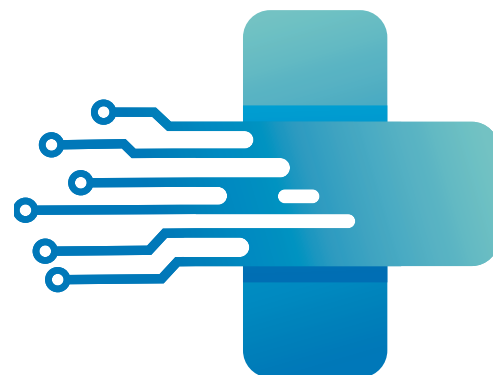




Internet of Beings o della rivoluzione in sanità con IA e hyper data

Questo articolo propone una riflessione su quella che potrebbe essere la prossima grande rivoluzione nella storia di Internet: l'interconnessione di corpi viventi tramite sensori sempre più potenti e miniaturizzati, per formare un sistema informativo senza soluzione di continuità. La convergenza tra big data, intelligenza artificiale, salute e scienze della vita presenta non solo enormi opportunità ma anche rischi, che i manager dei sistemi sanitari e farmaceutici dovranno saper gestire, guidando una trasformazione che cambierà radicalmente la natura dei loro settori e delle loro industrie.

SANITÀ//BIG DATA//INTELLIGENZA ARTIFICIALE/INTERNET OF BEINGS//MEDICINA PERSONALIZZATA



FRANCESCO GRILLO

è Professore all'Università Bocconi, dove insegna nel programma del Master of Transformative Sustainability (tenuto insieme al Politecnico di Milano) ed è Visiting Fellow presso lo European University Institute. Questo articolo è un'anteprima del suo prossimo libro "Internet of Beings: The Dreams and Nightmares of Digitizing Human Bodies", che uscirà nel 2025 per Oxford University Press.

Le applicazioni della telemedicina risalgono agli albori della rete (Hjelm, 2017). Nelle stesse settimane in cui Vincent Cerf e Robert Kahn proponevano al Pentagono l'utilizzo di un nuovo protocollo per le comunicazioni interne chiamato "Internet", gli astronauti trasmettevano in diretta streaming i loro segnali vitali dal suolo lunare a un pubblico globale, grazie a tute spaziali dotate di un sistema di monitoraggio continuo in grado di inviare dati a Houston in tempo reale. Eppure, nonostante decenni di previsioni ottimistiche su come gli strumenti digitali avrebbero trasformato la sanità e la prevenzione delle malattie, molte di queste aspettative rimangono ancora insoddisfatte.

Sebbene il settore sanitario e della ricerca farmaceutica sia ampiamente tecnologico, spesso manca un'integrazione efficace delle tecnologie

dell'informazione e della comunicazione (TIC). In altre parole, pur impiegando macchinari all'avanguardia e molto costosi, ospedali e laboratori farmaceutici faticano a farli comunicare tra di loro in maniera efficace (Carinci et al., 2015). Ad esempio, è sorprendente che, dopo aver tanto parlato di “cartelle cliniche elettroniche”, la maggior parte dei pazienti debba ancora portare con sé copia dei propri esami da uno specialista all'altro (Mitchell & Kan, 2019). Questo riduce significativamente l'efficienza¹ dei sistemi sanitari (Baumol, 2012), rendendoli in ultima analisi non solo sempre più costosi, ma anche meno capaci di raggiungere i pazienti, andando contro i principi della “copertura sanitaria universale”. Tre importanti sviluppi, però, potrebbero cambiare lo stato dell'arte.

Il primo riguarda l'esperimento sociale innescato dalla pandemia da Covid-19, che ha portato a un'integrazione senza precedenti delle tecnologie digitali nella vita quotidiana (Abi Younes et al., 2020; Patel et al., 2021). È vero che le aspettative di chi prevedeva una svolta radicale dei servizi pubblici in prima linea nell'emergenza, come ospedali e scuole, sono rimaste finora deluse. Tuttavia, l'esperimento è riuscito ad abbattere numerosi pregiudizi cognitivi che avrebbero potuto altrimenti ostacolare il progresso tecnologico.

Il secondo sviluppo è legato agli ingenti investimenti che le piattaforme digitali globali stanno riversando sulla sanità: una scelta strategica che intende rispondere all'obsolescenza

di un modello in cui Internet è soprattutto social network e intrattenimento (Vision & Value, 2022; Matwyshyn, 2019), con un impatto sulla produttività significativamente inferiore rispetto alle precedenti rivoluzioni industriali (Solow, 1987). Alcuni sostengono che questa tendenza sia in linea con lo sviluppo di una nuova infrastruttura digitale nota come “metaverso” (Clegg, 2022). In un certo senso, però, replicare la vita umana in un ambiente virtuale contraddice la nozione secondo cui Internet possa “entrare” nei corpi umani², un approccio con un potenziale di guadagno molto più elevato di quello previsto da aziende come Meta, ma con rischi più radicali.

Il terzo e più importante sviluppo riguarda l'ascesa di quella che molti chiamano (con qualche imprecisione) “intelligenza artificiale”³. In effetti, il rapido progresso di software in grado di imitare i processi cognitivi e i linguaggi umani, elaborando al contempo enormi quantità di informazioni in tempo reale, è destinato a colmare un vuoto importante (Kumar et al., 2021). Per decenni, la crescita inarrestabile del volume di dati immagazzinati nei nostri sistemi informatici è stata limitata dalla capacità del sistema di elaborare tali informazioni. Ora, i “modelli linguistici di grandi dimensioni” possono eliminare questo vincolo e i computer quantistici (DiVincenzo, 2000)⁴ renderanno esponenziale la potenza di elaborazione.

L'effetto combinato di questi tre sviluppi produrrà una convergenza tra biologia e informatica

1 L'economista statunitense William Baumol studiò due settori con un livello di produttività particolarmente basso: istruzione e sanità. Baumol scoprì che questi due servizi pubblici avevano delle caratteristiche in comune con i concerti di musica classica: un robot, infatti, non può sostituire un violinista. La padronanza dello strumento richiede ciò che definiamo “talento”, che va oltre la semplice “competenza” e che di conseguenza non è facilmente replicabile, nemmeno dall'intelligenza artificiale. La difficoltà intrinseca di automatizzare un concerto di violini rende gradualmente tali concerti più costosi nel tempo rispetto, ad esempio, all'automazione di un sistema contabile. Baumol estese questo concetto a medici e insegnanti, nonché alla percentuale del PIL destinata dalle società avanzate all'istruzione e alla sanità, un importo che ha visto un costante aumento negli anni. Questi due settori sono abbastanza significativi da spiegare la lenta crescita della produttività osservabile in intere economie.

2 Ciò implica due percorsi totalmente diversi verso l'intelligenza artificiale: da un lato l'idea di robot che diventano umani (come in Blade Runner), dall'altro quella di umani potenziati da dispositivi digitali (come in Iron Man).

3 Per intelligenza artificiale si intende in realtà un'evoluzione tecnologica molto più ampia dei chatbot che si sono diffusi a partire dal novembre 2022. Se siamo d'accordo con la definizione fornita dall'OCSE e dall'UE, si tratta di “un sistema basato su una macchina che, per obiettivi espliciti o impliciti, deduce dagli input ricevuti come generare output come previsioni, contenuti, raccomandazioni o decisioni che possono influenzare ambienti fisici o virtuali”. In quanto tale, l'IA opera da decenni nei motori di ricerca, nelle classifiche dei prodotti sulle piattaforme di e-commerce e persino nei suggerimenti degli amici sui social media.

4 I computer quantistici saranno probabilmente il complemento tecnico dell'immensa potenza di calcolo che i “modelli linguistici di grandi dimensioni” richiederanno. Tuttavia, devono ancora superare una serie di sfide prima di poter essere utilizzati per scopi pratici e su larga scala.

(Economist, 2020) e tra assistenza sanitaria e robot “intelligenti”, offrendo possibilità senza precedenti⁵ ma anche rischi di gran lunga superiori alle attuali preoccupazioni riguardo alla sicurezza informatica e alla privacy (Altynpara, 2022).

Questa triplice evoluzione coincide con un problema politico e sociale che non riesce ancora a conquistare le prime pagine dei giornali: i sistemi sanitari, considerati pilastri dello stato sociale in Europa e potenti forze di coesione sociale ovunque nel mondo, si stanno sgretolando. Per decenni il miglior indicatore del progresso sociale è stato l'aumento dell'aspettativa di vita a livello mondiale. Eppure, nel 2023 questo parametro è stato il più basso dall'inizio del secolo negli Stati Uniti⁶ e non ha ancora recuperato i livelli pre-pandemia nella maggior parte dei paesi europei. Anche nei paesi in via di sviluppo, sebbene non si sia riscontrato un calo dell'aspettativa di vita, i livelli non stanno aumentando allo stesso ritmo del XX secolo.

Si tratta quindi di una situazione economicamente e politicamente insostenibile, che crea tuttavia spazio per un gigantesco salto verso la digitalizzazione.

IL PARADIGMA DI “INTERNET OF BEINGS”

Un modo per comprendere l'evoluzione tecnologica in atto è quello di vederla attraverso la progressiva sofisticazione dei cosiddetti “sensori”, che stanno diventando molto più di semplici oggetti digitali in grado di “percepire” il corpo umano.

Inizialmente integrati principalmente in apparecchiature ospedaliere come le macchine

per l'ECG, i sensori sono entrati a far parte dell'elettronica commerciale con i *wearable* per gli atleti. Attualmente i leader del mercato dei dispositivi *wearable* sono i colossi di Internet: Apple con il suo Smartwatch (che include funzioni di tracciamento, oltre a e-mail, chiamate e messaggistica); Samsung con il suo orologio Galaxy; e Google con il suo Fitbit, acquisito nel 2019 (Baumol, 2012). Eppure, gli indossabili non sono che una mera anticipazione di ciò che i sensori possono fare (Economist, 2022).

Le prossime tre ondate di innovazione riguarderanno sensori che diventeranno prima impiantabili⁷ per contribuire ad alleviare le sofferenze causate da malattie croniche (come già avviene con il pacemaker, che controlla e gestisce le pulsazioni del cuore), poi ingeribili⁸ (De la Paz et al., 2022) con l'aiuto di sola acqua⁹, e infine in grado di raggiungere autonomamente i punti del corpo che necessitano di sorveglianza, o “pattugliare” – come micro guardiani digitali – interi tratti del nostro organismo.

La svolta potrebbe però arrivare da un'evoluzione nella natura degli oggetti che entrano nei corpi: infatti, anziché essere necessariamente fatti di silicio, potrebbero essere realizzati in materiale organico, come biopolimeri e proteine (Wang et al., 2013). È quello che un intero settore della scienza dei materiali studia da un secolo e mezzo, un'area di ricerca che nel 2000 è valsa il Premio Nobel per la Chimica ad Alan Heeger, Alan MacDiarmid e Hideki Shirakawa, e il cui punto di partenza sono le proprietà conduttive dei polimeri. Le celle solari organiche sono già utilizzate come pannelli solari di seconda generazione (per

5 Ci riferiamo, ad esempio, alla possibilità che i “chip nei corpi” possano correggere direttamente i segnali che i neuroni inviano al resto dell'organismo quando si verificano malfunzionamenti all'interno del nostro straordinario sistema informativo interno che collega tutti i nostri organi.

6 Questo risultato potrebbe essere anche attribuito all'aumento dei decessi per overdose, passati da circa 20.000 nel 2000 a oltre 100.000 nel 2023. Si tratta probabilmente di una delle maggiori cause di morte per le persone di età compresa tra i 19 e i 40 anni e comunque per una piccola frazione dei quasi 3,5 milioni di decessi annui negli Stati Uniti.

7 Le aziende US Medtronic e China Medical Technologies forniranno casi interessanti.

8 Questi saranno per lo più confinati al tratto gastrointestinale. Tuttavia, è teoricamente possibile che chip ancora più microscopici possano viaggiare nei vasi sanguigni più grandi o addirittura essere inalati nelle vie aeree del sistema respiratorio.

9 Come si evince dalla visione di Rani Therapeutic, azienda con sede a San Jose: l'azienda sta rivoluzionando la somministrazione di trattamenti biologici che in precedenza richiedevano dolorose iniezioni, incapsulandoli in pillole deglutibili.

ricaricare gli smartphone e persino gli zaini dei soldati) e i polimeri possono riprodurre le funzioni della pelle, del naso e persino degli occhi (Lu et al., 2023). I sensori organici, o molto probabilmente ibridi, potranno essere ospitati più facilmente dagli esseri viventi e addirittura “spostarsi” nei tratti del nostro corpo (o, più precisamente, venire attratti dagli organi da monitorare) posizionandosi dove necessario.

Parallelamente all'evoluzione dei percorsi tramite cui i sensori entreranno nel corpo umano, stiamo per assistere a un'evoluzione altrettanto straordinaria delle loro funzioni. Oggi i dispositivi *wearable* servono soprattutto a monitorare i parametri di salute o le prestazioni sportive e a informare chi condivide i propri dati. Alcuni di questi *wearable* sono già collegati in tempo reale ai sistemi utilizzati da ospedali e medici, consentendo loro di effettuare chiamate di emergenza e potenzialmente salvare milioni di persone da morti evitabili, ad esempio per infarto. In futuro i *wearable* avranno la capacità autonoma di intervenire nelle emergenze mediche, ad esempio iniettando nel corpo dell'aspirina cardiaca salvavita quando necessario¹⁰.

I sensori inizialmente progettati per il tempo libero si evolveranno in dispositivi medici – come ha già iniziato a fare Apple con il suo orologio –, tuttavia l'evoluzione potrebbe essere inversa: un dispositivo digitale destinato a risolvere un problema di salute potrebbe diventare un prodotto di consumo. È quanto sta accadendo agli apparecchi acustici, che si stanno trasformando in strumenti più versatili in grado di filtrare ciò che è suono da ciò che è rumore, trasmettere podcast e tradurre lingue straniere. Per aziende come SONOVA, leader nel mercato degli apparecchi acustici, questa evoluzione presenta nuove sfide e opportunità¹¹.

Anche trattamenti dolorosi e potenzialmente letali come la chemioterapia subiranno profondi cambiamenti. In futuro, le sostanze antitumorali

verranno rilasciate gradualmente – solo nella quantità necessaria e quando non c'è pericolo per la vita del paziente – attraverso dispositivi dotati di capacità di monitoraggio di base, eliminando così la necessità di visite ospedaliere. Questo sistema aiuterà anche le persone con allergie specifiche, permettendo una somministrazione precisa e tempestiva di antistaminici, corticosteroidi o, nei casi più gravi, di epinefrina salvavita. Sensori simili avranno un impatto significativo anche nel garantire che le routine dei protocolli di cura siano seguite dagli anziani o dagli infermi, come avviene attualmente con i microinfusori di insulina.

Uno dei sacri Graal del futuro è la bioingegneria, ovvero la possibilità di curare direttamente le cellule responsabili dei processi che possono minacciare la nostra vita o migliorarla (Hayflick, 1965). Nel mondo dell'*Internet of Beings* la biologia assomiglierà sempre più alla fisica, con sistemi nervosi potenzialmente in grado di innescare le reazioni chimiche che stimolano la crescita di nuove cellule.

I progressi effettivi negli ospedali potrebbero essere più lenti di quanto le tecnologie suggeriscano, per tre principali motivi. In primo luogo, c'è il problema della resistenza dello *status quo*. È difficile che i sistemi sanitari finanziati dallo Stato e fortemente sindacalizzati abbraccino un'innovazione che potrebbe mettere a rischio i posti di lavoro. Gli scioperi che stanno mettendo a soqquadro il servizio sanitario nazionale britannico ne sono un forte promemoria. Tuttavia,

Nel mondo dell'*Internet of Beings*
la biologia assomiglierà sempre
di più alla fisica.

¹⁰ Questo sembra essere il prossimo sviluppo per AliveCor, i cui dispositivi sono tecnicamente in grado di rilevare ritmi cardiaci anomali ed erogare uno shock elettrico per ripristinare il ritmo normale in caso di arresto cardiaco.

¹¹ Anche in questo caso potrebbero trovarsi di fronte un concorrente dalle tasche molto profonde e un enorme vantaggio in termini di dati: Apple con i suoi AirPods in rapida evoluzione.

la concorrenza di paesi che devono soddisfare esigenze sempre maggiori e mutevoli con risorse sempre più limitate potrebbe spingere anche i sistemi più consolidati ad accettare il cambiamento. In secondo luogo, sono necessari ulteriori sviluppi tecnologici prima di poter realizzare le visioni più ambiziose della bioingegneria. I chip più evoluti devono ancora essere perfezionati per garantire che la comunicazione non comporti rischi per l'organismo e prima di poter essere approvati da enti regolatori come la FDA. Inoltre, attualmente non possono ancora essere caricati a distanza¹² o funzionare senza batterie¹³.

Infine, il cosiddetto *digital divide* impedisce a vasti segmenti della popolazione di accedere alle tecnologie. Ciò è particolarmente vero per gli anziani¹⁴, che trarrebbero i maggiori benefici dall'accesso digitale ai servizi sanitari senza la necessità di doversi recare fisicamente in ospedale. Tuttavia, i dati mostrano che l'età è di gran lunga il fattore che limita la capacità delle persone di accedere alle tecnologie (Vision & Value, 2021). Gli anziani rappresentano un'opportunità per le startup¹⁵ e per interi paesi intenzionati a portare avanti una transizione digitale che non lasci indietro nessuno, come nelle parole di Ursula Von Der Leyen, Presidente della Commissione UE.

IL SETTORE FARMACEUTICO A UN BIVIO STRATEGICO

A cambiare radicalmente non sarà solo il modo in cui monitoreremo e gestiremo la nostra salute, ma anche le modalità di ricerca e sviluppo dei farmaci. Grazie ai sistemi di intelligenza artificiale una vasta

quantità di dati verrà analizzata per individuare i modelli su cui programmare i trattamenti a base di RNA e DNA. Le infinite combinazioni di input e risultati permetteranno di capire come gli organismi con specifici codici genetici, storie di salute e caratteristiche reagiscono ai micro-cambiamenti quotidiani (di temperatura, dieta, farmaci) con una granularità senza precedenti. Questo genererà un gran numero di "inferenze statisticamente significative", come i matematici chiamano gli eventi che probabilmente si ripeteranno, che informeranno le ipotesi verificate dai dati. Tutto ciò ridurrà notevolmente i tempi e i costi associati alle tradizionali sperimentazioni farmacologiche che richiedono esperimenti *ad hoc* (trials) su volontari, con nuovi trattamenti talvolta applicati a pazienti terminali, rischiando di sconvolgere la loro vita quotidiana.

Tuttavia, se un numero sufficiente di persone accetta di essere monitorato per lunghi periodi di tempo, la ricerca potrebbe non richiedere alcuna alterazione della vita quotidiana. I dati raccolti giorno per giorno da centinaia di milioni di persone possono rendere la ricerca medica più economica, più veloce e più sicura, trasformandone radicalmente la natura. Ci stiamo avvicinando a un'era in cui potrebbero esistere tanti farmaci quanti sono gli individui, con trattamenti costantemente adattati alle condizioni individuali (tenendo conto, ad esempio, di fattori come l'età e i cambiamenti stagionali) e dosaggi adattati quotidianamente in base alle necessità. Invece di laboratori multimiliardari, trasformeremo miliardi di corpi in laboratori in cui la ricerca potrà progredire mentre gli individui continuano la loro vita normale.

¹² Qualcomm sta facendo rapidamente progressi su entrambi i fronti.

¹³ Come dimostra la ricerca dell'UCSD Center of Wearable Sensors.

¹⁴ È interessante il caso di Proteus Digital Health che sembra aver scommesso su una rapida adozione da parte degli anziani, che non si è concretizzata.

¹⁵ A volte, tuttavia, l'innovazione proviene dagli operatori storici alla ricerca di nuovi vantaggi competitivi. Possiamo fare riferimento al caso della Bank of Baroda, che nel 2022 ha lanciato Bob World Gold, una piattaforma di mobile banking dedicata agli anziani. Le banche possono ottenere un vantaggio significativo servendo gli anziani a distanza, in quanto sono tra gli ultimi segmenti che ancora effettuano le loro operazioni bancarie principalmente presso le costose filiali.

Questo cambiamento di paradigma ha già spinto le più grandi aziende farmaceutiche – tra cui Pfizer, Sanofi, Roche – a collaborare con startup dedicate¹⁶ o con grandi aziende tecnologiche. Ad esempio, Novartis sta collaborando con Alphabet per sviluppare lenti a contatto intelligenti che monitorano i livelli di zucchero nel sangue, con l'obiettivo di migliorare la longevità dei pazienti. Questa tendenza alle partnership rappresenta però una minaccia esistenziale per una delle industrie più stabili e redditizie del capitalismo moderno (Miller et al., 2022)¹⁷.

Un intero modello di business costruito sui brevetti¹⁸ sarà radicalmente messo in discussione da tre fattori convergenti. In primo luogo, se la ricerca medica dovesse essere condotta utilizzando un'enorme quantità di dati unici di milioni di individui, quindi legalmente appartenenti a ciascuna persona (come previsto dalla normativa dell'UE, che sta diventando la norma globale), diventerà sempre più difficile considerare il risultato di tale ricerca come una proprietà intellettuale (IP) brevettabile (Andanda, 2019).

Il secondo riguarderà l'intelligenza artificiale, che può individuare nuovi prodotti o miglioramenti incrementali di quelli esistenti attraverso prove ed errori virtuali, con una tecnica simile a quella utilizzata dai modelli linguistici di grandi dimensioni. Un robot potrebbe essere riconosciuto come inventore? La ricompensa per tale innovazione dovrebbe andare al programmatore del software o al proprietario dei dati (Bonadio et al., 2021)?

In terzo luogo, la personalizzazione renderà

obsoleta l'idea di generare enormi ricavi vendendo – in grandi quantità e per molti anni – prodotti non riproducibili. Man mano che la personalizzazione diventa sempre più granulare, probabilmente ci saranno meno “blockbuster”, rendendo le aziende farmaceutiche più simili a fornitori di servizi con frequenti aggiornamenti delle loro soluzioni. I vaccini genetici (basati sul DNA o sull'RNA) forniscono già una piattaforma che può essere riprogrammata per nuove varianti o per individui specifici (Holman, 2015).

La ricerca medica del futuro potrebbe persino assomigliare all'*open source* – una versione molto più sofisticata di Wikipedia – dove la conoscenza progredisce in modo significativo grazie al contributo volontario e gratuito di molti. In un mondo in cui le informazioni provengono e vengono elaborate nel nostro corpo, diventerà giuridicamente difficile mantenere la proprietà di questi dati¹⁹.

Sarà una competizione tra “pharma e tech”, ma anche tra *open source* (come nel caso di Android) e *walled garden* (come nel caso di Apple). Una battaglia

Nuovi approcci più efficienti, capaci di costruire vantaggio competitivo dai dati, potrebbero sostituire le grandi aziende farmaceutiche.

¹⁶ K Health ne è un esempio: la startup è specializzata nello sviluppo di strumenti di intelligenza artificiale per analizzare enormi quantità di dati. Inizialmente focalizzata sull'offerta di trattamenti personalizzati, si sta ora orientando verso la ricerca.

¹⁷ Nel 2019 le dieci maggiori aziende farmaceutiche hanno generato un fatturato di 431 miliardi di dollari e un utile netto di 98 miliardi. Ciò ha comportato un ritorno sulle vendite piuttosto straordinario pari al 23%, un risultato superiore a quello delle dieci maggiori piattaforme digitali globali (nel 2018 il loro ROS è stato del 18,8% e nel 2020 è salito al 19,8%).

¹⁸ In effetti i brevetti non sono una caratteristica esclusiva dell'industria farmaceutica. Secondo l'IFI Claims Patent Services, Johnson & Johnson è stata l'azienda farmaceutica che si è posizionata più in alto (al 56° posto) in una classifica di detentori di brevetti dominata da aziende asiatiche (nove delle prime dieci) con Samsung al primo posto. Tuttavia, i brevetti svolgono un ruolo piuttosto unico nell'industria farmaceutica, in quanto sono associati a interi prodotti tecnicamente più irriproducibili. In altri settori, come l'hardware e il software, i brevetti proteggono caratteristiche specifiche e possono essere aggirati più facilmente (e, anzi, diventano più spesso materia di contenzioso).

¹⁹ Un elemento qualificante è la creatività dei giuristi della proprietà intellettuale: non possiamo escludere che le strutture esistenti per la tutela dei brevetti si evolvano con le tecnologie.

che cambierà profondamente la cultura aziendale e la natura di diversi settori industriali oltre a quello farmaceutico e della biotecnologia. Sebbene gli anni della pandemia siano stati da record per le vendite e per il ritorno sulle vendite di alcune *big pharma*²⁰, questi potrebbero anche essere stati il canto del cigno di un intero settore. Nuovi approcci più efficienti, capaci di costruire vantaggio competitivo dai dati, potrebbero sostituire le grandi aziende farmaceutiche, fornendo prodotti di gran lunga superiori a miliardi di potenziali pazienti.

CONCLUSIONI

L'*Internet of beings* potrebbe diventare il prossimo grande passo nella storia di Internet, o addirittura la terza grande fase della sua evoluzione. La prima, nota come "Internet dei computer", ha collegato tutti i dispositivi digitali in un sistema informativo globale senza soluzione di continuità chiamato World Wide Web, che a sua volta è in fase di ulteriore trasformazione.

La seconda fase, cosiddetta "Internet delle cose", sta integrando gli oggetti fisici – dal motore di una Tesla alle lampadine delle case controllate a distanza – in questa rete. La terza fase è quella in cui cervelli e macchine, corpi viventi (non solo umani, ma anche di altre specie) e computer saranno connessi attraverso sensori sempre più invasivi, intelligenti e capaci di svolgere funzioni sempre più sofisticate (Economist, 2022).

Questo articolo esplora alcune delle implicazioni del nuovo paradigma, compresi i rischi e le opportunità, nonché le ragioni per cui la trasformazione potrebbe essere ritardata dalla resistenza di coloro che difendendo lo *status quo*. Per gli ospedali e le aziende, la sfida sarà quella di trovare un equilibrio, senza muoversi troppo velocemente, rischiando così di cannibalizzare le attività esistenti, né troppo lentamente, correndo il rischio di diventare obsoleti.

Manager pubblici e privati dovranno sviluppare capacità quasi del tutto nuove per gestire quella che assomiglia più a una mutazione biologica che a una rivoluzione industriale.

MANAGERIAL IMPACT FACTOR

- **trasformazione digitale:** gli ospedali dovranno evolversi, adottando tecnologie digitali per diventare entità più specializzate in un mondo in cui i pazienti accedono sempre più frequentemente ai servizi da remoto;
- **trasformazione biologica:** diventerà sempre più evidente che le aziende non si occupano solo di affari, ma anche di prendere decisioni complesse con implicazioni sociali ed etiche. Nel complesso, l'"Internet of Beings" dimostrerà la vera portata della rivoluzione digitale, che non è solo un cambiamento industriale, ma una trasformazione biologica;
- **medicina personalizzata:** l'industria farmaceutica assisterà a una significativa riduzione dei costi di somministrazione dei farmaci grazie all'uso dei big data, consentendo lo sviluppo della medicina personalizzata e mettendo in discussione la sostenibilità di un modello di business basato sui brevetti;
- **nuovo ruolo del management:** questo cambiamento costringerà i manager a reinventare il proprio ruolo, passando da amministratori di sistemi stabili a navigatori di organizzazioni in ambienti incerti.
- **nuove sfide strategiche:** i confini tra i diversi settori industriali si stanno attenuando man mano che i big data guidano la personalizzazione, particolarmente evidente in settori come quello assicurativo, presentando così nuove sfide strategiche;

²⁰ Non per tutte le case farmaceutiche la pandemia si è rivelata una "miniera d'oro". Curiosamente, Astra Zeneca ha venduto il suo vaccino a prezzo di costo, ma ha assistito a una serie di disastri nelle relazioni pubbliche.

RIFERIMENTI
BIBLIOGRAFICI

- Abi Younes, G. et al. (2020). "COVID-19: Insights from innovation economists." *Science and Public Policy*, Volume 47, Issue 5. [doi](#).
- Altynpara, E. (2022). "Cybersecurity and Data Protection in Healthcare." *Forbes*, February 15. [forbes.com](#)
- Andanda, P. (2019). "Towards a paradigm shift in governing data access and related intellectual property rights in big data and health-related research." *IIC-International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 50(9), 1052–1081.
- Baumol, W. J. (2012). *The Cost Disease: Why Computers Get Cheaper and Health Care Doesn't*. New Haven: Yale University Press. pp. 3–32. ISBN 978-0300198157.
- Bonadio, E., McDonagh, L., Dinev, P. (2021). "Artificial intelligence as inventor: exploring the consequences for patent law." *Intellectual Property Quarterly*, 1, 48–66.
- Carinci, F. et al. (2015) "Towards actionable international comparisons of health system performance: expert revision of the OECD framework and quality indicators." *International Journal for Quality in Health Care*, 27(2), 137–146. [doi](#).
- Clegg, N. (2022). "Making the metaverse: What it is, how it will be built, and why it matters." *Medium*. [nickclegg.medium.com](#)
- De la Paz, E. et al. (2022). "A self-powered ingestible wireless biosensing system for real-time in situ monitoring of gastrointestinal tract metabolites." *Nature Communications*, 13(1), 7405. [doi](#).
- DiVincenzo, D. P. (2000). "The physical implementation of quantum computation." *Fortschritte Der Physik: Progress of Physics*, 48(9&11), 771–783. [doi](#).
- Economist (2020). "The dawn of digital medicine." December 2. [economist.com](#).
- Economist (2022). "Wearable technology promises to revolutionize healthcare." May 5. [economist.com](#).
- Economist (2022). "The quantified self." May 7. [economist.com](#).
- Hayflick L. (1965). "The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains." *Exp. Cell Res.* 37 (3): 614–636. [doi](#).
- Hjelm, N. M. (2005). "Benefits and drawbacks of telemedicine." *J Telemed Telecare*, 11(2), 60–70. [doi](#).
- Holman, C. M. (2015). "The Critical Role of Patents in the Development, Commercialization and Utilization of Innovative Genetic Diagnostic Test and Personalized Medicine." *BUJ Sci. & Tech. L.*, 21, 297.
- Kumar, S. et al. (2021). "A review of novel coronavirus disease (COVID-19): based on genomic structure, phylogeny, current shreds of evidence, candidate vaccines, and drug repurposing." 3 *Biotech*, 11(4), 1–22. [doi](#).
- Lu, K. et al. (2023). "Advanced Bioinspired Organic Sensors for Future Oriented Intelligent Applications." *Advanced Sensor Research*, 2(7), 2200066. [doi](#).
- Matwyshyn, A., M. (2019). "The Internet of Bodies." *William & Mary Law Review*, Vol. 61, Rev. 77, Iss.1. [scholarship.law.wm.edu](#).
- Mitchell, M., Kan, L. "Digital Technology and the Future of Health Systems." *Health Syst Reform.* 2019;5(2):113–120. [doi](#).
- Patel, S. Y. et al. (2021). "Trends in outpatient care delivery and telemedicine during the COVID-19 pandemic in the US." *JAMA internal medicine*, 181(3), 388–391. [doi](#).
- Solow, R. (1987). "We'd better watch out." *New York Times Book Review*, 36.
- Vision (2021) "Covid-19 Pandemic: Winners and Losers; Vision Working Paper." [thinktank.vision](#).
- Vision & Value (2022) report on the "Impact of global digital platforms on consumers, firms and governments." [visionandvalue.com](#).
- Vision & Value. (2021). *Silver Economy and Technology*. [visionandvalue.com](#).
- Wang, S. et al. (2013). "Organic/inorganic hybrid sensors: A review." *Sensors and Actuators B: Chemical*, 182, 467–481. [doi](#).
- Yang, F., Shu, H., Zhang, X. (2021). "Understanding Internet Plus Healthcare in China: Policy Text Analysis." *J Med Internet Res* 2021;23(7):e23779. [doi](#).