione e valutazione degli interventi di promozione della salute.

# Converging technologies: *i documenti europei*

Luciana Caenazzo\*, Lucia Mariani\*\*

## 1. *Converging technologies*

Le tecnologie dell'informazione, della comunicazione, le biotecnologie e le nanotecnologie sono tra le ultime grandi iniziative tecnologiche del XX secolo. La tecnologia dell'informazione ha preparato il terreno per l'utilizzazione del computer, dei telefoni cellulari e di Internet; gli sviluppi biotecnologici hanno permesso la fecondazione in vitro, lo screening genetico, farmaci più mirati e organismi geneticamente modificati. I ricercatori nell'ambito delle nanotecnologie sono oggi in grado di manipolare singoli atomi, hanno sviluppato materiali migliorati ed hanno come obiettivo la "miniaturizzazione".

La prima importante sfida di ricerca del XXI secolo è la convergenza di queste tecnologie che chiameremo in questo contributo, mantenendo il termine inglese, *Converging technologies*.

Le info-, bio- e nano-tecnologie si completano a vicenda e hanno iniziato a unire le proprie forze con le scienze cognitive, la psicologia sociale ed altre scienze sociali, una convergenza che promette di trasformare ogni aspetto della vita.

Le nanotecnologie aprono le porte alla progettazione a livello molecolare. Ad esempio, le molecole di una cellula nervosa possono essere combinate con un sensore artificiale al fine di ripristinare la visione in taluni casi di cecità. Un'altra tecnologia convergente potrebbe utilizzare substrati biologici come nel "DNA chip" per diagnosi di salute personale o ambientale. La ricerca nel campo delle scienze sociali potrebbe essere in grado di guidare il calcolo ambientale in modo tale che i soggetti umani acquisiscano più rapidamente le informazioni relative agli spazi e alle situazioni in cui si muovono e agiscono.

\* Dipartimento di Medicina Molecolare, Università di Padova.

\*\* Fondazione Lanza.

Tanto più le *Converging technologies* continueranno ad affinare la tendenza alla miniaturizzazione, tanto più esse si inseriranno nell'ambiente diventando fortemente pervasive. Un tale ambiente artificiale garantirà la possibilità di un maggiore e più equo accesso alle conoscenze e alle informazioni, nuovi interventi terapeutici, un miglioramento del monitoraggio ambientale, una maggiore sicurezza e protezione dei soggetti, l'espansione delle capacità comunicative.

Tuttavia, i potenziali benefici di queste *Converging technologies* comportano anche una serie di rischi che potrebbero includere, ad esempio, gli effetti negativi di nuovi materiali e dispositivi sulla salute, violazioni della privacy, disgregazione sociale, fattori derivanti da profonde trasformazioni del lavoro e del tempo libero, lo spostamento della natura da come la conosciamo ad un ambiente artificiale, il danno all'integrità della persona, l'autonomia e la morale.

Il termine "*Converging*" è ampio ed abbastanza versatile da poter essere applicato in molti modi alla scienza e alla tecnologia. La biochimica, la biologia molecolare, la medicina evolutivistica, la linguistica computazionale e la psicologia cognitiva possono essere considerate come il risultato della convergenza di discipline e di domini in precedenza separati. Nel settore delle tecnologie dell'informazione, il termine "convergenza" è di solito usato per designare delle multifunzionalità, come il telefono, lo schermo, il computer, l'accesso internet e la videocamera, che si fondono tutti in un unico dispositivo. I giornalisti parlano di convergenza quando un singolo processo editoriale integra stampa, televisione e la pubblicazione su Internet. Gli storici della tecnologia si riferiscono alla convergenza quando, nel corso del tempo, il progresso tecnologico converge con il cambiamento sociale. Per quanto riguarda lo sviluppo disciplinare della scienza e della tecnologia, la convergenza si riferisce talvolta ad una fusione di concetti provenienti da conoscenze diverse, a volte all'unificazione di domini di ricerca precedentemente separati, altre alla condivisione di pratiche e dispositivi o ad un obiettivo comune che viene approcciato da direzioni diverse.

Negli ultimi anni, il termine *Converging technologies* ha assunto un nuovo significato riferendosi a tecnologie abilitanti e sistemi di conoscenza che, insieme, consentono il perseguimento di un obiettivo comune. Per esempio da un punto di vista concettuale, le nanotecnologie aiutano le altre tecnologie, fornendo un quadro di riferimento comune a tutti i problemi di ingegneria a livello di hardware. Tutto ciò che consiste in molecole può, in linea di principio, essere integrato con l'altro. La comprensione della proprietà su scala nanometrica consente la realizzazione di architetture a livello sia di micro che di macro scala. Strumentalmente, le nanotecnologie permettono la costruzione di biotecnologie per lo sviluppo di nuove imma-

gini tecniche, sonde e sensori, contribuendo alle esigenze di miniaturizzazione della tecnologia dell'informazione. Inoltre, nano-chip e nano-sensori sono progettati per consentire progressi nel nuovo mondo della bioinformatica. Le biotecnologie consentono alle nanotecnologie di prevedere meccanismi di riconoscimento cellulare e trasporti mirati. Inoltre promettono di permettere alla tecnologia dell'informazione di sviluppare, ad esempio, i fondamenti della tecnologia del DNA computing.

## **2. Il Rapporto della Commissione Europea “Converging Technologies – Shaping the future of European Societies” (2004)**

Nel rapporto della Commissione Europea del 2004<sup>1</sup>, intitolato “Converging technologies – Shaping the Future of European Societies”, si legge che il significato del termine *Converging technologies* fu stabilito per la prima volta nel dicembre 2001 in occasione di un workshop organizzato dal US National Science Foundation and Department of Commerce.

Il titolo riportato nel report del workshop suggerisce che il termine *Converging technologies* intenda le tecnologie convergenti come tecnologie abilitanti e sistemi di conoscenza che consentano l'un l'altro il perseguimento di un obiettivo comune.

Questa definizione coglie il potenziale scientifico e tecnico delle *Converging technologies* e suggerisce opportunità per finanziamenti di progetti di ricerca e sviluppi a livello europeo.

Nel caso delle nanotecnologie, delle biotecnologie e delle tecnologie dell'informazione, è particolarmente facile vedere come queste tecnologie permettano l'una all'altra di convergere. Per esempio, la tecnologia dell'informazione, attraverso la sua capacità di rappresentare gli stati fisici come processi di informazione e di modello attraverso una grande varietà di metodi computazionali, facilita l'integrazione con le altre tecnologie. Strumentalmente, le tecnologie dell'informazione forniscono la potenza di calcolo che è essenziale per il processo di ricerca in tutte le discipline tecniche. Esse permettono l'implementazione delle nanotecnologie attraverso il controllo di precisione di patterning e di intervento, così come le biotecnologie forniscono i mezzi per modellare processi complessi consentendo così di risolvere problematiche di ricerca difficili. Inoltre, il software di simulazione aiuta la ricerca a livello nano-bio e lo sviluppo nel monitoraggio ambientale.

<sup>1</sup> [http://www.ntnu.no/2020/final\\_report\\_en.pdf](http://www.ntnu.no/2020/final_report_en.pdf)

Questo elenco di tecnologie abilitanti e di sistemi di conoscenza può essere ampliato includendo le scienze cognitive, le scienze ambientali, la teoria dei sistemi e le scienze sociali, tra cui la filosofia, l'economia e il diritto.

Concettualmente, le scienze sociali e umanistiche possono abilitare la scienza e la tecnologia attraverso un'ampia varietà di modi. Esempi comuni includono strategie di gioco-teorico per massimizzare i benefici e minimizzare i costi, modelli per la rappresentazione dell'economia e di altre forme di scambio, modelli *Gestalt*<sup>2</sup> nella percezione umana o attraverso l'intelligenza artificiale e la semiotica come teoria generale dei segni prodotti dall'uomo e dalla natura. Strumentalmente, esse offrono tecniche di ragionamento probabilistico e di inferenza statistica, metodologie per la ricerca qualitativa o per una comprensione delle dinamiche sociali della creazione e diffusione dell'innovazione tecnologica. L'economia e il diritto facilitano la tecnologia di ricerca e di sviluppo modellando la struttura degli incentivi per il suo sostegno e la sua diffusione. La filosofia, gli studi culturali e l'etica forniscono orientamenti secondo cui le nuove tecnologie potranno turbare i modi tradizionali della vita. Pertanto, senza una comprensione della società, può essere probabile che una tecnologia lanciata in modo improprio finisca per essere rifiutata dalla società.

Il sovracitato documento della Commissione Europea del 2004, scritto da un gruppo di esperti, si occupa di chiarire alcuni aspetti di queste nuove tecnologie<sup>3</sup>.

Il presupposto di questo rapporto verrà sinteticamente riassunto nei prossimi paragrafi.

Le *Converging technologies* presentano opportunità e cambiamenti significativi, convergendo su obiettivi comuni o visioni condivise, e la prima tra queste opportunità e sfide è la formulazione di tali obiettivi. Le tecnologie convergenti per la conoscenza della società europea (CTEKS)<sup>4</sup> indicano l'approccio europeo alle *Converging technologies*. Secondo il documento, infatti, i cittadini europei potranno avere dei benefici solo se le CTEKS saranno orientate verso l'assistenza sanitaria, l'elaborazione delle informazioni e della comunicazione, il risanamento ambientale, l'approvvigiona-

<sup>2</sup> Si tratta di una corrente di ricerca in psicologia focalizzata in particolare sugli aspetti percettivi e del ragionamento/problem-solving. La *Gestalt* ha contribuito a sviluppare le indagini sull'apprendimento, sulla memoria, sul pensiero e sulla psicologia sociale. L'idea portante dei fondatori della *Gestalt* era che il tutto fosse diverso dalla somma delle singole parti da cui la famosa frase: "Il tutto è più della somma delle singole parti". Le teorie della *Gestalt* si rivelarono altamente innovative in quanto rintracciarono le basi del comportamento rispetto al modo in cui viene percepita la realtà, anziché per quello che è realmente.

<sup>3</sup> Vedi nota 1.

<sup>4</sup> Traduzione dall'inglese "Converging Technologies for the European Knowledge Society (CTEKS)".



mento energetico e altre aree di interesse pubblico e personale. Le CTEKS consentiranno lo sfruttamento del potenziale tecnologico e le opportunità economiche per soddisfare le pressanti esigenze in Europa e nei Paesi in via di sviluppo.

Di fronte alla profonda trasformazione e ai cambiamenti potenzialmente dirompenti rispetto alla natura, la società e gli individui, i cittadini e i governi hanno sulle proprie spalle grandi responsabilità in quanto dovranno trovare un percorso tra la necessità di controllare lo sviluppo delle *Converging technologies* e il possibile distacco culturale e morale a cui queste tecnologie pervasive potranno portare.

Al fine di raccogliere la sfida e di sfruttare queste opportunità, il rapporto in oggetto ha sviluppato una serie di raccomandazioni su ambienti di visione e strategia, nuovi programmi di ricerca, strutture di ricerca più ampie e di supporto, etica e *empowerment* sociale, terminando con 16 raccomandazioni rivolte anche ad attività in carico alla Commissione Europea negli anni successivi alla produzione del documento<sup>5</sup>.

### **3. Il Rapporto Rathanau “From Bio to NBIC convergence – From Medical Practice to Daily Life” (2014)**

Un altro documento di grande interesse in ambito europeo è rappresentato dal rapporto del Rathenau Institut e per questo chiamato per brevità Rathenau Report. È stato elaborato da Rinie van Est e collaboratori su richiesta del Consiglio d’Europa e intitolato “From Bio to NBIC convergence – From Medical Practice to Daily Life”<sup>6</sup>. Si tratta di un importante lavoro in quanto costituisce il preludio e il punto di riferimento per il successivo documento pubblicato dalla Commissione etica del Consiglio d’Europa nel 2015 il cui contenuto verrà riassunto di seguito.

Il documento definisce le *Converging technologies*, come costituite, in termini generali, dalla combinazione di diverse tecnologie le quali sono sempre state una fonte importante per l’innovazione considerando che molte scoperte tecnologiche finiscono spesso per attuarsi tra i confini delle tecnologie e i settori industriali.

Non è una sorpresa che il termine “*Converging*” sia stato utilizzato sempre di più nel settore della tecnologia informatica (IT technology) a partire dal 1980. Un esempio di tale convergenza in quegli anni è stata la

<sup>5</sup> Le Raccomandazioni, tradotte in italiano, sono riportate in Appendice.

<sup>6</sup> [http://www.coe.int/t/dg3/healthbioethic/Activities/12\\_Emerging%20technologies/Rapport%20from%20Bio%20to%20NBIC\\_web.pdf](http://www.coe.int/t/dg3/healthbioethic/Activities/12_Emerging%20technologies/Rapport%20from%20Bio%20to%20NBIC_web.pdf)

meccatronica, ovvero la combinazione della tecnologia informatica e di tecnologie di produzione. Un decennio più tardi Internet, è stato il risultato della convergenza tra tecnologie informatiche e tecnologie della comunicazione. Durante questo periodo, il progetto "Genoma Umano" ha fornito anche un ottimo esempio di convergenza tecnologica tra biologia e informatica. La mappatura del genoma umano è fortemente dipendente dalla potenza dei computer. Viceversa, gli sviluppi e i concetti di biologia hanno ispirato la comunità della tecnologia informatica, come illustrato da concetti come reti neurali<sup>7</sup>, *swarm intelligence*<sup>8</sup> e DNA computing<sup>9</sup>.

Come già detto in precedenza, il documento riporta la storia della definizione. A partire dall'inizio del XXI secolo, un'ampia visione sulla convergenza tecnologica è stata promossa, negli Stati Uniti, dal mondo della ricerca militare e spaziale. Alla fine del 2001, motivata da diversi segnali di ottimismo, la National Science Foundation (NSF), ha organizzato un workshop sul tema *Converging technologies for improving human performance* dove per la prima volta fu introdotto il termine *NBIC convergence* intendendo con esso l'integrazione prevista tra nanotecnologie, biotecnologie, tecnologie dell'informazione e scienze cognitive. L'espansione del triangolo NBI a tetraedro NBIC ha riconosciuto il rapido emergere delle scienze cognitive e il ritorno dell'intelligenza artificiale<sup>10</sup>. Il termine *NBIC convergence* è stato pensato per essere cruciale per il successo dello sviluppo di nuovi settori come la medicina molecolare, la robotica di servizio, l'intelligenza ambientale, la genomica personalizzata e la biologia sintetica.

Fino ad oggi il Comitato di Bioetica del Consiglio d'Europa si è concentrato principalmente su questioni riguardanti i progressi biotecnologici e biomedici applicati al corpo umano. Attraverso la *NBIC convergence*, il numero di modi per intervenire sul corpo umano aumenterà notevolmente, non solo per mezzo delle biotecnologie, ma anche delle nanotecnologie e dell'informatica. Inoltre, grazie all'avvento delle tecnologie cognitive, le

<sup>7</sup> Il termine rete neurale (o rete neuronale) viene utilizzato in riferimento ad una rete o ad un circuito di neuroni biologici. Ne è, tuttavia, affermato l'uso anche in matematica applicata relativamente alle reti neurali artificiali e ai modelli matematici composti di "neuroni" artificiali.

<sup>8</sup> La *swarm intelligence* (traducibile come: intelligenza dello sciame) è un termine coniato per la prima volta nel 1988 in seguito ad un progetto ispirato ai sistemi robotici. Esso prende in considerazione lo studio dei sistemi auto-organizzati nei quali un'azione complessa deriva da un'intelligenza collettiva, come accade in natura nel caso di colonie di insetti o stormi di uccelli, branchi di pesci o mandrie di mammiferi.

<sup>9</sup> Con il termine DNA computing, traducibile in computer a DNA, ci si riferisce ad una forma di computer che utilizza il DNA (e quindi la biochimica e la biologia molecolare) al posto dei tradizionali computer a base di silicio.

<sup>10</sup> [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf)

nostre menti saranno sempre più oggetto di intervento. Si potrebbe concludere, quindi, che la *NBIC convergence* è più di una semplice convergenza di tecnologie, nel senso che, mentre l'innovazione è normalmente guidata dalla convergenza tecnologica, nel concetto di *NBIC convergence* così inteso c'è qualcosa di qualitativamente nuovo, ossia che una parte significativa dei nuovi sviluppi convergenti si svolge al confine tra la vita e la vita artificiale, cioè, tra uomo e macchina, dove sono contenuti il pensiero e il pensiero artificiale, in altre parole l'intelligenza e l'intelligenza artificiale.

La caratteristica principale della *NBIC convergence* è il fatto che essa punti alla graduale dissoluzione dei confini tra la fisica e le scienze biologiche. Tradizionalmente, le scienze fisiche hanno studiato sistemi non viventi mentre le scienze biologiche hanno studiato gli organismi viventi. La *NBIC convergence* implica appunto la loro convergenza. Questa fusione va in entrambe le direzioni e, ad ogni modo, rappresenta la tendenza verso la quale “la biologia sta diventando tecnologia e la tecnologia sta diventando biologia”.

Infatti, da un lato, le scienze fisiche (nanotecnologie e tecnologie dell'informazione) consentono progressi nelle scienze della vita, come le biotecnologie e le scienze cognitive. Abbiamo visto che questo tipo di convergenza tecnologica ha creato una nuova serie di ambiziosi progetti ingegneristici in materia di processi biologici e cognitivi, tra cui il miglioramento umano. Si potrebbe dire che gli sviluppi nel campo delle nanotecnologie e delle tecnologie dell'informazione sono orientati verso l'obiettivo per il quale sistemi viventi complessi, quali geni, cellule, organi, cervello, potrebbero in futuro essere prodotti dalla bio-ingegneria più o meno allo stesso modo con cui sono attualmente progettati sistemi non viventi, come ad esempio ponti e circuiti elettronici. A questo proposito, il continuo afflusso delle scienze fisiche nelle scienze biologiche sembra andare di pari passo con una crescente influenza di un approccio ingegneristico alla vita. La tendenza della biologia a divenire tecnologia, pertanto, implica e promette un forte aumento di nuovi tipi di intervento negli organismi viventi, compresi il corpo umano e il cervello.

D'altra parte, le scienze della vita – intuizioni in processi biologici e cognitivi – ispirano e consentono progressi nelle scienze fisiche, come le scienze dei materiali e le tecnologie dell'informazione. La tendenza della tecnologia a diventare biologia implica che le tecnologie stanno acquistando proprietà caratteristiche degli organismi viventi, come l'auto-assemblaggio, l'auto-guarigione, la riproduzione e il comportamento intelligente. “La tecnologia che diventa biologia” ha come scopo quello di portare gli elementi dei sistemi di vita nella tecnologia, si parla così di “tecnologia vivente”. Questo sviluppo si basa molto sulla cosiddetta bio-

mimetica. L'idea che sta alla base della biomimetica è che gli ingegneri possono imparare molto dalla natura. Gli ingegneri emulano la natura per migliorare le loro capacità ingegneristiche e quindi la tendenza della tecnologia a diventare biologia incarna un aumento del futuro bio-, cogno- e socio-ispinato a nuove tipologie di manufatti, che sarà applicato nei nostri corpi e cervelli e/o intimamente integrato nella nostra vita sociale. Esempi di manufatti bio-ispinati sono i biofarmaci, i tessuti ottenuti tramite l'ingegneria genetica, le cellule staminali, gli xenotrapianti e gli organi artificiali ibridi. Robot animaleschi o umanoidi, *avatar*, *softbot*, tecnologie persuasive e tecniche di rilevamento dell'emozione sono esempi di manufatti cogno- e socio-ispinati.

A causa della maggiore interazione tra le scienze biologiche e fisiche, la questione della *NBIC convergence* sta ampliando radicalmente il dibattito scientifico. Oltre ad interventi genetici, gli aspetti sociali degli interventi *Info-Tech* nei corpi e nei cervelli di animali e di esseri umani è al centro della scena nel dibattito politico e pubblico. Anche la questione della tendenza per cui la "tecnologia sta diventando biologia" porterà a problemi controversi. La società ha già discusso molte questioni relative alle problematiche connesse ai manufatti bio-ispinati, come la clonazione, gli xenotrapianti e la terapia con cellule staminali. Tuttavia, la società dovrà anche tener conto dell'aumento di manufatti cogno- e socio-ispinati, tecnologie che sollevano molte questioni etiche su come gli stessi diventeranno intimamente integrati nella nostra vita sociale.

#### **4. Il Rapporto del Comitato di Bioetica del Consiglio d'Europa, "Report on Ethical Issues Raised By Emerging Science and Technologies" (2015)**

Il documento "Report on Ethical Issues Raised By Emerging Science and Technologies", pubblicato dal Comitato di Bioetica del Consiglio d'Europa il 23 gennaio 2015 e redatto da Roger Strand e Matthias Kaiser dell'Università di Bergen<sup>11</sup>, costituisce il primo documento dedicato agli aspetti etici delle *Converging technologies*. Alcuni spunti riguardanti le motivazioni che hanno spinto il Consiglio d'Europa a produrre questo rapporto possono essere individuati nella parte introduttiva di seguito tradotta in alcune sue parti.

<sup>11</sup> [http://www.coe.int/t/dg3/healthbioethic/Activities/12\\_Emerging%20technologies/BergenStudy%20e.pdf](http://www.coe.int/t/dg3/healthbioethic/Activities/12_Emerging%20technologies/BergenStudy%20e.pdf)

La storia del XX secolo ci ha insegnato che le grandi potenzialità della scienza moderna e della tecnologia comportano anche grandi responsabilità. Gli insegnamenti sono stati diversi: la necessità di sviluppare una *governance* internazionale per far fronte alle sfide del nucleare; l'impatto delle società moderne e le loro tecnologie sull'ambiente naturale e sul clima; le implicazioni della biomedicina e delle biotecnologie sulla riproduzione, sulla salute, sull'identità e sulla dignità umana.

Il concetto che Mary Shelley anticipò già nel 1818 nel suo romanzo *Frankenstein*, un moderno Prometeo, fu gradualmente capito e accettato solo nella seconda metà del XX secolo: anche la passione per la conoscenza deve essere temperata dal senso etico e dalla valutazione e gestione razionale delle sue conseguenze.

I luoghi della temperanza etica e razionale sono e dovrebbero essere molti. Gli Stati hanno una responsabilità innegabile di fronte alla protezione e alla sicurezza dei loro cittadini. Gli scienziati e le istituzioni scientifiche sono soggetti alle norme e alle linee-guida nazionali, oltre ad avere forti tradizioni di autogoverno sulla base della propria etica professionale.

Infine, e in ultima analisi, i singoli esseri umani, in quanto individui e cittadini, sono anch'essi soggetti morali con le loro libertà e responsabilità rispetto alla loro qualità di vita, sia individuale che collettiva. Molti degli aspetti etici e politici dei rischi e dei benefici della scienza e della tecnologia moderne potranno essere giustamente e alternativamente considerati come questioni di scelta individuale, meccanismi di mercato, *governance* istituzionale e politica nazionale. Tuttavia, ci sono sviluppi scientifici e tecnologici di così vaste dimensioni e implicazioni che richiedono un coordinamento e un'azione a livello internazionale.

Mentre l'azione/responsabilità di ogni singolo individuo è essenziale per il procedere della sua vita, è altresì responsabilità della Società garantire le condizioni affinché sia possibile l'azione di ogni singolo individuo. Di conseguenza, le società moderne hanno a lungo dibattuto sui benefici e rischi inerenti agli sviluppi tecnologici. Tecnologie visibilmente rischiose – ad esempio per la guerra e la distruzione – hanno una lunga storia di regolamentazione governativa. La regolamentazione degli aspetti etici, legali e sociali di varie tecnologie indirettamente pericolose è stata talvolta ancora più esigente. C'è voluto un maggiore sforzo intellettuale per interpretare gli sviluppi, identificare e comprendere la posta in gioco e sviluppare risposte sociali adeguate.

Le moderne biotecnologie offrono un esempio calzante. Mentre i benefici che offrono sono innumerevoli, le questioni in gioco possono incidere profondamente su ciò che costituisce l'umanità e l'identità della specie umana. Di conseguenza, gli Stati e le principali Organizzazioni internazio-