
Altre dieci tecnologie che potrebbero cambiarci la vita



ANALISI APPROFONDATA

EPRS | Servizio Ricerca del Parlamento europeo

Autori: Christian Kurrer con James Tarlton

Unità Prospettiva scientifica (STOA)

PE 598.626

IT

Altre dieci tecnologie che potrebbero cambiarci la vita

Analisi approfondita

Luglio 2017

PE 598.626

AUTORI

A cura di Christian Kurrer con James Tarlton (Unità Prospettiva scientifica (STOA), Direzione generale dei Servizi di ricerca parlamentare (DG EPRS), Parlamento europeo)

Principali collaboratori:

Andrés Garcia, *Università di Castiglia-La Mancia, Spagna* (capitolo 7)

Mihalis Kritikos, *Unità Prospettiva scientifica (STOA)* (capitoli 9 e 10)

Christian Kurrer, *Unità Prospettiva scientifica (STOA)* (capitoli 1, 2, 4 e 8)

Laura Panades, *Truman Bodden Law School, Isole Cayman, affiliata all'Università di Liverpool, Regno Unito* (capitolo 3)

James Tarlton, *Unità Prospettiva scientifica (STOA)* (capitoli 1, 5 e 6)

Lieve Van Woensel, *Unità Prospettiva scientifica (STOA)* (capitoli 5 e 6)

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Gianluca Quaglio (Unità Prospettiva scientifica (STOA)), Gregor Erbach (Unità Politiche economiche, DG EPRS), Lieve Herman e Marc De Loose (Flanders Research Institute for Agriculture, Fisheries and Food – ILVO, Melle, Belgio) per i contributi aggiuntivi.

VERSIONE LINGUISTICA

Originale: EN

Traduzioni: CS, DE, ES, FR, IT, NL, PL, PT

INFORMAZIONI SULL'EDITORE

Per contattare STOA o ricevere la sua newsletter scrivere a: STOA@ep.europa.eu

Il documento è disponibile sul seguente sito Internet: <http://www.europarl.europa.eu/stoa>

Manoscritto ultimato nel luglio 2017

Bruxelles, © Unione europea, 2017

LIMITAZIONE DELLA RESPONSABILITÀ

Il presente documento costituisce materiale informativo destinato ai membri e al personale del Parlamento europeo ed è stato preparato per assisterli nelle loro attività parlamentari. Il contenuto del presente documento è di esclusiva responsabilità dei suoi autori e i pareri ivi espressi non vanno interpretati come rappresentativi della posizione ufficiale del Parlamento europeo.

Riproduzione e traduzione autorizzate, salvo a fini commerciali, con menzione della fonte, previa informazione del Parlamento europeo e invio di una copia a quest'ultimo.

PE 598.626

ISBN: 978-92-846-1701-2

doi: 10.2861/847660

QA-01-17-154-IT-N

Indice

Introduzione	4
1. Auto elettriche.....	6
2. Sistemi di trasporto urbano intelligenti	9
3. Trasporti MagLev	11
4. Legno	13
5. Agricoltura di precisione.....	16
6. Tecnologie quantistiche	19
7. Etichette di identificazione a radiofrequenza.....	22
8. Big data e sanità	24
9. Organoidi	26
10. Modifica del genoma	28

Introduzione

Gli sviluppi e le innovazioni della tecnologia scandiscono la storia della civiltà umana, influenzando profondamente lo sviluppo della vita moderna. Un'innovazione come l'arco ha rivoluzionato la caccia, la ruota ha fatto lo stesso con i trasporti. L'arco ha cambiato radicalmente le tecniche di costruzione, il telaio ha rivoluzionato l'abbigliamento e la stampa ha trasformato la conservazione e la condivisione delle idee. Il motore a vapore ha portato alla produzione industriale, seguito dalla democratizzazione dell'energia del motore elettrico. I vaccini e gli antibiotici hanno modificato profondamente la salute e la medicina. L'invenzione della ferrovia, delle automobili e degli aerei ha rappresentato una nuova rivoluzione dei trasporti; e il telefono, la comunicazione mobile e internet ci hanno reso più semplice parlarci come se vivessimo in un villaggio globale.

Se tutte queste tecnologie hanno portato grandi benefici all'umanità, talvolta hanno determinato anche conseguenze negative impreviste che le civiltà hanno dovuto gestire. Spesso hanno sconvolto la vita e l'ordine sociale, causando danni e scompiglio. La società umana ha dovuto imparare a sfruttare al meglio l'innovazione.

Lo sviluppo tecnologico continua ancor oggi, ad un ritmo sempre più veloce. Per la società e la politica è sempre più importante anticipare possibili innovazioni rivoluzionarie, per iniziare precocemente ad analizzarne i potenziali benefici e gli effetti nocivi, e a elaborare una risposta concertata al fine di massimizzare gli aspetti positivi e ridurre al minimo i danni.

Tali risposte lungimiranti possono assumere diverse forme: norme che regolamentino le tecnologie (a eventuale divieto di determinati usi); iniziative pubbliche a sostegno dello sviluppo di tecnologie o per facilitare la loro introduzione mediante normative; iniziative di formazione e sensibilizzazione per consentire alla società di trarre maggiori benefici; e misure di compensazione per quei settori della società che subiscono le conseguenze negative delle nuove tecnologie.

Le istituzioni dell'Unione europea (UE), insieme alle istituzioni nazionali degli Stati membri e a una gamma crescente di istituzioni politiche internazionali e globali, sono una fonte primaria di elaborazione delle politiche nel XXI secolo. Le politiche dell'UE riguardano non solo le vite di oltre 500 milioni di europei, ma sempre più anche le tendenze e gli sviluppi globali relativamente a questioni quali il cambiamento climatico, l'efficienza e la sostenibilità delle risorse, il commercio, la sanità, la risoluzione dei conflitti regionali e la riduzione della povertà.

Per lavorare in modo più efficace, il Parlamento europeo è spesso chiamato ad andare oltre l'agenda politica a breve termine guardando agli sviluppi a lungo termine, avviando proattivamente discussioni e sviluppando tempestivi approcci di politica pubblica.

Questo ruolo proattivo fa parte dell'attività quotidiana del Parlamento a molti livelli, nelle audizioni organizzate da singoli deputati e nelle discussioni in seno a gruppi politici o commissioni. L'unità di valutazione delle opzioni scientifiche e tecnologiche (STOA) svolge un ruolo fondamentale in questo processo di riflessione. Essa sostiene il lavoro delle commissioni parlamentari sulle politiche di lungo termine, su loro richiesta, con studi previsionali e lavora proattivamente per identificare gli sviluppi tecnologici che potrebbero avere un profondo impatto sociale che ne giustifichi l'inclusione nell'agenda politica.

Nel 2015 la Direzione generale dei Servizi di ricerca parlamentare del Parlamento europeo (DG EPRS) ha pubblicato uno studio dal titolo "Ten technologies which could change our lives – potential impacts and policy implications" (Dieci tecnologie che potrebbero cambiarci la vita - potenziali impatti e implicazioni politiche), in cui ogni capitolo mette in luce una particolare tecnologia, le sue promesse e le potenziali conseguenze negative, nonché il ruolo che il Parlamento europeo potrebbe e dovrebbe svolgere nel

plasmare questi sviluppi. Il presente documento prosegue su questa linea di riflessione, presentando dieci ulteriori tecnologie che richiedono una crescente attenzione da parte dei responsabili delle politiche.

Non vi è alcuna pretesa di classificare gli sviluppi tecnologici in un particolare ordine di importanza, impatto o urgenza. Gli argomenti, infatti, sono stati scelti in modo da riflettere la vasta gamma di tematiche su cui l'unità STOA ha deciso di concentrarsi durante l'ottava legislatura del Parlamento.

Lo scopo della presente pubblicazione non è solo quello di attirare l'attenzione su queste dieci tecnologie specifiche, ma anche di promuovere la riflessione su altri sviluppi tecnologici che possono essere ancora in una fase iniziale, ma che potrebbero, analogamente, avere un considerevole impatto sulle nostre vite nel breve e nel lungo termine.

Approccio

Per ciascun argomento vengono presentati brevemente le sfide tecnologiche e le soluzioni in fase di sviluppo, l'attuale stato dei progressi e i probabili sviluppi. Successivamente viene esaminato il possibile impatto, desiderato o meno, sulla società nel suo complesso. Nella sezione finale, si cerca di identificare il ruolo particolare che il Parlamento europeo può svolgere, come istituzione politica sovranazionale, nel plasmare positivamente questi cambiamenti tecnologici.

1. Auto elettriche

Il passaggio alle auto elettriche è ormai alle porte: quali saranno le conseguenze di questa transizione sul clima, sulla nostra salute e sul modo di vivere la nostra vita in futuro?

Nell'ultimo secolo, le automobili sono diventate parte integrante della nostra società. Offrono una maggiore flessibilità e velocità rispetto a mezzi di trasporto alternativi e hanno prezzi accessibili per gran parte della popolazione. Da quando ne è iniziata la produzione di massa, le automobili sono state quasi esclusivamente alimentate da motori a combustione interna, che bruciano combustibili fossili quali benzina e diesel per fornire l'energia necessaria a far girare le ruote ed eseguire compiti ausiliari. Le automobili, però, sono anche una considerevole fonte di emissioni di CO₂ nell'atmosfera, con le relative conseguenze sul clima mondiale, nonché di ossido di azoto (NO_x) e di particolato, che inquinano l'aria che respiriamo, soprattutto nelle aree urbanizzate. Queste sono le ragioni principali all'origine del rinnovato interesse per l'utilizzo dell'energia elettrica per alimentare le nostre auto.



© Nerthuz / Shutterstock.com

Potenziali impatti e sviluppi

Le auto elettriche presentano diversi vantaggi rispetto alle auto con motore a combustione interna. Oltre a ridurre l'inquinamento atmosferico e diminuire le emissioni di CO₂ (almeno nei casi in cui l'elettricità non è prodotta da centrali alimentate a combustibili fossili), le auto elettriche offrono una serie di vantaggi aggiuntivi. Hanno minori costi di manutenzione, sono più silenziose e più facili da guidare, riducono la nostra dipendenza dall'energia importata, possono avere un impatto positivo sulla nostra bilancia internazionale dei pagamenti e persino contribuire a sedare i conflitti internazionali legati alle risorse naturali.

Purtroppo, la fabbricazione di auto elettriche rimane più costosa (e a maggiore intensità di carbonio) rispetto a quella delle auto con motore a combustione interna. Le auto elettriche, inoltre, offrono un'autonomia di funzionamento limitata, attualmente di norma circa 300 km tra due cariche, e ricaricare le batterie richiede più tempo dello riempimento del serbatoio della benzina.

Alla luce di queste sfide, diversi Stati membri hanno introdotto sovvenzioni tese a contribuire alla creazione del mercato dei veicoli elettrici, favorendo un incremento della produzione e dei volumi di vendita che porterà, in ultima analisi, a un abbattimento dei costi. Allo stesso tempo, si stanno facendo intensi sforzi per sviluppare ulteriormente la tecnologia delle batterie, con lo scopo di produrre batterie più economiche, potenti e leggere che abbassino i costi dei veicoli estendendone l'autonomia.

Sebbene sia realistico pensare che un giorno saremo in grado di produrre auto elettriche che eguolino il costo relativamente basso e la lunga autonomia delle attuali auto con motore a combustione interna, il mutamento dei nostri stili di vita e delle nostre esigenze di mobilità potrebbero rendere un tale scenario non necessario né auspicabile. Il tipo di auto che vorremo guidare in futuro potrebbe essere molto diverso dalle vetture che produciamo attualmente.

Oggi sono ancora molte le persone che possiedono un'auto personale, ma in genere solo una; di conseguenza, necessitano di una vettura che si adatti a ogni possibile situazione di guida: deve poter accelerare rapidamente partendo da basse velocità ed essere aerodinamica ad alte velocità; deve disporre di abbastanza sedili per tutta la famiglia per una gita fuori porta e di abbastanza spazio per caricare mobili ai grandi magazzini, e deve essere dotata di aria condizionata per l'estate, sedili riscaldati per l'inverno, un impianto stereo e un grande serbatoio del carburante per i viaggi più lunghi, nonché di un sistema di start-stop per il traffico urbano, ricco di arresti e ripartenze. Il risultato è che le odierne auto "multifunzionali" sono estremamente pesanti e quindi inefficienti in termini di carburante. Questo problema è ulteriormente accentuato nelle auto elettriche, in cui le batterie spesso aggiungono un ulteriore 33 % al peso del veicolo. Ironicamente, ciò significa che una gran parte dell'energia immagazzinata nelle batterie è necessaria semplicemente per far accelerare il sempre più pesante corpo batteria.

Le ultime generazioni, tuttavia, si stanno allontanando sempre più dall'idea tradizionale di possedere una singola auto "personale" in favore di modelli di *car sharing*. Inoltre, dal momento che le aziende di *car sharing* permettono ai clienti di scegliere tra diversi mezzi, i veicoli individuali non dovranno più essere multiuso come le auto private. Potrebbero invece essere più variegati, molto più leggeri e offrire autonomie di percorrenza più brevi, così da richiedere batterie più leggere aumentando significativamente l'efficienza.

Con il crescente utilizzo delle opzioni di *car sharing* nei centri urbani, le auto private potrebbero rimanere gradualmente riservate alle famiglie delle aree suburbane residenti in case private che producono sempre più la propria elettricità con sistemi fotovoltaici su tetto. Tali impianti fotovoltaici sono integrati da sistemi di batterie che accumulano l'energia prodotta durante il giorno e la rendono disponibile di sera. Per queste famiglie, avere grandi sistemi di batterie sia in casa sia nell'auto potrebbe rivelarsi superfluo. La massima efficienza, al contrario, potrebbe essere raggiunta disponendo di un numero minimo di batterie permanentemente installate in auto (per soddisfare le esigenze degli spostamenti giornalieri) lasciando le batterie rimanenti a casa, collegate al sistema fotovoltaico, installandole in auto solo per occasionali escursioni o vacanze prolungate.

Il prezzo dell'elettricità ha un notevole impatto sull'attrattiva delle auto elettriche. Nel peggiore dei casi, migliaia di auto elettriche ricaricate contemporaneamente potrebbero mettere a dura prova la rete elettrica e renderla più instabile, rendendo necessari ulteriori investimenti nelle reti. D'altra parte, nel contesto delle reti intelligenti, le auto elettriche che sfruttano l'energia elettrica in eccesso in determinati orari potrebbero beneficiare di costi dell'elettricità particolarmente bassi contribuendo a stabilizzare la rete.

Politica lungimirante

C'è ampio consenso sul fatto che un passaggio riuscito alla mobilità elettrica dipenderà da iniziative pubbliche, incentivi e programmi di sostegno. L'attenzione è attualmente focalizzata sull'incentivazione del passaggio degli attuali proprietari di auto ai veicoli elettrici e sulla costruzione di infrastrutture di ricarica che permettano ai consumatori di utilizzare le loro auto elettriche quasi nello stesso modo delle attuali auto con motore a combustione interna.

Sarebbe auspicabile che le politiche lungimiranti si concentrassero piuttosto sulla promozione dello sviluppo delle auto che vorremo guidare in futuro, affinché le nuove generazioni possano affidarsi sempre di più alle alternative di *car sharing*. Promuovere lo sviluppo di veicoli elettrici leggeri per servizi di *car sharing* potrebbe essere più ragionevole che sovvenzionare lo sviluppo di veicoli elettrici pesanti per gli utenti privati che vogliono emulare le prestazioni dei loro veicoli attuali.

Dovremmo inoltre concentrarci sui modi per integrare al meglio la mobilità elettrica nelle nostre vite tra 20 anni, quando ancora più abitazioni private saranno dotate di impianti fotovoltaici e sistemi di accumulo di energia. I nostri cambiamenti nella mobilità, inoltre, non saranno determinati solo dall'obiettivo di

ridurre le emissioni di CO₂ e di altre sostanze inquinanti, ma anche dalla crescente congestione causata dalle auto private nelle aree urbane. Se vogliamo che le nostre città rimangano vivibili in futuro, un rilancio del trasporto pubblico potrebbe essere inevitabile. Nello sviluppo di veicoli elettrici per il futuro, dunque, potrebbe essere opportuno anticipare questi sviluppi e concentrarsi sui veicoli che integrano le offerte di trasporto pubblico, piuttosto che su quelli che competono con esse.

In conclusione, le iniziative pubbliche per la promozione della mobilità elettrica potrebbero essere più efficaci se strettamente coordinate con sforzi paralleli per sviluppare nuove tipologie di mobilità e nuovi modi di produrre e distribuire l'elettricità.

2. Sistemi di trasporto urbano intelligenti

Come può la tecnologia dell'informazione contribuire ad alleviare la paralisi del traffico nelle nostre aree urbane sempre più congestionate?

Oltre il 70 % degli europei vive in città e, con il costante aumento di tale percentuale, le città sono sempre più congestionate. Gli abitanti soffrono sempre più della scarsa qualità dell'aria e del rumore, mentre le città diventano generalmente meno vivibili.



© Fuyu liu / Shutterstock.com

La recente controversia sulle emissioni delle auto ha attirato molta attenzione sul problema dell'inquinamento atmosferico generato dal traffico automobilistico privato. Il dibattito ha rivelato che gli sforzi volti a ridurre l'inquinamento atmosferico in Europa tramite normative più severe sulle emissioni sono in gran parte inefficaci. Ci sono (giustificate) aspettative sul considerevole impatto del passaggio dalla benzina ai veicoli elettrici sui livelli di inquinamento, ma l'introduzione delle auto elettriche richiederà comunque anni, e il passaggio ai veicoli elettrici, di per sé, potrà fare ben poco per risolvere i crescenti problemi di congestione del traffico.

Negli ultimi anni, dunque, abbiamo assistito ad un rinnovato interesse per i sistemi di trasporto intelligente (ITS).

Potenziali impatti e sviluppi

Numerose iniziative stanno studiando i modi in cui gli ITS possono contribuire a rendere il flusso di traffico più fluido e quindi più efficiente. Molte possibilità derivano dal fatto che le automobili stanno diventando sempre più intelligenti e comunicano sempre di più con l'ambiente circostante. Già oggi, le auto sono in grado di adattare la propria velocità all'auto che la precede, e la futura interazione con i semafori intelligenti diminuirà ritardi e consumo di carburante. Le auto saranno in grado di prenotare in anticipo un parcheggio a destinazione. Gli odierni sistemi di navigazione satellitare possono ottimizzare i percorsi in base al traffico effettivo, ma i sistemi futuri potrebbero comunicare tra loro tramite un computer centrale per ottimizzare i vari percorsi che i veicoli possono seguire, evitando situazioni in cui troppi conducenti decidano contemporaneamente di prendere una strada apparentemente più veloce per aggirare un ingorgo.

Tutte queste opzioni tecnologiche permetterebbero certamente una gestione più efficiente degli attuali livelli di traffico. Ci si chiede, tuttavia, se questo si tradurrà effettivamente in una minor congestione nelle aree urbane, o se l'aumento della fluidità sarà perlopiù controbilanciato dal fatto che sempre più utenti saranno incoraggiati ad andare al lavoro con l'auto personale.

Consentire a più veicoli privati di raggiungere agevolmente i centri città porrebbe, allo stesso tempo, far sorgere il problema del parcheggio di tutte queste auto. Non si avrebbe un grande vantaggio se il traffico diventasse più fluido ma fosse sempre più difficile trovare parcheggio.

Politica lungimirante

Risolvere la paralisi del traffico nelle aree urbane potrebbe richiedere più di un semplice miglioramento del flusso del traffico in singoli incroci. Potrebbe richiedere un ripensamento radicale del modo in cui intendiamo soddisfare le nostre future esigenze di mobilità, usufruire degli spazi pubblici e organizzare la nostra vita in città.

Una possibilità potrebbe essere puntare su un sistema di traffico intelligente dando priorità assoluta ai trasporti pubblici di superficie quali autobus o tram. I semafori lungo le strade percorse dai mezzi pubblici potrebbero essere programmati in modo tale che gli autobus non debbano mai fermarsi per un semaforo rosso, né per un'auto che blocca la strada. Un grave svantaggio degli autobus pubblici, oggi, è che la loro velocità effettiva nelle aree urbane raramente supera i 15 km/h, e che le frequenti fermate li costringono a muoversi ancor più lentamente delle auto private.

Con gli ITS potremmo cambiare drasticamente questa situazione arrivando potenzialmente persino a raddoppiare la velocità effettiva degli autobus, il che significa anche che lo stesso numero di autobus e autisti potrebbe trasportare il doppio dei passeggeri.

In altre parole, il modo più efficace per avere un traffico automobilistico più scorrevole e più efficiente nei consumi potrebbe effettivamente essere un investimento nell'attrattiva del trasporto pubblico. Oltre alla velocità, il prezzo dei trasporti pubblici è un aspetto chiave che influenza le scelte di trasporto dei cittadini. Molte persone ritengono il prezzo di un biglietto di corsa singola troppo alto per un uso occasionale, o trovano le strutture tariffarie troppo confuse. Forse le autorità di trasporto pubblico, oggi, si concentrano troppo sulla vendita e sul controllo dei biglietti, con sistemi di controllo degli accessi sempre più tecnologici, piuttosto che sull'effettivo trasporto dei passeggeri. In termini macroeconomici, un autista di autobus che si ferma a una fermata per un minuto per vendere un biglietto di corsa singola a 2 euro, mentre 60 passeggeri attendono all'interno, non ha alcun senso.

Se trasporti pubblici efficienti sono considerati una necessità pubblica, potremmo doverci concentrare maggiormente su chi ne debba sostenerne i costi, e come. Forse si potrebbe semplicemente valutare la possibilità di rendere i mezzi pubblici gratuiti per legge, allo stesso modo in cui decenni fa siamo passati all'istruzione pubblica gratuita. Allo stesso tempo, potremmo chiederci se le città debbano continuare a fornire spazi di parcheggio su strada gratuiti per i residenti. Rendere i parcheggi su strada a pagamento per i residenti potrebbe garantire i fondi necessari per rendere il trasporto pubblico gratuito per tutti. Disincentivare il parcheggio di auto private su strade pubbliche potrebbe anche aumentare lo spazio pubblico disponibile per servizi di trasporto pubblico ancor più rapidi. Inoltre, invece di utilizzare macchine sempre più sofisticate per vendere e controllare i biglietti delle persone che raggiungono la città in autobus, potremmo sfruttare questa ingegnosità tecnica per installare sistemi che controllino e facciano pagare gli automobilisti che raggiungono la città con l'auto personale, fornendo ulteriori fondi per migliorare i trasporti pubblici.

E, oltre alle infrastrutture tecniche, vi sono altre opzioni a disposizione degli utenti che potrebbero rendere i nostri sistemi di trasporto più intelligenti. I pendolari giornalieri oggi riempiono le strade, spesso seguendo percorsi più o meno simili in macchine diverse. Sistemi ITS che facilitino l'identificazione spontanea delle opzioni di *car pooling* potrebbero ridurre la necessità di singole vetture nella maggior parte dei casi.

Le opzioni per rendere il nostro sistema di traffico più intelligente non mancano. Le moderne tecnologie dell'informazione offrono enormi opportunità in questo senso, ma abbiamo comunque bisogno dell'ingegno e della creatività dell'uomo per sfruttarne appieno le potenzialità.

3. Trasporti MagLev

I trasporti a levitazione magnetica potrebbero presto entrare nelle nostre vite, offrendo viaggi più veloci e sicuri e una maggiore efficienza energetica. Sarà possibile coprire distanze più lunghe in modo più veloce e più pulito: cambierà il modo in cui scegliamo dove vivere?

La tecnologia sta spianando la strada per nuovi mezzi di trasporto. Alcuni di essi sono le versioni intelligenti dei veicoli tradizionali (ad esempio veicoli autonomi). Alcuni sono stati immaginati inizialmente nei libri di fantascienza (ad esempio gli hoverboard). Altri sono nati dall'innovazione (ad esempio i treni superconduttori).



© Bogna / Shutterstock.com

Gli hoverboard sono tavole levitanti su cui una persona in piedi vola a distanza ravvicinata dal suolo. Oggi, i primi utenti si stanno cimentando nel volteggiare in spazi interni ed esterni. I treni superconduttori sono in grado di raggiungere velocità superiori a 500 chilometri all'ora, eliminando l'attrito dei vagoni con i binari ferroviari. I treni superconduttori sono entrati commercialmente in servizio in [Cina](#) e [Corea del Sud](#) e sono in costruzione in Giappone. Nella UE, in [Germania](#), [Italia](#) e [Regno Unito](#) sono stati precedentemente valutati piani di attuazione, ma solo il progetto in Italia è stato recentemente oggetto di un [rinnovato interesse](#).

Potenziali impatti e sviluppi

La levitazione magnetica, o "MagLev", è la tecnologia alla base degli hoverboard e dei treni superconduttori. Si basa sulla creazione di campi magnetici opposti che si respingono per contrastare la gravità, elevando così da terra oggetti magnetizzati. La MagLev è applicata a mezzi di trasporto di tutte le dimensioni, da singoli hoverboard a treni ad alta velocità ed alta capienza.

Ad oggi gli [hoverboard](#) necessitano ancora di speciali pavimenti in rame. I miglioramenti per consentire la levitazione su cemento o acqua sono ancora in fase di sviluppo. Il primo prototipo è stato presentato nel 2015, ma da allora [non ci sono stati ulteriori annunci](#).

Il primo treno superconduttore commerciale va dallo Shanghai Pudong International Airport alla periferia della città di Shanghai, collegandosi alla rete metropolitana di Shanghai. Il servizio è stato lanciato nel 2003, con [velocità superiori a 500 chilometri all'ora](#). Treni superconduttori saranno installati in [Giappone](#), coprendo la tratta tra Tokyo e Nagoya (286 km) entro il 2027, e Osaka (410 km) entro il 2045, raggiungendo una velocità di 500 chilometri all'ora. Si prevede che in futuro questa tecnologia si evolverà ulteriormente nell'[hyperloop](#), una tavola che si muove ad alta velocità all'interno di un tubo magnetizzato. Un percorso proposto per l'[hyperloop](#) potrebbe creare un futuro collegamento tra Los Angeles e l'area della baia di San Francisco.

Nel lungo periodo, i treni a levitazione magnetica offrono la prospettiva di viaggiare a maggiori velocità rispetto ai treni convenzionali senza l'impatto ambientale del trasporto aereo (rumore e inquinamento), collegando grandi aree metropolitane a distanze di diverse centinaia di chilometri.

Oltre a offrire un comodo mezzo di trasporto, l'introduzione dei treni a levitazione magnetica potrebbe modificare la nostra percezione delle distanze. Consentendoci di coprire lunghe distanze in tempi più

brevi, potrebbe portare ad una più ampia distribuzione della popolazione dentro e fuori i confini della città. I treni superconduttori potrebbero collegare le capitali con le città secondarie, dando luogo ad un rilancio delle città secondarie munite di stazioni a levitazione magnetica.

I treni a levitazione magnetica richiedono un'infrastruttura dedicata, che potrebbe innescare un ripensamento delle politiche dei trasporti dell'UE. Le reti transeuropee di trasporto (TEN-T) sono un programma dell'Unione europea che mira, tra l'altro, a finanziare infrastrutture ferroviarie al fine di creare una fitta rete in tutta l'Unione. L'obiettivo è risolvere le strozzature e intervenire sulle infrastrutture transfrontaliere e multi-modali (collegamenti delle ferrovie con porti e autostrade). Poiché la rete è basata sulle ferrovie tradizionali, i treni a levitazione magnetica offrirebbero l'opportunità di una profonda revisione della rete.

Gli hoverboard, al contrario, sono una tecnologia ancora relativamente nuova, ma potrebbero rivoluzionare il modo in cui le persone e le merci si muovono su distanze più brevi, fornendo un'alternativa veloce agli spostamenti a piedi, all'auto o al trasporto pubblico, o un modo più efficiente per movimentare le merci sulla superficie di una fabbrica.

Gli hoverboard a levitazione magnetica dovrebbero, almeno inizialmente, condividere lo spazio con i pedoni. Con i miglioramenti tecnologici, gli hoverboard potrebbero gestire maggiori distanze di levitazione e maggiori velocità, determinando la possibilità di installare corsie dedicate per facilitare la coesistenza di pedoni e hoverboard negli spazi pubblici.

La tecnologia MagLev, tuttavia, potrebbe anche svilupparsi in campi di applicazione completamente diversi nel prossimo futuro. Il progetto GABRIEL finanziato dall'UE (programma di finanziamento PF7 per il periodo 2007-2013), esamina la fattibilità dell'applicazione della levitazione magnetica all'atterraggio e al decollo dei velivoli, il che porterebbe a una riduzione di consumi energetici, costi e rumore.

Politica lungimirante

Uno dei maggiori ostacoli all'introduzione del trasporto a levitazione magnetica è il fatto che esso richiede spazi e infrastrutture dedicati, separati dalle attuali reti ferroviarie e stradali.

Treni commerciali a levitazione magnetica sono attualmente in funzione solo in Cina e in Corea del Sud, ma potrebbero iniziare a operare in Giappone nel giro di un decennio. L'UE dovrà valutare se vuole continuare a impegnarsi in questa tecnologia emergente, sostenendo lo sviluppo di applicazioni commerciali pilota in località selezionate, ad esempio attraverso il programma di finanziamento TEN-T. Più a lungo termine, il maggiore potenziale dei treni a levitazione magnetica risiede probabilmente nel collegamento di aree metropolitane oltre le frontiere nazionali in Europa, e l'Unione europea potrebbero svolgere un ruolo determinante nel creare le giuste condizioni per la concretizzazione di tali collegamenti internazionali.

4. Legno

Possono le nuove tecnologie contribuire al rilancio del legno come fonte di biomassa e materiale da costruzione, svolgendo un ruolo chiave nella lotta al cambiamento climatico?

Da millenni la civiltà umana fa ampio uso del legno, elemento chiave come combustibile o materiale da costruzione così come nella fabbricazione di arredamento, macchinari, trasporti e oggetti di uso quotidiano.



© Kropotov / Shutterstock.com

La spinta alla conversione dei terreni all'uso agricolo, unita a secoli di utilizzo del legno per l'industria navale o come combustibile, ha ridotto drasticamente la copertura forestale della terra, anche prima che il cambiamento climatico divenisse un problema noto. Allo stesso tempo, negli ultimi secoli e nella maggior parte del mondo, il legno è in gran parte stato sostituito, come materiale da costruzione, da cemento e acciaio, e come combustibile dagli idrocarburi fossili.

Il recente dibattito sul cambiamento climatico, innescato dai crescenti livelli di CO₂ e di altri gas ad effetto serra nell'atmosfera, ha tuttavia riacceso l'interesse per il legno come materiale di base per la produzione di energia rinnovabile da biomassa o come materiale da costruzione, poiché avrebbe un effetto positivo sull'equilibrio di CO₂ dell'atmosfera.

Potenziali impatti e sviluppi

Mentre il settore dei trasporti sta gradualmente abbandonando i motori a combustione in favore dell'energia elettrica, in particolare per il trasporto di breve distanza, possiamo aspettarci che alcuni ambiti del settore dei trasporti in cui i sistemi di propulsione a base di idrocarburi rimangono l'opzione più vantaggiosa, ad esempio il trasporto marittimo o l'aviazione, continueranno ad esistere.

Negli attuali sforzi volti alla promozione della transizione verso fonti di energia rinnovabili, il legno può svolgere un ruolo importante non solo come sostituto del carbone nelle centrali elettriche, ma anche come materiale di base per la produzione di combustibili liquidi o gassosi per l'autotrazione.

In campo edile, la sostituzione di acciaio e cemento con il legno potrebbe avere un impatto significativo sul bilancio del carbonio. Mentre la produzione di acciaio e cemento oggi causa l'emissione di abbondanti quantità di CO₂ nell'atmosfera, il passaggio a un'edilizia basata sul legno si tradurrebbe in una cattura su larga scala del carbonio atmosferico da parte degli alberi e in un successivo immagazzinamento di tale carbonio nelle nostre costruzioni. Il legno viene sempre più riscoperto come materiale da costruzione anche per edifici residenziali di altezza elevata o strutture industriali. Alcuni studi indicano che un uso più massiccio del legno potrebbe avere un effetto netto di cattura del carbonio che compenserebbe la metà delle attuali emissioni di CO₂ generate dal settore dei trasporti. Il legno come materiale da costruzione ha anche molti vantaggi, quali l'isolamento termico e acustico e la regolazione dell'umidità, con un impatto positivo sugli occupanti degli edifici.

Negli ultimi anni, la promozione delle energie rinnovabili per la produzione di energia elettrica ha innescato la costruzione di molte centrali a legna su larga scala. Tuttavia, la loro impronta di carbonio dipende in grande misura dall'origine del legno utilizzato. Inoltre, per essere efficienti, queste centrali devono essere grandi, il che potrebbe comportare problemi nel reperimento di legna sufficiente, nelle

immediate vicinanze, per mantenere gli impianti operativi. Se la legna, per raggiungere queste centrali, deve essere trasportata per lunghe distanze, l'impatto ambientale di simili impianti è molto meno positivo.

Allo stesso tempo, l'aumento del costo dei combustibili fossili ha portato ad un rinnovato interesse nell'utilizzo del legno per il riscaldamento domestico. Tuttavia, l'utilizzo di legno non sufficientemente secco in caminetti aperti inadeguati può essere un'enorme fonte di inquinamento dell'aria sia all'interno che all'esterno. Se vogliamo che il legno abbia un impatto ambientale positivo nella produzione di elettricità e calore, dobbiamo ottimizzare il modo in cui raccogliamo e utilizziamo il legno nelle centrali elettriche decentrate e/o distribuiamo il calore tramite sistemi di riscaldamento locali, piuttosto che in una moltitudine di camini domestici.

Un rinnovato interesse per il legno come materia prima e fonte di energia rinnovabile probabilmente spingerà alla riconversione dei terreni agricoli meno produttivi in foreste. Ciò, di conseguenza, andrebbe compensato aumentando la produttività dei terreni restanti o riducendo gli sprechi nel consumo alimentare.

Mentre l'Europa settentrionale ha già una copertura forestale relativamente densa, un rinnovato interesse nel legno e nelle relative iniziative di rimboschimento potrebbe avere un maggiore impatto nell'Europa meridionale e nell'Africa settentrionale, dove le foreste sono in diminuzione fin dall'inizio della civiltà umana.

Numerosi progetti di rimboschimento negli ultimi decenni hanno dimostrato che l'espansione del deserto del Sahara potrebbe essere efficacemente invertita. Finora, però, ci si è limitati a iniziative a livello regionale. Una nuova, massiccia campagna coordinata in tutta l'Europa meridionale e l'Africa settentrionale per rimboschire tutti i terreni disponibili potrebbe avere un impatto significativo sui livelli di CO₂ nell'atmosfera. Allo stesso tempo, potrebbe portare l'attuale clima secco e caldo della regione a una condizione più umida e mite, presente alle stesse latitudini in altre parti del mondo. A costi relativamente moderati, nell'ordine di qualche decina di miliardi di euro, il rimboschimento potrebbe creare milioni di posti di lavoro e rappresentare il catalizzatore per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile basata sul legno in tutta la regione mediterranea.

Politica lungimirante

A differenza delle colture agricole, la coltivazione di alberi e foreste richiede una visione e un approccio molto più a lungo termine. Inoltre, le campagne di rimboschimento avranno successo nel lungo termine solo se parallelamente si creerà una nuova economia basata sul legno. Le decisioni politiche potrebbero svolgere un ruolo cruciale a diversi livelli. Una campagna di rimboschimento richiederebbe inizialmente denaro pubblico, nonché campagne di informazione e comunicazione per garantire la partecipazione delle popolazioni locali al progetto nel suo complesso. Il sostegno dell'opinione pubblica potrebbe essere ulteriormente stimolato organizzando un trasferimento di tecnologia sistematico che permetterebbe un uso migliore delle crescenti foreste.

Un maggiore uso del legno come materiale da costruzione nell'industria edile presuppone un rapido aggiornamento dei codici di costruzione di pari passo con l'evoluzione della tecnologia del legno.

Un più ampio uso del legno come biomassa per la produzione di energia rinnovabile potrebbe beneficiare di un più efficiente sistema di raccolta delle risorse lignee localmente disponibili, scoraggiando la combustione della legna in ambito domestico per il riscaldamento o la cucina.

Alla luce della crescente popolazione mondiale, sarebbe problematico espandere le zone riservate alla crescita di foreste a scapito dei terreni agricoli utilizzati per la produzione di alimenti. Ci si dovrebbe piuttosto concentrare sulle aree che non sono adatte alla produzione agricola, ad esempio le località più aride. Programmi pubblici di ricerca potrebbero ottimizzare specie arboree per la coltivazione in questi

ambienti meno favorevoli, e la tecnologia satellitare potrebbe contribuire a monitorare i programmi di rimboschimento ottimizzando il loro impatto sul clima regionale e globale.

5. Agricoltura di precisione

L'introduzione di un'agricoltura di maggiore precisione in Europa potrebbe permetterci di aumentare la resilienza alimentare, assicurando al contempo sostenibilità e occupazione, tenendo conto della grande diversità dell'agricoltura nell'UE?

Per agricoltura di precisione s'intende l'uso di tecnologie per migliorare il rapporto tra produzione agricola (di solito cibo) e mezzi di produzione agricoli (terreni, energia, acqua, fertilizzanti, pesticidi, ecc.). Consiste nell'utilizzo di sensori che servono a identificare con precisione (nello spazio o nel tempo) le esigenze delle colture o degli animali, consentendo quindi di intervenire in modo mirato per massimizzare la produttività di ogni pianta e animale, riducendo al minimo lo spreco di risorse.



© Kletr / Fotolia

Tali tecnologie svolgeranno un ruolo chiave nello sviluppo agricolo dei prossimi decenni.

L'agricoltura di precisione potrebbe contribuire a nutrire la crescente popolazione mondiale, anche a fronte di bassi rendimenti e di una riduzione delle zone agricole. L'agricoltura di precisione offre già tecnologie che consentono di ottenere una maggiore produzione agricola con un minore utilizzo di mezzi di produzione. Ad esempio, sistemi di monitoraggio basati su sensori migliorano le previsioni di rendimento e forniscono agli agricoltori informazioni migliori e sistemi di allerta precoce sullo status delle colture. Un'altra promessa dell'agricoltura di precisione è quella di ridurre l'impatto negativo del settore agricolo sull'ambiente. Secondo Eurostat, l'agricoltura è responsabile di circa il 10 % delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE. Oltre a questo vi sono grandi preoccupazioni per l'uso eccessivo di fertilizzanti e pesticidi, nonché per l'erosione del suolo. L'agricoltura di precisione potrebbe fornire un prezioso contributo per risolvere tali problemi.

Potenziali impatti e sviluppi

La principale promessa dell'agricoltura di precisione è consentire una maggiore produzione di cibo servendosi di meno contributi dall'esterno quali fertilizzanti e pesticidi, rendendo l'agricoltura allo stesso tempo più produttiva e più sostenibile. Come sottolineato in un recente studio dello STOA, può anche contribuire attivamente alla sicurezza degli alimenti e alla garanzia del loro approvvigionamento. Può consistere principalmente dei seguenti approcci:

- Sistemi di guida automatici, che possono ottimizzare l'uso delle macchine agricole nei campi, combinati con tecniche avanzate di geo-mappatura, che raccolgono e forniscono dati sulle proprietà del suolo e sui livelli di nutrienti per determinati campi.
- Sistemi di rilevamento, che permettono di raccogliere dati a distanza per valutare la sanità dei suoli e delle colture, misurando parametri quali umidità, nutrienti, compattazione e malattie delle colture. Vengono effettuate misurazioni termiche, ottiche, meccaniche e chimiche mediante sensori per quantificare la biomassa delle colture, lo stress delle piante, i parassiti, le malattie, le proprietà del suolo, le condizioni climatiche e il comportamento degli animali.
- I robot agricoli specializzati del futuro saranno in grado di ridurre al minimo la compattazione del terreno dovuta ai macchinari pesanti. Potrebbe anche essere previsto l'impiego di *swarm robot*: gruppi di robot semplici ma multifunzionali che possono essere coordinati in modo distribuito e

decentralizzato in base alle attività richieste. Tali macchine sarebbero più leggere e interverrebbero solo ove richieste, rimanendo permanentemente nei campi.

L'agricoltura di precisione potrebbe favorire cambiamenti sociali. Si potrebbe cambiare l'attuale percezione dell'agricoltura come settore economico a basse competenze e aumentare la sua attrattiva per le nuove generazioni. Ciò richiederebbe un massiccio investimento in tecnologie wireless nelle aree rurali, così da colmare il divario con le aree urbane. L'agricoltura di precisione potrebbe in tal modo arrestare l'esodo di persone dalle aree rurali a quelle urbane, poiché alcuni dei motivi principali per trasferirsi in città (la disponibilità di assistenza, prodotti e servizi) verrebbero meno.

Il principio generale secondo cui la globalizzazione ha trasformato le nostre economie in economie della conoscenza vale anche per l'agricoltura. Un'adozione dell'agricoltura di precisione su vasta scala richiederebbe l'acquisizione di nuove competenze. L'agricoltura di precisione richiede vari tipi di competenze, tra cui competenze tecnologiche, ambientali e gestionali. I giovani agricoltori devono essere dotati del giusto mix di competenze specifiche e interdisciplinari per poter accedere all'agricoltura di precisione, il che potrebbe rendere la professione agricola più attraente per i giovani. Inoltre, le tecnologie dell'agricoltura di precisione potrebbero realmente migliorare il livello di istruzione nelle zone rurali.

L'agricoltura di precisione potrebbe anche contribuire a cambiare l'aspetto delle nostre campagne. L'uso di tecnologie più intelligenti ridurrebbe la necessità di grandi campi monotoni che dominano il paesaggio, consentendo la trasformazione in un più vario paesaggio di campi, alberi, cespugli e aree naturali. Potrebbe anche avere un impatto ambientale significativo, in quanto consentirebbe una rimozione più selettiva delle aree ecologiche più sensibili dal processo di produzione agricola.

Tuttavia, valutando l'agricoltura di precisione nell'Unione europea, bisogna tenere presente che l'agricoltura nell'UE-28 è eterogenea sotto molti aspetti. Questa diversità riguarda vari aspetti quali i modelli d'impresa, i settori produttivi, le pratiche agricole, l'occupazione in cifre assolute e in rapporto alla popolazione attiva, l'istruzione e le competenze degli agricoltori, nonché la produzione agricola. L'impatto sociale dell'agricoltura di precisione sarebbe maggiore nei paesi con la più alta percentuale di lavoratori occupati nell'agricoltura.

Politica lungimirante

L'ampia diversità dell'agricoltura nell'UE, soprattutto per quanto riguarda le dimensioni delle aziende agricole, i tipi di agricoltura, le pratiche agricole, la produzione e l'occupazione, rappresenta una sfida per i responsabili politici europei. Eventuali misure politiche europee dovrebbero distinguere tra gli Stati membri, tenendo conto che le opportunità e le preoccupazioni variano molto da paese a paese.

Indipendentemente da come si presenterà il contesto economico nei prossimi decenni, gli agricoltori dell'UE avranno bisogno dell'agricoltura di precisione per migliorare i rendimenti a fronte della minore disponibilità di terreni coltivabili.

Le attività di ricerca e sviluppo saranno una forza trainante fondamentale per la creazione dei posti di lavoro del futuro nel settore agricolo. Di conseguenza, si possono prevedere cambiamenti sostanziali rispetto alla politica agricola comune (PAC) (2021-2027) per un incremento di ricerca e sviluppo nel settore agricolo. Si potrebbe per esempio investire maggiormente in tecnologie d'avanguardia come biosensori, robotica, spettrografi e trattamento delle immagini.

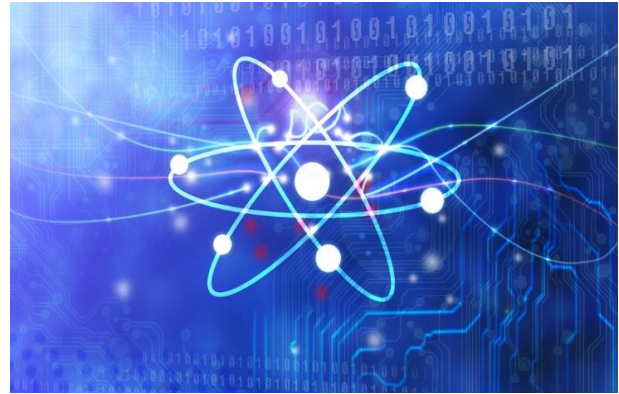
L'UE potrebbe rafforzare la politica di sviluppo rurale finanziando l'innovazione agricola e forestale attraverso misure che potrebbero sostenere la creazione di gruppi operativi, i servizi per l'innovazione, gli investimenti o altri approcci. I programmi che promuovono pratiche agricole di precisione potrebbero anche assolvere altri obiettivi sociali, quali lo sviluppo territoriale equilibrato o l'apprendimento permanente.

Un'altra opzione strategica sarebbe la creazione di un terzo pilastro dedicato alle tecnologie sostenibili per l'ambiente nell'ambito della PAC 2021-2027.

6. Tecnologie quantistiche

Potrebbe la ben consolidata teoria della meccanica quantistica, pur controintuitiva per i non scienziati, rivoluzionare il futuro di comuni dispositivi tecnici quali sensori, dispositivi di comunicazione e computer?

La meccanica quantistica è una teoria scientifica che ha rivoluzionato la nostra comprensione dell'universo, in particolare a livello microscopico. Nel mondo della fisica classica, un sistema è sempre in un determinato stato (ad esempio un corpo a riposo o in movimento a velocità ben definita), mentre nel mondo quantistico un sistema può essere in una sovrapposizione di due o più stati. L'esecuzione di una misurazione su una tale sovrapposizione lo porta a "collassare" in un unico stato. A differenza del mondo classico, dunque, in cui un sistema può essere misurato senza modificarlo, nel mondo quantistico una misurazione può avere un grande impatto sullo stato del sistema.



© Winiu / Shutterstock.com

Potenziali impatti e sviluppi

Per quanto controintuitiva la teoria quantistica possa apparire ai profani, è già alla base di molte tecnologie comuni quali i transistor e il laser. Tuttavia, gli scienziati sono ora in grado di controllare gli stati microscopici di singoli sistemi quantistici con grande precisione. Questa capacità potrebbe portare allo sviluppo di nuove tecnologie, che possono essere suddivise in tre ambiti: rilevamento, crittografia e informatica.

I sensori quantistici comprendono una vasta gamma di dispositivi che utilizzano gli effetti quantistici per effettuare misurazioni ad alta precisione di grandezze quali tempo, gravità e campo magnetico. Molti di questi dispositivi potrebbero essere commercializzati nei prossimi anni: gli orologi quantistici, in particolare, stanno già sostanzialmente superando le loro controparti classiche.

La crittografia è di solito eseguita dal destinatario di un messaggio, che distribuisce una "chiave" pubblica affinché qualcuno possa crittografare un messaggio che può essere decifrato solo con la chiave privata detenuta dal destinatario. Questo metodo dipende dalla difficoltà computazionale di determinare la chiave privata a partire dalla chiave pubblica, poiché un hacker potrebbe scoprire la chiave pubblica intercettando le comunicazioni tra le due parti. L'alternativa della crittografia quantistica è (almeno in teoria) inattaccabile, poiché si basa sulla legge fondamentale secondo cui la misurazione di un sistema quantistico modifica il sistema stesso: utilizzando tale sistema per la trasmissione di informazioni, le due parti comunicanti possono scoprire se qualcuno è in ascolto.

L'informatica quantistica è forse la tecnologia con le maggiori potenzialità, pur essendo anche la più lontana da sviluppi sostanziali. I comuni computer usano i "bit" per memorizzare ed elaborare le informazioni. Si tratta di componenti elettronici che hanno due possibili stati, uno che rappresenta lo "0" e l'altro che rappresenta l'"1". Un computer quantistico consentirebbe anche una "sovrapposizione quantistica" di questi due stati, che possono essere pensati come "0" e "1" contemporaneamente. Queste sovrapposizioni accelererebbero notevolmente la computazione di determinati problemi, alcuni dei quali richiederebbero milioni di anni in computer ordinari, ma solo alcune ore in un computer quantistico.

Ci sono diverse applicazioni note per i computer quantistici. Una di esse è il calcolo del comportamento degli altri sistemi quantistici, che trasformerebbe lo sviluppo di nuovi prodotti chimici, medicine e materiali, settori in cui è attualmente necessario creare e testare una nuova sostanza per scoprirne gli eventuali benefici o danni. Un'altra possibile applicazione è nel campo dell'intelligenza artificiale, anche se i miglioramenti che un computer quantistico potrebbe offrire in questo settore non sono chiari.

Se le tecnologie quantistiche possono contribuire a risolvere una serie di problemi, possono anche potenzialmente crearne di nuovi. Uno scenario possibile è che, in futuro, l'informatica quantistica consenta ad altri di decifrare i nostri attuali protocolli di crittografia. Questa minaccia rappresenta una valida motivazione per lo sviluppo della crittografia quantistica, che metterebbe al riparo da tali attacchi. La sicurezza futura dei nostri sistemi di crittografia potrebbe quindi dipendere dalla capacità della crittografia quantistica di stare al passo con i progressi dell'informatica quantistica.

Tuttavia, un futuro computer quantistico potrebbe essere utilizzato non solo per decodificare trasmissioni future, ma anche dati intercettati e registrati nei decenni precedenti. Pertanto, a meno che l'informatica quantistica non si dimostri una via totalmente impercorribile, le organizzazioni che vorranno tenere le proprie informazioni al sicuro nei prossimi decenni si interesseranno probabilmente dei sistemi crittografici quantistici.

Politica lungimirante

C'è già un notevole interesse pubblico e privato nello sviluppo di tecnologie quantistiche. I Paesi Bassi e il Regno Unito hanno avviato programmi in questo ambito attirando centinaia di milioni di euro in finanziamenti, tanto da enti pubblici quanto dall'industria. La Commissione europea ha recentemente annunciato un piano di investimento di un miliardo di euro in un'iniziativa faro nelle tecnologie quantistiche.

Come nel caso di molte nuove tecnologie, è importante valutare come colmare quella che è nota come la "valle della morte" tra la ricerca scientifica e l'applicazione commerciale. C'è ampio consenso sul fatto che la scienza alla base delle tecnologie quantistiche sia ormai ben compresa, e la ricerca si sta spostando dagli esperimenti dimostrativi alla creazione di dispositivi utili. Tuttavia, dal momento che l'applicazione commerciale di molte di queste tecnologie è ancora lontana, gli investimenti delle aziende private rimangono una frazione di quelli a favore delle loro alternative convenzionali. I programmi di investimento pubblici saranno importanti per avvicinare le tecnologie quantistiche alla redditività commerciale, e sarebbe opportuno verificare l'efficacia dei programmi in corso a tale riguardo.

Un aspetto particolare che potrebbe richiedere grandi investimenti pubblici è quello delle infrastrutture necessarie per la crittografia quantistica. Questa tecnologia richiederà probabilmente particolari fibre ottiche per trasmettere singoli fotoni (particelle di luce) in modo tale da conservare il loro stato quantistico. Iniziative per sviluppare queste infrastrutture sono già in corso in Cina, in Giappone e negli Stati Uniti, nonché in alcuni Stati membri. Per consentire una comunicazione quantistica in tutta l'UE e a livello mondiale è necessaria una rete ininterrotta. Un'altra opzione sarebbe lo sviluppo di nuovi protocolli di crittografia "post-quantistici", che non potrebbero essere decifrati con gli algoritmi quantistici noti.

Le possibilità e i limiti dei computer quantistici sono ancora oggetto di ricerca attiva. La capacità di decifrare i protocolli di crittografia esistenti è un'applicazione che potrebbe avere conseguenze negative, ed è possibile che in futuro vengano sviluppate applicazioni ancor più dannose. Tra queste vi è la possibilità di attaccare altri protocolli di sicurezza che sono attualmente considerati al sicuro da attacchi quantistici. Sarebbe prudente, pertanto, regolamentare l'accesso a tali dispositivi. Tuttavia, un modello imprenditoriale probabile per questo settore emergente sarebbe quello di consentire agli utenti di sottoporre i problemi online, il che renderebbe una tale regolamentazione non praticabile. Inoltre, la regolamentazione potrebbe soffocare l'enorme potenziale di accelerazione del progresso tecnologico, riducendo i relativi vantaggi per la società.

Le tecnologie quantistiche offrono possibilità affascinanti, che devono però ancora essere pienamente esaminate, e i progressi in questo settore potrebbero essere accelerati aumentando gli investimenti pubblici. I responsabili politici, tuttavia, dovranno dedicare grande attenzione a questo ambito con l'avanzare del progresso, al fine di ridurre al minimo le possibili conseguenze negative di tali tecnologie.

7. Etichette di identificazione a radiofrequenza

Quale sarà l'impatto delle etichette di identificazione a radiofrequenza e di altri dispositivi di comunicazione a corto raggio sul modo in cui l'Internet delle cose trasformerà il nostro modo di vivere?

L'identificazione a radiofrequenza (RFID) è una tecnologia in fase di introduzione su larga scala per sostituire i codici a barre nell'etichettatura dei beni di consumo. Alla luce dei recenti scandali alimentari, ciò potrebbe, tra l'altro, facilitare la tracciabilità di alimenti e bevande in modo più efficiente e completo rispetto ai codici a barre.



© Andreynikolaev / Shutterstock.com

La RFID è anche la tecnologia alla base delle etichette oggi comuni su alcuni vestiti, libri o altri prodotti, facilmente distinguibili grazie ad una sorta di serpentina, o lamina, che funge da antenna. Con questa tecnologia, i prodotti possono essere rilevati quando passano attraverso una "porta" munita del lettore richiesto. Assomiglia ad alcuni vecchi sistemi antifurto, ma ora ciascun prodotto può essere identificato in modo univoco anche per altri scopi, quali la fatturazione o la verifica delle caratteristiche. Ciò è possibile perché l'etichetta contiene un numero identificativo più lungo di quelli usati nei codici a barre, ed è strutturata in modo da poter essere utilizzata per accedere automaticamente a banche dati con informazioni aggiuntive su Internet.

La capacità del lettore non solo di identificare il prodotto, ma anche di accedere a una serie di informazioni correlate, ha dato vita a idee quali gli **oggetti intelligenti** (smart objects) o l'Internet delle cose (IoT). Gli oggetti intelligenti sono oggetti con una migliore interazione non solo con le persone, ma anche con altri oggetti intelligenti. L'Internet delle cose è l'integrazione di dispositivi fisici, veicoli, edifici e altri oggetti con elettronica, software, sensori, attuatori e interconnessione che consente a questi oggetti di raccogliere e scambiare dati.

Appaiono costantemente nuove applicazioni di queste idee, e la ricerca in quest'ambito è fiorente. Le etichette RFID potrebbero essere utili per l'interno ciclo di vita del prodotto, dall'assemblaggio delle parti o delle materie prime ai processi di riciclaggio e gestione dei rifiuti, passando per la catena di produzione e fornitura, anche presso il punto vendita. In tal modo si potrebbero accorciare le code ai supermercati, dal momento che tutti i prodotti nel carrello potrebbero essere letti istantaneamente. Gli utenti potrebbero inoltre sfruttare la capacità degli oggetti di accedere a informazioni correlate, quali le istruzioni per l'uso, a cui l'apparecchio potrebbe accedere automaticamente. Ad esempio, una confezione di alimenti potrebbe aggiornare il congelatore sulla temperatura necessaria per un'adeguata conservazione, avvisarlo delle date di scadenza imminenti o informare il forno a microonde sulla temperatura e il tempo di cottura necessari.

Tuttavia, il concetto della tracciatura degli oggetti desta alcune preoccupazioni. Mentre uno smartphone è di norma un dispositivo relativamente evidente, un'etichetta nascosta in un oggetto che può misteriosamente dare accesso a molte informazioni può essere vista come una minaccia.

Potenziali impatti e sviluppi

È importante notare che, per ragioni di efficienza e di prezzo, le etichette RFID di base utilizzate per tracciare i beni di consumo operano nella gamma di altissima frequenza (UHF) e sono passive (cioè non hanno batterie). Ciò è degno di nota poiché definisce le proprietà e le capacità dell'etichetta. Usare l'UHF significa che le gamme di lettura possono essere relativamente lunghe in determinate condizioni ma,

d'altra parte, essendo prive di batterie devono utilizzare l'energia proveniente dal segnale portatore fornito dalle antenne collegate al lettore. L'UHF, inoltre, è soggetta a malfunzionamenti in presenza di liquidi (che assorbono l'energia) o metalli (che riflettono il segnale creando interferenze). Tutto ciò rende i lettori necessariamente abbastanza costosi e ingombranti (ad esempio come un lettore ad arco in un negozio), anche se le etichette non lo sono.

Un'altra implicazione del requisito di queste etichette semplici (l'uso di pochissima energia) è che i protocolli di comunicazione ad esse applicati sono piuttosto essenziali. Ciò significa che non sono sicure, poiché non dispongono di crittografia o altre misure protettive. La ricerca procede in quest'ambito, ma per il momento le informazioni possono essere alterate in diversi modi (contraffazione, intercettazione, clonazione, *spoofing*, *jamming*, ecc.).

Così come le etichette di base RFID UHF, ci sono altre etichette che sono altrettanto comuni e ancor più semplici, come quelle che utilizzano la tecnologia *near field communication* (comunicazione a corto raggio, NFC). La NFC utilizza frequenze più basse e le etichette possono essere lette solo a distanze molto brevi (di solito da un dispositivo palmare) e una alla volta. Il vantaggio è che necessitano di un lettore semplice ed economico. D'altra parte, esistono anche molti altri tipi di etichette con capacità migliorate che, con l'aggiunta di una batteria (per renderle "etichette attive"), potrebbero diventare sufficientemente complesse per svariate applicazioni differenti. Le etichette attive possono disporre di sensori, attuatori e un'ampia memoria, rendendo possibile la comunicazione a lunga distanza. Tutte queste possibilità rafforzano le preoccupazioni dell'opinione pubblica circa le applicazioni di questa tecnologia.

Politica lungimirante

È importante notare che le etichette piccole che potrebbero essere nascoste in oggetti di uso quotidiano sono oggi dispositivi semplici, passivi, con capacità molto limitate (quelle più potenti sono solitamente più grandi e molto più ingombranti). La lettura delle etichette, pertanto, è sempre difficile, a maggior ragione nell'UE, in cui la potenza dei lettori è stata limitata a due watt dalla legge (mentre negli USA sono consentiti quattro watt). Ciò significa che la distanza di lettura è solitamente limitata a circa due metri. Inoltre, dal momento che i lettori funzionano in modo molto simile ai radar, sono facili da rilevare e controllare da parte delle autorità. Tuttavia, è importante tenere presente che queste etichette sono state progettate per semplici beni di consumo. Pertanto, anche se le possibilità associate al loro uso sono piuttosto ampie, è improbabile che le etichette vengano utilizzate da un ipotetico "grande fratello".

C'è, d'altra parte, una reale preoccupazione da parte degli sviluppatori circa la sicurezza di questa tecnologia per determinate applicazioni. Per cominciare, sarebbe importante definire un limite realistico all'energia utilizzata dai lettori, poiché ciò pone serie limitazioni. Mentre due watt sembrano avere effetti minimi sul corpo umano, è importante tenere presente che l'UHF utilizza le stesse lunghezze d'onda dei forni a microonde. Di conseguenza, ci sono preoccupazioni in merito alla possibilità che degli "hotspot", in determinate posizioni, possano avere effetti sui prodotti biologici. Ad esempio, le etichette RFID UHF vengono utilizzate negli ospedali per tenere traccia delle sacche di sangue, ma non sembrano esserci ricerche specifiche sugli effetti che i lettori possano avere sulla conservazione di questi prodotti.

La RFID è ancora passibile di molti miglioramenti, ma la tecnologia è già disponibile e le possibili applicazioni molteplici. È vero che non è garantito che questa tecnologia sia completamente priva di difetti e a prova di manomissione, ma le etichette semplici progettate per identificare i beni di consumo non possono essere paragonate a dispositivi utilizzati per rintracciare le persone, come gli smartphone. Tuttavia, l'uso di questa interessante tecnologia può certamente contribuire a risolvere i tanti problemi delle catene di approvvigionamento, con conseguenze per i consumatori. Potrebbe essere preferibile accettare la remota possibilità che le autorità sappiano quello che stai mangiando piuttosto che rischiare un'intossicazione alimentare.

8. Big data e sanità

I "big data" possono dischiudere grandi opportunità in ambito sanitario, ma come possiamo garantire che portino benefici a tutti?

I progressi nella sanità hanno portato a considerevoli aumenti della speranza di vita e della qualità della vita nel corso degli ultimi cento anni. Allo stesso tempo, l'assistenza sanitaria richiede una sempre crescente quota di PIL nella maggior parte dei paesi del mondo.

In questo contesto, i nuovi strumenti dei big data offrono allettanti prospettive, promettendo di fornire migliori diagnosi, di aumentare l'efficacia degli attuali metodi di trattamento e di trovare nuove cure con meno sforzi rispetto a metodi di ricerca tradizionali.



© Panchenko / Shutterstock.com

Potenziati impatti e sviluppi

Gli enormi benefici si potrebbero articolare su tre diversi livelli:

- (i) La ricerca medica tradizionale, che presuppone ampi studi o indagini, potrebbe divenire più economica e veloce

Nel condurre ampi studi clinici o indagini per sperimentare un nuovo farmaco, per valutare l'efficacia di nuovi trattamenti o per meglio comprendere le cause di determinate patologie, si raccolgono grandi quantità di dati da un gruppo consistente di pazienti al fine di rispondere a domande molto specifiche. Una volta conclusi gli studi, queste grandi quantità di dati sono spesso archiviate senza ulteriori analisi, nonostante possano aiutare altri ricercatori ad indagare ambiti di ricerca correlati. Si sta dunque cercando di fare in modo che questi set di dati siano più accessibili all'intera comunità della ricerca, consentendo che sorgano nuove prospettive ad un costo aggiuntivo minimo.

Prima che questi dati possano essere messi a disposizione dell'intera comunità della ricerca, tuttavia, devono essere resi anonimi, il che, in alcuni casi, può comportare un notevole carico di lavoro. L'uso di set di dati pre-esistenti per affrontare nuovi quesiti di ricerca, in ogni caso, potrebbe permettere ai ricercatori di evitare la duplicazione degli sforzi e di conseguenza ridurre i tempi e i costi necessari per lo svolgimento di nuovi studi.

- (ii) Nuovi sensori facilitano notevolmente la raccolta di set di dati

Nella nostra vita quotidiana siamo sempre più circondati da **dispositivi e sensori intelligenti** che tracciano la nostra posizione geografica, contano i passi che facciamo, monitorano il nostro stile di guida e il livello di attenzione mentre siamo al volante e misurano molte altre quantità. I dati registrati da sensori anziché da persone compilando questionari sono spesso più obiettivi, e con i sempre minori costi delle tecnologie dei sensori è possibile rilevare un maggior numero di parametri per gruppi di partecipanti sempre più ampi, rivoluzionando il modo in cui conduciamo la ricerca e monitoriamo l'efficacia dei trattamenti.

(iii) Servizi sanitari personalizzati

Oltre a facilitare gli studi su grandi gruppi di partecipanti, il crescente numero di sensori che ci circonda ogni giorno (nei dispositivi mobili che usiamo, nei vestiti che indossiamo, nelle automobili che guidiamo e molti altri) renderà sempre più comuni i servizi sanitari personalizzati. Più o meno analogamente ai sensori che in auto monitorano la frequenza dei battiti di palpebre per avvertire il conducente in caso di sonnolenza, in futuro sensori presenti nei vestiti che indossiamo potrebbero avvertirci se il rischio di attacco di cuore è particolarmente elevato, o se il nostro sistema immunitario è particolarmente debole e siamo a rischio di influenza.

Ma se queste nuove tecnologie promettono grandi progressi nell'assistenza sanitaria, presentano anche una serie di sfide per la società, in particolare in termini di protezione dei dati.

La protezione dei dati è già un punto essenziale da tenere in considerazione in ogni studio clinico. Se i ricercatori in futuro condivideranno questi set di dati in modo ancor più vasto, sarà ancor più importante che le norme sulla privacy dei dati assicurino una protezione efficace per i partecipanti allo studio. Anche il rispetto delle procedure di consenso informato sarà fondamentale qualora i dati forniti da soggetti umani (pazienti o gruppi di controllo) siano utilizzati in ricerche diverse da quella per cui sono stati inizialmente raccolti.

Il crescente numero di sensori che ci accompagnano nella nostra vita quotidiana, e già oggi raccolgono sempre più parametri sulla nostra salute e il nostro benessere, porranno ulteriori sfide. I produttori di telefoni cellulari, gli operatori delle telecomunicazioni e i motori di ricerca raccolgono già una considerevole quantità di dati di natura sanitaria sui loro clienti, senza tuttavia essere percepiti come operatori del settore sanitario. Ciò diverrà ancor più essenziale quando dispositivi semplici quali i telefoni cellulari saranno in grado di effettuare una valutazione completa della salute dei propri utenti in base all'ampio numero di parametri raccolti.

Politica lungimirante

Oltre alla necessità di aggiornare costantemente le norme sulla protezione dei dati e la riservatezza di pari passo con gli sviluppi tecnologici, è necessario considerare questioni più ampie chiedendosi chi dovrebbe beneficiare di tutti questi progressi tecnologici. A titolo di esempio, i sensori che indossiamo ci consentiranno di rilevare precocemente i tumori, aumentando le probabilità di guarigione e riducendo i costi di trattamento, o queste tecnologie aiuteranno soprattutto le aziende ad aumentare i canoni di assicurazione per le persone a cui è diagnosticato un tumore?

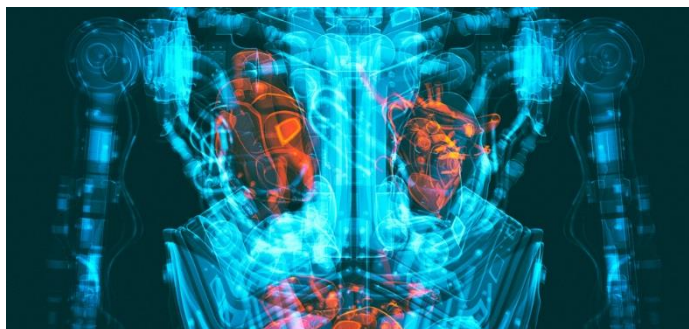
Sebbene le norme sulla protezione dei dati vengano continuamente aggiornate, in un mondo sempre più interconnesso potrebbe diventare sempre più difficile nascondere il fatto di essere affetti da una particolare malattia come il tumore. Sarà necessario trovare il giusto equilibrio tra l'interesse dei singoli alla riservatezza in merito alla loro salute e i benefici che la società potrebbe trarre da un più facile accesso a dati medici anonimi, che potrebbero essere la chiave per innovazioni e progressi in campo medico.

Dal momento che anche le migliori leggi potrebbero non essere sufficienti a garantire la privacy in ogni circostanza, e di conseguenza una patologia come il cancro potrebbe essere resa pubblica, i legislatori potrebbero prevedere un ulteriore livello di protezione promulgando leggi che riducano al minimo le possibilità di discriminazione. Ad esempio, un sistema che preveda la condivisione dei costi di trattamento dei pazienti oncologici tra tutte le compagnie di assicurazione sanitaria ridurrebbe la probabilità che un singolo paziente venga discriminato da una compagnia assicurativa sulla base di una propensione allo sviluppo di tumori.

9. Organoidi

Gli organoidi sono organi coltivati artificialmente che imitano le proprietà di organi reali. Quali nuove possibilità offrono per i trattamenti medici, lo sviluppo di farmaci, la medicina personalizzata e rigenerativa?

Gli organoidi sono piccoli aggregati di cellule umane coltivate in laboratorio per formare strutture tridimensionali che imitano le funzionalità di organi reali quali fegato, cuore e polmoni. Gli organoidi sono generati da progenitori residenti in organi adulti o derivati da una o più cellule di un tessuto, cellule staminali embrionali o cellule staminali pluripotenti indotte, che possono auto-organizzarsi in colture tridimensionali grazie alle loro capacità di



© Ociacia / Shutterstock.com

autorinnovamento e differenziazione. Questi aggregati di cellule sono spesso coltivati in appositi micro-contenitori che aiutano le cellule a disporsi, proprio come farebbero in un organo all'interno del corpo umano. Sono molto simili a tessuti umani *in vivo* e possiedono le caratteristiche genetiche della persona da cui provengono, dunque rispondono ai farmaci come farebbe il relativo organo della persona. Queste strutture simili a organi, che possono essere immagazzinate in biobanche, non sono solo un valido strumento per accrescere la comprensione dei processi fondamentali che regolano lo sviluppo degli organi nel corpo umano, ma promettono anche benefici diretti per le cure mediche e lo sviluppo di farmaci.

Potenziali impatti e sviluppi

Essendo tra i modelli più accessibili e fisiologicamente rilevanti per lo studio della dinamica delle cellule staminali in un ambiente controllato, si prevede che gli organoidi facciano progredire la nostra comprensione del rinnovamento dei tessuti, delle funzioni delle cellule/nicchie staminali e delle risposte dei tessuti a farmaci, mutazioni o danni, nonché svelare i misteri di svariate malattie cerebrali e disturbi neurologici. La proliferazione di una tecnologia che permetta agli scienziati di coltivare una materia simile al cervello, così come a fegato, reni, intestino e molte altre parti del corpo, è considerata la strada da seguire per arrivare a ricostituire le funzioni degli organi *ex vivo*. Tra le possibilità ci sono un valido modello per proiezioni pre-cliniche, terapie mirate e personalizzate, applicazioni di medicina rigenerativa, scoperte di nuovi farmaci e test di tossicologia ambientale.

I progressi nella generazione di organoidi ne hanno esteso le applicazioni da strumento di ricerca di base a piattaforma di traslazione con una vasta gamma di funzioni e usi a valle che gli esperimenti sugli animali non possono offrire, e potrebbero anche rivoluzionare il processo di scoperta di nuovi farmaci. Ad esempio, mini-intestini possono servire come strumento di analisi personalizzato per la fibrosi cistica, mentre i ricercatori stanno iniziando a utilizzare gli organoidi cerebrali come modelli accurati per lo studio di una vasta gamma di malattie quali l'autismo, la schizofrenia e l'epilessia.

Inoltre, gli organoidi basati su cellule epatiche potrebbero costituire un'integrazione dell'attuale trapianto di organi per ripristinare la funzione epatica di pazienti affetti da malattia epatica metabolica e fungere da modello per la crescita di metastasi, oltre a testare la risposta delle cellule tumorali a farmaci nuovi e vecchi. Gli organoidi pancreatici derivati da cellule staminali adulte del pancreas sono una delle tecnologie più promettenti per la terapia cellulare e rigenerativa. Questi "intestinoidi" consentono già nuovi test farmacologici per la fibrosi cistica e il tumore all'intestino. Di recente, alcuni scienziati hanno istituito la prima "biobanca vivente" al mondo per immagazzinare i tumori dei pazienti e hanno utilizzato i tessuti

per identificare i farmaci più promettenti per la malattia di ciascun paziente, mentre altri scienziati stanno compiendo progressi nella creazione di grandi raggruppamenti di cellule nervose, avvicinandosi alla creazione di organoidi cerebrali a grandezza naturale. Nel prossimo futuro, gli organoidi inizieranno ad entrare nella routine medica per fare luce su patologie insorte durante lo sviluppo embrionale, o potrebbero addirittura essere trapiantati in soggetti umani per sostituire organi naturali malati o collassati. Gli organoidi vengono inoltre utilizzati per studiare le anomalie, ad esempio nei neuroni prelevati direttamente da pazienti affetti dal morbo di Alzheimer.

Oltre al contributo che gli organoidi potrebbero offrire ai ricercatori nel comprendere come si sviluppano i veri organi e cosa può andare storto in questo processo, l'evoluzione degli organoidi in sistemi riproducibili e facilmente utilizzabili e la loro produzione commerciale comporterebbero rischi etici e di sicurezza, dal momento che i metodi di coltura sono ancora agli albori. Gli organoidi personalizzati potrebbero agevolare la diffusione di test medici personalizzati, il che potrebbe a sua volta comportare nuovi rischi e problemi di accessibilità.

Simili conflitti possono sorgere se si considera il tipo di tessuto generato. Più gli scienziati si avvicinano alla creazione di un cervello umano, maggiori sono le implicazioni etiche. Il concetto di integrità umana in tale contesto potrebbe essere messo seriamente a repentaglio.

Legiferazione lungimirante

Anche se molte di queste tecnologie sono ancora relativamente nuove e richiedono una maggiore verifica e caratterizzazione, il fatto che oggi gli organoidi derivati da tessuti viventi coltivati a partire da cellule staminali di partecipanti possano essere conservati per un periodo molto lungo (teoricamente per sempre) sottolinea l'urgenza delle riflessioni in merito. Requisiti di privacy, termini e condizioni per l'arruolamento dei partecipanti a ricerche/test clinici, stoccaggio e uso degli organoidi, divulgazione dei risultati, comprese le scoperte accidentali: tutti questi aspetti meritano attenzione. Il consenso informato è di estrema importanza ai fini dell'arruolamento dei partecipanti e della raccolta delle loro cellule staminali dai tessuti residui. Le biobanche di organoidi richiedono inoltre l'elaborazione di apposite procedure di consenso informato che affrontino le difficoltà legate al fatto che gli organoidi sono in realtà mini-organi viventi che potrebbero essere utilizzati per una vasta gamma di scopi, nonché l'assenza di un quadro giuridico europeo sulle biobanche.

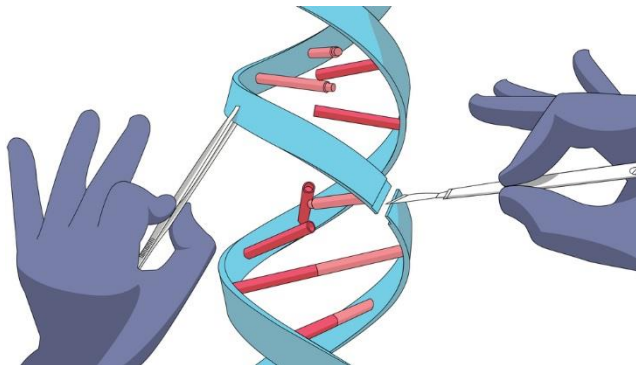
L'uso degli organoidi potrebbe integrare o persino ridurre le sperimentazioni sugli animali e il coinvolgimento degli esseri umani a fini sperimentali, innescando cambiamenti in materia di sperimentazioni sui farmaci, test clinici e autorizzazione dei prodotti chimici.

Un'altra questione centrale riguarda la proprietà e la mercificazione del materiale biologico, e quanto prossimo alla vita debba essere un modello di sviluppo umano *in vitro* per poter essere scientificamente valido e al contempo eticamente accettabile. Con la crescita dell'interesse per la tecnologia organoide, lo sviluppo commerciale di metodi di coltura di organoidi più standardizzati e verificati sarà prezioso nel garantire che il sistema organoide divenga ampiamente accessibile a scienziati accademici e clinici, contribuendo così a massimizzarne il potenziale.

10. Modifica del genoma

Una nuova tecnica per semplificare l'alterazione dei geni potrebbe aprire la strada a una nuova era dell'ingegneria genetica. Quali sono i benefici e i potenziali pericoli di questa tecnica, e come dovrebbero rispondere i responsabili politici?

La capacità di progettare i genomi in modo specifico, sistematico ed economico è da tempo un obiettivo nel campo studi di genomica. Negli ultimi tempi sono state sviluppate diverse tecnologie di modifica del genoma (*gene editing*) per migliorare i metodi di "bersagliamento dei geni" (*gene targeting*), compresi i sistemi CRISPR-Cas, le nucleasi TALEN ("transcription activator-like effector nucleases") e le nucleasi "a dita di zinco" ZFN. Il sistema CRISPR-Cas9 è ad oggi il sistema più veloce, economico e affidabile per modificare i



© Perception7 / Shutterstock.com

geni. Tale sistema è considerato la più grande rivoluzione nel campo della modifica dei geni grazie all'elevato grado di affidabilità ed efficacia a fronte di costi limitati. Seguendo questo percorso tecnologico si prevede di migliorare la nostra capacità di mirare a determinate sequenze di DNA nella vastità di un genoma e studiarle. Il CRISPR-Cas9 ha il potenziale di tagliare il DNA di qualsiasi genoma in una qualunque posizione desiderata in molti tipi di organismi, sostituire o aggiungere parti alla sequenza di DNA introducendo la proteina cas9 e guidare opportunamente il DNA in una cellula. Questo strumento estremamente potente potrebbe aiutare i biologi molecolari ad esplorare il funzionamento del genoma.

Potenziali impatti e sviluppi

Il CRISPR-Cas9 ha un grande potenziale come strumento per modificare direttamente o correggere variazioni fondamentali associate a patologie nel genoma e per sviluppare trattamenti a base di tessuti per il tumore e altre malattie, arrestando i geni patogeni endogeni, correggendo le mutazioni patologiche o inserendo nuovi geni con funzioni protettive. I ricercatori sperano di usare il CRISPR-Cas9 per modificare i geni umani al fine di eliminare patologie, combattere i microbi in costante evoluzione che possono danneggiare le colture o spazzare via gli agenti patogeni, se non addirittura modificare i geni di embrioni umani.

Il CRISPR-Cas9 può essere utilizzato per alterare i geni di una vasta gamma di organismi con relativa precisione e facilità, nonché per creare modelli animali per la ricerca fondamentale. Modificare i geni degli animali potrebbe migliorare la resistenza alle malattie, controllare le popolazioni di zanzare in modo da attenuare o combattere la trasmissione della malaria, portare persino alla creazione di farmaci realizzati utilizzando animali addomesticati ("farmaceuticals") o migliorare la produzione alimentare. Il sistema potrebbe anche facilitare il trapianto di organi animali negli essere umani, eliminando copie dei retrovirus presenti nei genomi degli animali che possono danneggiare i destinatari umani.

Con la tecnologia CRISPR-Cas9 è possibile anche alterare il DNA degli embrioni umani, il che potrebbe favorire cambiamenti epocali nel benessere umano, con conseguenze sulla durata di vita, sull'identità e sulla produzione economica. La tecnologia consente inoltre di creare un cosiddetto "impulso genetico" (*gene drive*), il che significa che un singolo gene selezionato sarà tramandato in via preferenziale alla generazione successiva, diffondendosi rapidamente in intere popolazioni.

Pur offrendo molte prospettive affascinanti, l'uso del CRISPR desta anche preoccupazioni etiche e sociali: ci si chiede se e come il *gene editing* debba essere utilizzato per rendere ereditabili cambiamenti del genoma umano, portare a bambini progettati, generare modifiche genetiche potenzialmente pericolose o alterare interi ecosistemi. L'uso del CRISPR-Cas9 solleva questioni etiche e sociali non solo per quanto riguarda gli esseri umani ma anche in relazione agli altri organismi e all'ambiente, il che ha indotto gli scienziati a consigliare una moratoria sulle modifiche ereditabili al genoma umano. Per esempio, l'applicazione del CRISPR come tecnica di controllo dei parassiti può produrre effetti indesiderati e mutazioni che possono provocare la diffusione del *gene drive*, la scomparsa di intere popolazioni animali, diffusioni accidentali e/o alterazioni irreversibili di interi ecosistemi. Le attività di ricerca volte a modificare il patrimonio genetico degli esseri umani che potrebbero rendere ereditabili tali modifiche, infatti, non sono finanziate nel contesto di Orizzonte 2020, il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione.

Anche il rispetto del principio di non malvagità nella valutazione del rischio e la distinzione degli obiettivi clinici e terapeutici del *gene editing* dagli impieghi a fini di miglioramento sono fonti di crescente preoccupazione. Un altro problema non da poco è far arrivare il CRISPR-Cas9 in modo efficiente e sicuro a tipi di cellule o tessuti che sono difficili da transfettare e/o infettare. Destano infine preoccupazione anche la prospettiva di danni irreversibili alla salute delle generazioni future e la possibile comparsa di nuove forme di disuguaglianza sociale, discriminazione e conflitto, nonché di una nuova era di eugenetica.

Legiferazione lungimirante

La rapidità degli sviluppi scientifici nel campo del *gene editing* rende la supervisione giuridica particolarmente impegnativa. Inoltre, è dibattuto se il CRISPR-Cas9 debba essere regolamentato come tecnica di *gene editing* o se i suoi prodotti debbano piuttosto essere controllati ad hoc con un approccio basato sui risultati. Il dibattito internazionale sullo status normativo delle tecniche di alterazione genetica si incentra sulle attuali definizioni di ingegneria genetica o di organismi geneticamente ingegnerizzati e sulla loro applicazione a questi strumenti di modifica genetica di recente scoperta.

La Commissione europea sta lavorando a un'interpretazione giuridica dello status normativo dei prodotti ottenuti con le nuove tecniche di miglioramento genetico vegetale al fine di ridurre al minimo le incertezze giuridiche in tale ambito. Questa interpretazione potrebbe spianare la strada all'eventuale inclusione delle tecnologie di *gene editing* nell'ambito di applicazione del quadro legislativo dell'UE sul rilascio contenuto e deliberato di organismi geneticamente ingegnerizzati.

Anche sottoporre a brevetto il CRISPR-Cas9 per uso terapeutico negli esseri umani è giuridicamente discutibile. Nel febbraio del 2017 l'Ufficio statunitense di brevetti e marchi (USPTO) ha reso nota una decisione su chi dovrebbe detenere il brevetto per l'uso del CRISPR-Cas9 ai fini della modifica genetica, definendo i termini e le condizioni per la generazione di profitto da questa tecnologia negli anni a venire.

Il rischio di mutazioni genetiche ereditarie imprevedibili pone interrogativi in merito alla sicurezza della tecnica e all'attribuzione delle responsabilità in caso di danni. In una recente relazione, le Accademie nazionali statunitensi delle scienze, dell'ingegneria e della medicina hanno invocato cautela nel rilascio di *gene drive* nell'ambiente aperto, suggerendo una fase di sperimentazione a fasi con speciali precauzioni, alla luce delle grandi incertezze scientifiche e dei potenziali rischi ecologici. Sono necessarie misure di sicurezza per evitare la diffusione di organismi che possono causare danni ecologici o incidere sulla salute umana.

Molti scienziati, infatti, ritengono che la strada sia ancora lunga prima che il CRISPR possa essere impiegato in modo sicuro ed efficiente. In particolare, il CRISPR potrebbe determinare ulteriori difficoltà in termini di valutazione del rischio, poiché gli organismi ottenuti con questi metodi possono contenere modifiche più pervasive per i genomi degli organismi viventi rispetto alle tecniche tradizionali di modificazione genetica.

Nel 2015 la direzione generale del Parlamento europeo per i Servizi di ricerca parlamentare (DG EPRS) ha aperto nuove prospettive con la pubblicazione dal titolo "Ten technologies which could change our lives – potential impacts and policy implications" (Dieci tecnologie che potrebbero cambiarci la vita - potenziali impatti e implicazioni politiche), in cui ogni capitolo mette in luce una particolare tecnologia, le sue promesse e le potenziali conseguenze negative, nonché il ruolo che il Parlamento europeo potrebbe e dovrebbe svolgere nel plasmare questi sviluppi. Il presente studio rappresenta una prosecuzione del suddetto lavoro, presentando altre dieci tecnologie che richiederanno una sempre maggiore attenzione da parte dei decisori politici. Gli argomenti di questo studio sono stati scelti in modo da rispecchiare l'ampia gamma di argomenti su cui l'Unità di valutazione delle opzioni scientifiche e tecnologiche (STOA) del Parlamento ha deciso di concentrarsi nell'ottava legislatura (2014-2019). Lo scopo della pubblicazione non è solo quello di attirare l'attenzione su queste dieci tecnologie specifiche, ma anche di promuovere la riflessione su altri sviluppi tecnologici che possono essere ancora in una fase iniziale, ma che potrebbero, analogamente, avere un considerevole impatto sulle nostre vite nel breve e nel lungo termine.

La presente è una pubblicazione della
Direzione Valutazione d'impatto e valore aggiunto europeo
Direzione generale dei Servizi di ricerca parlamentare, Parlamento europeo



PE 598.626
ISBN 978-92-846-1701-2
doi: 10.2861/847660
QA-02-17-154-IT-N

Il presente documento costituisce materiale informativo destinato ai deputati e al personale del Parlamento europeo ed è stato preparato per assisterli nelle loro attività parlamentari. Il contenuto del documento è di esclusiva responsabilità dell'autore/degli autori e le opinioni ivi espresse non devono essere considerate come espressione della posizione ufficiale del Parlamento europeo.